



行政院環境保護署

水質感測物聯網精進、情境運用及 數據展示應用 期末報告（定稿本）

計畫執行期間：108 年 4 月 2 日至 108 年 12 月 31 日止

計畫經費：新台幣參千參百柒拾萬元整

受託單位：財團法人工業技術研究院

計畫主持人：張王冠 副組長
協同計畫主持人：張冠甫 資深研究員
重要參與人員：朱振華 研究員
王榮豪 研究員
楊博傑 工程師

行政院環境保護署編印

中華民國 108 年 12 月

水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用

期末報告基本資料表

| | | | |
|--|--|------|------------------|
| 委辦單位 | 行政院環境保護署 | | |
| 執行單位 | 財團法人工業技術研究院 | | |
| 參與計畫人員姓名 | | | |
| 年 度 | 108 年 | 計畫編號 | |
| 研究性質 | <input type="checkbox"/> 基礎研究 <input checked="" type="checkbox"/> 應用研究 <input type="checkbox"/> 技術發展 | | |
| 研究領域 | | | |
| 計畫屬性 | <input type="checkbox"/> 科技類 <input checked="" type="checkbox"/> 非科技類 | | |
| 全程期間 | 108 年 04 月~108 年 12 月 | | |
| 本期期間 | 108 年 04 月~108 年 12 月 | | |
| 本期經費 | 33,700 千元 | | |
| | 資本支出 | | 經常支出 |
| | 土地建築___千元 | | 人事費 8,544.9 千元 |
| | 儀器設備___千元 | | 業務費 8,607.589 千元 |
| | 其 他___千元 | | 材料費 9830 千元 |
| 其 他 6717.511 千元 | | | |
| 摘要關鍵詞（中英文各三則） | | | |
| <u>水質感測, water quality sensing</u> <u>物聯網水質感測器, IoT technology on water quality sensing</u> <u>實場布建, field demonstration</u> | | | |

| 計畫重要參與人員 | | | | |
|----------|------|----|---------|--|
| 姓名 | 學經歷 | 年資 | 本計畫分工 | 專長領域 |
| 張王冠 | 化工博士 | 26 | 計畫主持人 | <ul style="list-style-type: none"> • 廢水處理系統設計 • 水回收與再生技術 • 水質感測材料與設備開發 |
| 張冠甫 | 環工博士 | 14 | 計畫協同主持人 | <ul style="list-style-type: none"> • 水質感測材料與設備開發 • 廢水處理系統設計 • 水回收與再生技術 |
| 朱振華 | 環工博士 | 12 | 計畫成員 | <ul style="list-style-type: none"> • 水質感測材料與設備開發 • 廢水自動感測系統開發 • 廢水生物/物化處理 |
| 王榮豪 | 工程博士 | 10 | 計畫成員 | <ul style="list-style-type: none"> • 微流體晶片設計與製作 • 微機電系統設計與製作 • 系統整合 |
| 楊博傑 | 環工碩士 | 5 | 計畫成員 | <ul style="list-style-type: none"> • 環境系統分析 • 環境資源資料分析應用 • 健康風險評估 |

計畫成果中英文摘要（簡要版）

- 一、中文計畫名稱：水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用
- 二、英文計畫名稱：Water quality sensing IoT, contextual use and data display applications
- 三、計畫編號：
- 四、執行單位：財團法人工業技術研究院
- 五、計畫主持人（包括共同主持人）：張王冠 協同主持人：張冠甫
- 六、執行開始時間：108年4月2日-108年12月31日
- 七、執行結束時間：108/12/31
- 八、報告完成日期：108/12/23
- 九、報告總頁數：373
- 十、使用語文：中文，英文
- 十一、報告電子檔名稱：FY108 水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用期末報告(定稿)v1.0.docx
- 十二、報告電子檔格式：Microsoft Office WORD 2013
- 十三、中文摘要關鍵詞：環境水質、污染感測、鑑識調查、物聯網、感測器連接網
- 十四、英文摘要關鍵詞：Environmental water quality、Pollution monitoring、Environmental forensic investigation；IoT、sensor network
- 十五、中文摘要（約三百至五百字）

台灣經濟規模快速發展，然而工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別是台灣都市土地腹地面積小，容易造成工業區污染很快就外溢到臨近住宅區。目前常用之水質監測設備雖然可靠度佳，但一些常用之監測器如：pH 計、導電度計等需要人力定期校正與清洗，增加人力維護需求；而重

金屬或化學需氧量等水污法重要收費水質項目則有相對設置經費較高、設備體積較大等缺點；因此，目前常用之監測儀器並不適用於大量設置或廣佈等應用情境。

本計畫達成成果如下：1.利用光學與電化學技術開發酸鹼度、溫度、電導度、化學需氧量、懸浮固體物及重金屬之微型化水質監測元件並整合微流體系統、化學分析、光學偵測、訊號處理電路等技術，開發具有「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」特性之小型自動化水質監測系統裝置，可應用於水中 pH、電導度、濁度、餘氯以及重金屬之濃度檢測。2.107 年已完成桃園市部分南崁河流域、龜山工業區及坑子口圳共 100 套水質監測設備布建，並實際維運 60 日以上，水質監測數據之資料完整率達 96% 以上。108 年於桃園、新竹及雲林新布建 50 組水質監測設備，拓展應用場域。3.完成水質物聯網無線通訊模組與資料中心系統並上線運作中，並已建立布建維運管理系統及水質感測資料分析決策應用系統，將可即時反應污染潛勢地區之水體品質並達到污染溯源及水質異常預警等功能。

十六、英文摘要：

Due to rapid development of economy in Taiwan, industrialization and urbanization have brought great pressure on the environment. In particular, industrial pollution has immediate impact on residential areas because the small urban area increases the chances of pollution spreading. The conventional water sensing instruments, such as pH meter and conductivity measurement are reliable. However, frequent manual calibration and cleaning are usually required, thus the manpower demand for maintenance is heavy. Also, monitoring instruments for regulatory items related to enforcement, such as heavy metals and chemical oxygen demand have the disadvantages of large volume and high installation cost. Therefore, the conventional water sensing instruments are not suitable for application scenarios on mass installation and distribution.

The project plan to achieve the following results: 1. Miniaturized water quality sensing components for pH, temperature, conductivity, chemical oxygen demand (COD), suspended solids (SS) and heavy metals by utilizing optical and

electrochemical methods are developed. A small automated water quality monitoring system for the detection of pH, conductivity, SS, COD and heavy metal featuring compact, durable, easy maintenance and low cost is also developed by integrating microfluidic systems, chemical analysis, optical detection and signal processing circuits. 2. In year 107, 100 sets of the automated water quality monitoring system have been installed at several sites of Taoyuan City, including part of Nankan creek River Basin, Guishan Industrial park and Hangzikou irrigation ditch. The systems have been operated continuously over 60 days and achieved over 96 % of complete transmission of water quality monitoring data. In year 108, the project plan to extend its application field, to install 50 sets of the automated water quality monitoring system in Taoyuan, Hsinchu or Yunlin. 3. The water quality IoT wireless communication module and data center system has been established and operated online. Combining the established deployment and maintenance management system and water quality sensing data analysis and decision-making system, the platform can issue immediate alert after detection of potential pollution area, in order to provide traceability and early warning.

目錄

| | |
|----------------------------------|------------|
| 期末報告基本資料表 | I |
| 計畫成果中英文摘要（簡要版） | III |
| 目錄..... | VII |
| 圖目錄..... | IX |
| 表目錄..... | XVII |
| 報告大綱..... | XIX |
| 計畫成果報告摘要（詳細版） | XXI |
| 第一章、緒論 | 1 |
| 1.1 計畫緣起..... | 1 |
| 1.2 計畫背景..... | 3 |
| 1.3 差異化競爭策略分析(競爭技術比較)..... | 4 |
| 1.4 計畫目標與內容..... | 11 |
| 1.5 章節安排..... | 18 |
| 1.6 查核點與工作達成情形..... | 19 |
| 第二章、研發感測元件及水質感測器 | 27 |
| 2.1 研發與精進感測元件..... | 27 |
| 2.1.1 pH、溫度、導電度三合一感測模組改良..... | 27 |
| 2.1.2 餘氯感測元件開發..... | 36 |
| 2.1.3 濁度感測元件開發..... | 49 |
| 2.1.4 重金屬感測元件晶片化開發..... | 82 |
| 2.1.5 抽換式物聯網無線通訊模組開發..... | 94 |
| 2.2 設計與整合水質感測器及原型機..... | 102 |
| 2.2.1 固定接觸式新興研發模組原型機..... | 102 |
| 2.2.2 固定非接觸式新興研發模組原型機..... | 105 |
| 2.2.3 浮動接觸式新興研發模組原型機..... | 115 |
| 2.2.4 固定式三合一水質感測器..... | 126 |
| 2.2.5 移動式三合一水質感測器..... | 135 |
| 第三章、水質感測器布建與維運作業 | 141 |
| 3.1 維運 107 年度已布建水質感測器 | 141 |
| 3.1.1 實場水質感測器移機作業..... | 141 |
| 3.1.2 107 年度 100 台水質感測器維運作業..... | 144 |
| 3.2 布建與維運 108 年度新增水質感測器 | 150 |

| | |
|---|------------|
| 3.2.1 實場水質感測器選址作業..... | 150 |
| 3.2.2 固定式三合一水質感測器 50 台維運作業..... | 155 |
| 3.2.3 移動式三合一水質感測器 50 台移交至縣市環保局或巡守隊..... | 160 |
| 3.3 實場水質感測器品保及品管作業..... | 162 |
| 第四章、水科技物聯網應用平台 | 183 |
| 4.1 建立水質物聯網維運管理系統..... | 184 |
| 4.1.1 水質污染異常事件案例..... | 190 |
| 4.1.2 環境執法應用標準程序..... | 192 |
| 4.2 滾動式修正平台分析模組及污染案例加值分析..... | 196 |
| 4.3 水質物聯網推廣應用規劃..... | 205 |
| 4.4 掌握國內外水質物聯網資訊及協助布建發展與執法應用工作..... | 214 |
| 第五章、結論與建議 | 235 |
| 5.1 結論..... | 235 |
| 5.2 建議..... | 237 |
| 第六章、參考文獻 | 239 |
| 第七章、附件 | 241 |
| 附件一、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」評選委員意見回覆..... | 243 |
| 附件二、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」第一次工作進度報告委員意見回覆..... | 249 |
| 附件三、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」期中報告委員意見回覆..... | 253 |
| 附件四、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」期末報告委員意見回覆..... | 261 |
| 附件五、31 件異常事件案例清單..... | 267 |
| 附件六、智慧稽查布建維運體系標準作業程序準則..... | 291 |
| 附件七、國際水質感測元件及設備應用分析研究報告..... | 303 |
| 附件八、新竹市水質監測訓練課程規劃書..... | 313 |
| 附件九、108 年度科技計畫成果效益報告..... | 321 |

圖目錄

| | | |
|--------|---|----|
| 圖 1.1 | 總計畫架構..... | 18 |
| 圖 2.1 | 酸鹼值、溫度與電導度三合一感測模組特性要因圖..... | 28 |
| 圖 2.2 | 多功能微型化感測模組..... | 29 |
| 圖 2.3 | 酸鹼值、溫度，以及電導度三合一感測模組改進項目分析..... | 30 |
| 圖 2.4 | 電路設計與實體圖：(a)電路設計圖。(b)實體圖。..... | 31 |
| 圖 2.5 | 量測使用參考電極顛壓飄移測試實驗..... | 32 |
| 圖 2.6 | 金屬氧化薄膜面積與厚度對酸鹼值讀值影響測試..... | 32 |
| 圖 2.7 | 三合一感測器，其(a)酸鹼值、(b)溫度，以及(c)電導度之檢量線..... | 33 |
| 圖 2.8 | 感測器因微細顆粒殘留堆積造成電路通道..... | 34 |
| 圖 2.9 | 水位計兩電極間進行鏤空設計..... | 34 |
| 圖 2.10 | PET 感測晶片(a) 驗收標準的建立，以及 (b) 對 PET 感測晶片進行品質檢驗，確認 PET 感測晶片的製作良率。..... | 35 |
| 圖 2.11 | PET 感測電路(a) 建立 PET 感測電路驗收標準； (b) 進行 PET 感測電路檢驗，確認 PET 感測電路的製程良率。..... | 35 |
| 圖 2.12 | 金屬氧化薄膜經由不同摻雜來提高酸鹼值量測線性度與準確度..... | 36 |
| 圖 2.13 | 方波法之電位相對時間圖 ^(Valentin Mirceski, 2018) | 37 |
| 圖 2.14 | 氯於 pH 5.0 溶液中所測得各物種濃度..... | 38 |
| 圖 2.15 | 同濃度之次氯酸於 pH 5.5 溶液中氧化產生之電流訊號(微分脈衝伏安法)..... | 38 |
| 圖 2.16 | pH 及溶氧對金與白金電極之訊號影響..... | 40 |
| 圖 2.17 | 方波頻率對於餘氯感測訊號之影響..... | 41 |
| 圖 2.18 | KCl 濃度對於餘氯感測訊號之影響..... | 41 |
| 圖 2.19 | 餘氯感測標準品檢量線-金電極..... | 42 |
| 圖 2.20 | 白金電極餘氯感測電化學圖譜..... | 43 |
| 圖 2.21 | 餘氯感測標準品檢量線-白金電極..... | 43 |
| 圖 2.22 | 白金電極與金電極之空白水樣感測圖譜..... | 44 |
| 圖 2.23 | 餘氯感測模組形式..... | 45 |
| 圖 2.24 | 水樣及緩衝溶液之微流道混合槽..... | 45 |
| 圖 2.25 | 電化學分析技術平台之電路板..... | 46 |

| | | |
|--------|---|----|
| 圖 2.26 | 工作板及電路板功能說明..... | 46 |
| 圖 2.27 | 工作板及電路板功能說明..... | 47 |
| 圖 2.28 | 餘氯電化學分析技術平台檢量線..... | 47 |
| 圖 2.29 | 餘氯電化學分析技術平台實際水樣測試水源..... | 49 |
| 圖 2.30 | 餘氯電化學分析技術平台實際水樣測試結果..... | 49 |
| 圖 2.31 | 多成分定性定量演算法分析程序流程圖..... | 51 |
| 圖 2.32 | 多成分定性分析演算法流程圖..... | 53 |
| 圖 2.33 | 多成分定量演算法程序流程圖..... | 54 |
| 圖 2.34 | 濁度推估模式建立步驟流程圖..... | 56 |
| 圖 2.35 | 濁度計原理示意圖..... | 56 |
| 圖 2.36 | 微型濁度感測元件初步設計圖..... | 57 |
| 圖 2.37 | 微型濁度感測模組平台設計示意圖..... | 58 |
| 圖 2.38 | 連續光譜儀量測不同濁度標準品之吸收度..... | 59 |
| 圖 2.39 | 光譜儀配合 1 cm 光徑模具量測不同濁度標準品之吸收度..... | 61 |
| 圖 2.40 | 光譜儀配合 1 cm 光徑模具量測濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm ... | 62 |
| 圖 2.41 | 光譜儀配合 3 cm 光徑模具量測不同濁度標準品之吸收度..... | 62 |
| 圖 2.42 | 光譜儀配合 3 cm 光徑模具量測濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm ... | 63 |
| 圖 2.43 | 光譜儀配合 3 cm 光徑模具量測低濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm | 63 |
| 圖 2.44 | 光譜儀配合 5 cm 光徑模具量測不同濁度標準品之吸收度..... | 64 |
| 圖 2.45 | 光譜儀配合 5 cm 光徑模具量測濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm ... | 65 |
| 圖 2.46 | 光譜儀配合 5 cm 光徑模具量測低濃度濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm | 65 |
| 圖 2.47 | 光譜儀配合不同光徑模具量測實際水體之濁度檢量線 (a) 一次線性; (b)二次曲線 | 68 |
| 圖 2.48 | 濁度 Sensor 開發之後續進程..... | 69 |
| 圖 2.49 | 濁度感測模組雛形設計圖..... | 70 |
| 圖 2.50 | 濁度感測模組雛形實驗模具圖..... | 71 |
| 圖 2.51 | 濁度感測模組散射訊號測試結果 (a) 550 nm LED; (b) 850 nm LED... .. | 71 |
| 圖 2.52 | 濁度感測模組吸收度測試結果 (a) 550 nm LED; (b) 850 nm LED..... | 72 |
| 圖 2.53 | 微型濁度感測模組..... | 73 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 圖 2. 54 | 以 VIS 光源與靜態模式建立之濁度標準品檢量線 (a)Ts1; (b)Tt2..... | 75 |
| 圖 2. 55 | 以 VIS 光源與動態模式建立之濁度標準品檢量線 (a)Ts1; (b)Tt2..... | 76 |
| 圖 2. 56 | 以 IR 光源與靜態模式建立之濁度標準品檢量線 (a)Ts1; (b)Tt2..... | 77 |
| 圖 2. 57 | 以 IR 光源與動態模式建立之濁度標準品檢量線 (a)Ts1; (b)Tt2..... | 78 |
| 圖 2. 58 | 以不同光源驗證連續自來水之濁度監測結果 (a)VIS-靜態量測; (b) IR-靜態量測; (c) VIS-動態量測; (d) IR-動態量測..... | 80 |
| 圖 2. 59 | 以不同光源驗證連續溪水之濁度監測結果 (a)VIS-靜態量測; (b) IR-靜態量測; (c) VIS-動態量測; (d) IR-動態量測..... | 81 |
| 圖 2. 60 | 網版印刷電極製備流程說明示意圖..... | 83 |
| 圖 2. 61 | 網版印刷電極三電極系統示意圖..... | 84 |
| 圖 2. 62 | 流動分析方法示意圖, (a) Wall-Jet、(b) Flow-through..... | 85 |
| 圖 2. 63 | 恆電位儀的基本電路設計圖..... | 86 |
| 圖 2. 64 | DropSens 金電極 SEM 圖..... | 87 |
| 圖 2. 65 | 油墨網印電極檢測銅..... | 88 |
| 圖 2. 66 | 瑞霸生技金電極 SEM 圖..... | 88 |
| 圖 2. 67 | 半導體蝕刻製程電極檢測銅..... | 89 |
| 圖 2. 68 | 高濃度 Cu ²⁺ 連續檢測, (a)批次式、(b)流動式..... | 89 |
| 圖 2. 69 | Flow-through 反應槽..... | 90 |
| 圖 2. 70 | 微流道反應槽..... | 90 |
| 圖 2. 71 | 微流道反應槽混合時間..... | 91 |
| 圖 2. 72 | 電化學電路板硬體..... | 91 |
| 圖 2. 73 | NB-IOT Cloud Diagram..... | 92 |
| 圖 2. 74 | Cu ²⁺ 標準檢量線..... | 92 |
| 圖 2. 75 | Pb ²⁺ 標準檢量線..... | 93 |
| 圖 2. 76 | 穩定性測試..... | 93 |
| 圖 2. 77 | 抽換式 NBIoT 通訊模組電路架構..... | 96 |
| 圖 2. 78 | AVR ATxmega64A3U 晶片內部等校電路架構..... | 97 |
| 圖 2. 79 | 抽換式 NBIoT 通訊模組電路圖..... | 98 |
| 圖 2. 80 | 抽換式 NBIoT 通訊模組設計模擬圖..... | 99 |
| 圖 2. 81 | 抽換式 NBIoT 通訊模組實體圖..... | 99 |
| 圖 2. 82 | 通訊失敗重啟機制程序..... | 100 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 圖 2.83 | CMP 網路連線管理平台 | 101 |
| 圖 2.84 | 粗資料查詢工具..... | 101 |
| 圖 2.85 | 107 年與 108 年研發模組原型機之比較..... | 104 |
| 圖 2.86 | 107 年與 108 年研發模組實體原型機之比較..... | 104 |
| 圖 2.87 | 步進馬達控制原理..... | 106 |
| 圖 2.88 | 電動推桿作動原理..... | 107 |
| 圖 2.89 | 感測模組自動收放浸入水體進行量測之機構初步構想..... | 107 |
| 圖 2.90 | 感測模組自動收放浸入水體進行量測之機構初步實體架設..... | 108 |
| 圖 2.91 | 外接式馬達控制器示意圖..... | 108 |
| 圖 2.92 | 外接式馬達控制器電路圖..... | 109 |
| 圖 2.93 | 利用控制程式作動電動推桿機構進行取樣測試..... | 109 |
| 圖 2.94 | 伸縮桿(a) 採樣方式及 (b) 長度 | 110 |
| 圖 2.95 | 伸縮桿控制流程圖..... | 111 |
| 圖 2.96 | 以電動伸縮桿自動收放浸入水體之機構實體架設..... | 111 |
| 圖 2.97 | 3 台固定非接觸式原型機架設於竹東圳進行實場水質長時間監測... | 112 |
| 圖 2.98 | 3 台固定非接觸式原型機架設於工研院中興院區管路渠道進行實場水質長時間監測..... | 113 |
| 圖 2.99 | 3 台固定非接觸式原型機架設於湖口工業區進行實場水質長時間監測 | 114 |
| 圖 2.100 | 簡易版雛形測試機內部組件設計..... | 117 |
| 圖 2.101 | 外殼設計..... | 117 |
| 圖 2.102 | 漂流式與錨錠式外觀與應用情境..... | 118 |
| 圖 2.103 | pH 感測器穩定及準確性實驗..... | 119 |
| 圖 2.104 | 溶氧感測器穩定及準確性實驗..... | 119 |
| 圖 2.105 | 導電度感測器穩定及準確性實驗..... | 120 |
| 圖 2.106 | 大稻埕死魚場域測試..... | 121 |
| 圖 2.107 | 工研院生態池場域測試圖..... | 122 |
| 圖 2.108 | 工研院生態池場域測試結果(2/2)..... | 123 |
| 圖 2.109 | 芎林鹿寮坑溪測試圖..... | 123 |
| 圖 2.110 | 芎林鹿寮坑溪測試圖(2/2)..... | 124 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 圖 2. 111 | 新竹香山河川場域測試..... | 125 |
| 圖 2. 112 | 感測器清洗方式包括：(a)噴嘴沖洗、(b)震動沖洗，及(c)氣泡沖洗。 | 127 |
| 圖 2. 113 | 感測器校正程序..... | 127 |
| 圖 2. 114 | 固定式感測器清洗程序測試架設..... | 128 |
| 圖 2. 115 | 各種小型幫浦搭配不同沖洗噴頭可達成之清洗面積..... | 128 |
| 圖 2. 116 | 固定式三合一感測器整合清洗與校正流程：(a)作動示意圖，以及(b) 流程示意圖..... | 129 |
| 圖 2. 117 | 固定式三合一感測器實體架設圖..... | 130 |
| 圖 2. 118 | 固定式三合一感測器(a) 小量製作組裝、(b) 測試驗證，以及(c) 實 場水樣長時間測試驗證。..... | 131 |
| 圖 2. 119 | 布建機台發生錯誤代碼 512 時，感測器經常所發生的問題實體照片 | 133 |
| 圖 2. 120 | 固定式三合一感測器使用者介面：(a) 各項基本參數設定，以及(b) 校正工作使用介面。..... | 134 |
| 圖 2. 121 | 移動式三合一感測模組外觀設計與尺寸..... | 135 |
| 圖 2. 122 | 移動式三合一感測模組爆炸示圖..... | 136 |
| 圖 2. 123 | 移動式三合一感測模組電路設計圖..... | 136 |
| 圖 2. 124 | 移動式三合一感測模組 (a)電路與 (b) 感測器實體圖 | 137 |
| 圖 2. 125 | (a)電路跟 (b) 外殼大量製作的實體照片 | 137 |
| 圖 2. 126 | 移動式三合一感測模組啟動、校正與量測程序流程以及控制方式 | 138 |
| 圖 2. 127 | 移動式三合一感測模組 APP 架構 | 138 |
| 圖 2. 128 | 水質檢測 APP UI (a)畫面規劃與 (b) 實際使用情況 | 139 |
| 圖 2. 129 | 外裝缺點：(a) 感測器變形；(b) 電池鐵片無法固定；(c) 銘板按壓 | 139 |
| 圖 3. 1 | 107 年布建 100 組水質感測器..... | 141 |
| 圖 3. 2 | 107 年布建效果評估及移機規劃..... | 142 |
| 圖 3. 3 | 107 年布建污染潛勢熱區追蹤..... | 142 |
| 圖 3. 4 | 巡檢管理與維護流程..... | 146 |
| 圖 3. 5 | 水質感測器內部系統示意圖..... | 147 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 圖 3.6 | 水質感測器異常排除流程圖..... | 149 |
| 圖 3.7 | 108 年水質感測器布建期程及場域..... | 150 |
| 圖 3.8 | 桃園市老街溪布建場域..... | 151 |
| 圖 3.9 | 桃園市南崁溪潛勢污染源放流口..... | 151 |
| 圖 3.10 | 新竹市科學園區污水處理廠放流口..... | 152 |
| 圖 3.11 | 新竹市香山工業區布建場域..... | 152 |
| 圖 3.12 | 新竹縣湖口工業區布建場域..... | 153 |
| 圖 3.13 | 雲林縣布建場域..... | 153 |
| 圖 3.14 | 竹科園區 D01C 與 CWMS 比對結果 (a)pH; (b)EC; (c)Temp..... | 156 |
| 圖 3.15 | OO 紙廠 I9 與 CWMS 比對結果 (a)pH; (b)EC; (c)Temp..... | 159 |
| 圖 3.16 | 移動式三合一水質感測器(a) 外觀設計，以及(b) 實體..... | 160 |
| 圖 3.17 | 50 套移動式三合一水質感測器實體照片..... | 161 |
| 圖 4.1 | 水科技物聯網環境管理架構..... | 183 |
| 圖 4.2 | 感測器記錄履歷管理表單..... | 184 |
| 圖 4.3 | 感測器巡檢及維護管理模組-1..... | 185 |
| 圖 4.4 | 感測器巡檢及維護管理模組-2..... | 185 |
| 圖 4.5 | 感測器數據品質查核管理模組..... | 186 |
| 圖 4.6 | 感測器狀態異常及檢修管理模組..... | 187 |
| 圖 4.7 | 系統運作儀表及資訊顯示管理模組..... | 187 |
| 圖 4.8 | 水質專案管理追蹤系統..... | 188 |
| 圖 4.9 | 水質污染資料分析流程..... | 189 |
| 圖 4.10 | 環境執法應用標準程序圖..... | 194 |
| 圖 4.11 | 環境執法應用案例..... | 195 |
| 圖 4.12 | 香山工業區某電鍍廠現場稽查圖片..... | 195 |
| 圖 4.13 | 水質數據異常追蹤自動化..... | 197 |
| 圖 4.14 | 疑似污染源頭分析模組..... | 199 |
| 圖 4.15 | 污染熱區分析模組..... | 200 |
| 圖 4.16 | 快速稽查模組..... | 200 |
| 圖 4.17 | 使用圖釘方式於圖台定位與關注測站相關的其他測站..... | 204 |
| 圖 4.18 | 使用 Mouse over 方式顯示該數值所預警的水質/設備條件內容..... | 204 |

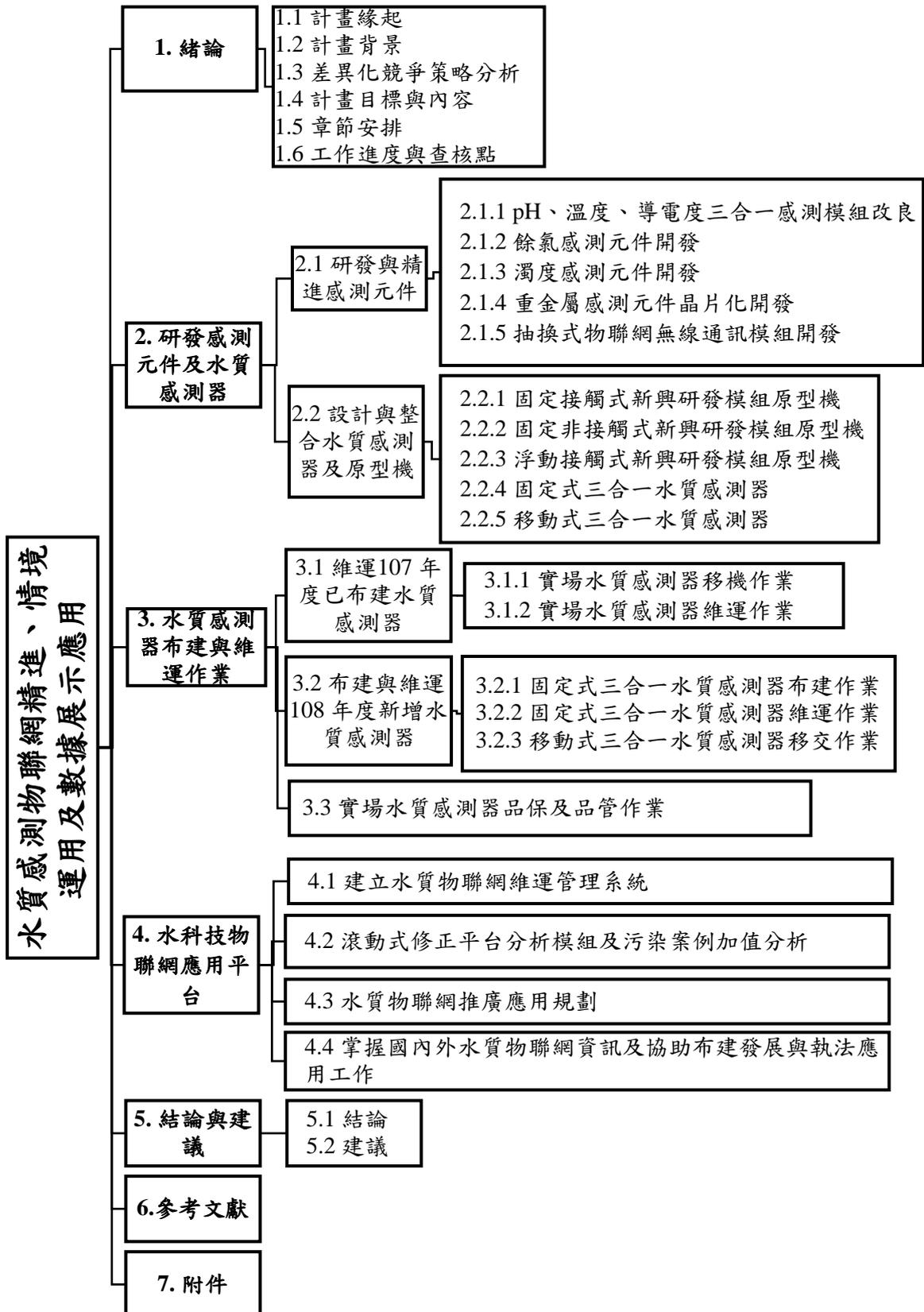
| | | |
|--------|---|-----|
| 圖 4.19 | Water Canary 裝置..... | 206 |
| 圖 4.20 | EPA's Volunteer Monitoring Program 2008 年和 2009 年的夏季期間調查 1,924 個河流和溪流..... | 207 |
| 圖 4.21 | Blue Thumb Monitoring Information | 208 |
| 圖 4.22 | Blue Thumb Education Tools..... | 208 |
| 圖 4.23 | Written Data Interpretations..... | 209 |
| 圖 4.24 | 行動志願者 (WAV) 地表水綜合監測系統) 數據庫..... | 210 |
| 圖 4.25 | World Water Monitoring Day 組織網站 | 211 |
| 圖 4.26 | 場域及裝機位置篩選準則..... | 216 |
| 圖 4.27 | 水質物聯網感測器運用情境..... | 228 |
| 圖 4.28 | PWQMN 監測位置 | 229 |
| 圖 4.29 | PWQMN Open Data 資料集..... | 230 |
| 圖 4.30 | GEMStat 資料共享平台 | 231 |
| 圖 4.31 | Autonomous Underwater Vehicles (AUV) | 231 |

表目錄

| | | |
|--------|---|-----|
| 表 1.1 | 餘氯分析方式之比較..... | 6 |
| 表 1.2 | 濁度分析方式之比較..... | 7 |
| 表 1.3 | 重金屬分析設備之監測方式與比較..... | 9 |
| 表 1.4 | COD&SS 分析設備之監測方式與比較..... | 10 |
| 表 1.5 | 廣佈型水質感測器之監測方式與比較..... | 11 |
| 表 1.6 | 工作進度(以甘特圖表示)..... | 19 |
| 表 1.7 | 各查核點達成情形..... | 20 |
| 表 2.1 | 檢測液進行感應耦合電漿檢測結果..... | 33 |
| 表 2.2 | 電化學餘氯感測電極材料..... | 39 |
| 表 2.3 | 餘氯感測模組形式比較表..... | 45 |
| 表 2.4 | 餘氯感測模組形式比較表..... | 48 |
| 表 2.5 | 各波段量測濁度標準品之 $R^2_{(MAX, MIN)}$ | 59 |
| 表 2.6 | 各光徑模具之設計圖與實體圖..... | 60 |
| 表 2.7 | 各光徑模具於波長 550 nm 與 850 nm 之檢量線 R^2 與最小偵測極限.... | 66 |
| 表 2.8 | 以 VIS 光源與靜態模式建立濁度標準品之結果..... | 75 |
| 表 2.9 | 以 VIS 光源與動態模式建立濁度標準品之結果..... | 76 |
| 表 2.10 | 以 IR 光源與靜態模式建立濁度標準品之結果..... | 77 |
| 表 2.11 | 以 IR 光源與動態模式建立濁度標準品之結果..... | 78 |
| 表 2.12 | 以不同光源驗證連續自來水之濁度監測結果-平均誤差統計..... | 80 |
| 表 2.13 | 以不同光源驗證連續自來水之濁度監測結果-平均誤差百分比統計.. | 80 |
| 表 2.14 | 以不同光源驗證連續溪水之濁度監測結果-平均誤差統計..... | 81 |
| 表 2.15 | 以不同光源驗證連續溪水之濁度監測結果-平均誤差百分比統計..... | 81 |
| 表 2.16 | 晶片型重金屬模組實地場域測試數據..... | 94 |
| 表 2.17 | 步進馬達齒輪組與伸縮桿組比較表..... | 110 |
| 表 2.18 | 市售即時水質感測元件..... | 115 |
| 表 2.19 | 工研院生態池場域測試結果(1/2)..... | 122 |
| 表 2.20 | 芎林鹿寮坑溪場域測試結果(1/2)..... | 124 |
| 表 2.21 | 清洗與校正之用量..... | 129 |
| 表 2.22 | 固定式三合一感測器取樣、量測、清洗，以及校正流程控制..... | 130 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 表 2.23 | 實地測試所發生問題..... | 132 |
| 表 3.1 | 建議移機清單..... | 143 |
| 表 3.2 | 108 年水質感測器布建清單 (9 月) | 154 |
| 表 3.7 | 第一季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表..... | 168 |
| 表 3.8 | 第一季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)..... | 169 |
| 表 3.9 | 第一季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表..... | 170 |
| 表 3.10 | 第一季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)..... | 171 |
| 表 3.11 | 第二季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表..... | 172 |
| 表 3.12 | 第二季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)..... | 173 |
| 表 3.13 | 第二季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表..... | 174 |
| 表 3.14 | 第二季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)..... | 175 |
| 表 3.15 | 第三季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表..... | 176 |
| 表 3.16 | 第三季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)..... | 177 |
| 表 3.17 | 第三季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)..... | 178 |
| 表 3.18 | 第三季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表..... | 179 |
| 表 3.19 | 第三季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)..... | 180 |
| 表 3.20 | 第三季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)..... | 181 |
| 表 4.1 | 7 件高關注案例清單..... | 190 |
| 表 4.2 | 24 件低關注案例清單..... | 191 |
| 表 4.3 | 水質物聯網系統訪談機關需求回復單..... | 202 |
| 表 4.4 | 水質監測日活動規劃..... | 213 |
| 表 4.5 | 市售感測元件及其可測量之水質參數(Li and Liu, 2018)..... | 225 |
| 表 4.6 | 應用於環境水質監測之感測設備..... | 227 |

報告大綱



計畫成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用

計畫編號：

計畫執行單位：工業技術研究院

計畫主持人：張王冠、協同主持人：張冠甫

計畫期程：108 年 04 月 02 日起 108 年 12 月 31 日止

計畫經費：33,700 千元

摘要

台灣經濟規模快速發展，然而工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別是台灣都市土地腹地面積小，容易造成工業區污染很快就外溢到臨近住宅區。目前常用之水質監測設備雖然可靠度佳，但一些常用之監測器如：pH 計、導電度計等需要人力定期校正與清洗，增加人力維護需求；而在污水處理中之重金屬、懸浮固體物(suspended solids, SS)、化學需氧量(chemical oxygen demand, COD)及淨水處理中之餘氯與濁度等重要項目，則有相對設置經費較高、設備體積較大等缺點。因此，目前常用之監測儀器並不適用於未來大量設置或廣佈等應用情境。

本計畫共達成以下成果：1.利用光學與電化學技術開發酸鹼度、溫度、電導度、濁度、餘氯及重金屬之微型化水質監測元件並整合微流體系統、化學分析、光學偵測、訊號處理電路等技術，開發具有「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」特性之小型自動化水質監測系統裝置，可應用於淨水與污水之水質檢測。2. 持續維運 107 年已完成布建桃園市部分南崁溪流域、龜山工業區及坑子口圳共 100 套水質監測設備，水質監測數據之有效數據完整率及數據品質滿意度均達 85% 以上。完

成 108 年於桃園、新竹及雲林新布建 50 組水質監測設備，拓展應用場域，其 60 日之有效數據完整率及數據品質滿意度均達到 85% 以上。3.完成水質物聯網無線通訊模組與資料中心系統並上線運作中，並已建立布建維運管理系統及水質感測資料分析決策應用系統，將可即時反應污染潛勢地區之水體品質並達到污染溯源及水質異常預警等功能。

Due to rapid development of economy in Taiwan, industrialization and urbanization have brought great pressure on the environment. In particular, industrial pollution has immediate impact on residential areas because the small urban area increases the chances of pollution spreading. The conventional water sensing instruments, such as pH meter and conductivity measurement are reliable. However, frequent manual calibration and cleaning are usually required, thus the manpower demand for maintenance is heavy. Also, monitoring instruments for regulatory items related to enforcement, such as heavy metals, suspended solids(SS), chemical oxygen demand(COD), turbidity and free chlorine have the disadvantages of large volume and high installation cost. Therefore, the conventional water sensing instruments are not suitable for application scenarios on mass installation and distribution.

The project plan to achieve the following results: 1. Miniaturized water quality sensing components for pH, temperature, turbidity, free chlorine and heavy metals by utilizing optical and electrochemical methods are developed. A small automated water quality monitoring system featuring compact, durable, easy maintenance and low cost is also developed by integrating microfluidic systems, chemical analysis, optical detection and signal processing circuits. 2. In year 107, 100 sets of the automated water quality monitoring system have been installed

at several sites of Taoyuan City, including part of Nankan creek River Basin, Guishan Industrial park and Hangzikou irrigation ditch. The systems have been operated continuously this year and achieved over 85% of correct rate and complete transmission of water quality monitoring data. In year 108, the project plan to extend its application field, to install 50 sets of the automated water quality monitoring system in Hsinchu, Yunlin and other hot-spot area of Taoyuan. 3. The water quality IoT wireless communication module and data center system has been established and operated online. Combining the established deployment and maintenance management system and water quality sensing data analysis and decision-making system, the platform can issue immediate alert after detection of potential pollution area, in order to provide traceability and early warning.

前 言

台灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別是台灣都市土地腹地面積小，容易造成工業區污染很快就外溢到臨近住宅區。由於近年來線上水質分析及採樣技術日益精進，且大數據處理與無線傳輸技術的進步，使得建立一套水質自動監控並搭配物聯網互動式資訊系統應用於水體水質監測之設備為可行之發展方向。環保署為有效保障民眾生命財產安全並提高人民生活品質，同時基於對自然水體之保護與永續發展之需求，已著手規劃未來長期發展方向。本計畫利用工作團隊過去研發能量為基礎，應用目前較新穎之電化學與光學分析法搭配抽換式無線通訊模組，研發與精進 pH、溫度、電導度、重金屬、餘氯與濁度等即時線上水質監測元件，組裝適用不同應用場域之廣布型感測器，提供未來各單位環境水質監測系統之建置，達到即時監控水質狀況之目的。

而在水質感測物聯網與布建驗證部分，將配合署內推展全方位發展環境品質物聯網，從感測數據異常預警、自動通報、數據分析、源頭追蹤、熱區分析、可疑污染源資訊彙整，結合相關數據及資料庫，提供研析資

料輔助稽查執法應用。此外，將協助推動署內與地方政府合作辦理水質物聯網布建發展及執法應用工作，並協助計畫相關管考工作，以擴大計畫推動效益。

研究方法

依據計畫邀標書敘述，本「水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用」業務委託之專業服務案，共可區分為【維運 107 年度已布建 100 組水質感測器，提供感測數據，並精進改善即時線上感測元件及相關軟硬體，加值模式分析，精準篩選水質異常事件】、【研發感測元件水質偵測項目，包括餘氯、濁度或溶氧等具實用性感測項目至少 2 種以上及 2 種重金屬感測元件晶片化，以創新發展水質感測器應用，符合前瞻物聯網應用趨勢】與【協助推動本署與地方政府合作辦理水質物聯網布建發展及執法應用工作，並協助計畫相關管考工作】等三個計畫目標執行。以下將各計畫工作目標逐一條列說明如下：

一、維運 107 年度已布建 100 組水質感測器，提供感測數據，並精進改善即時線上感測元件及相關軟硬體，加值模式分析，精準篩選水質異常事件

(一) 持續維護 107 年度已布建 100 組水質感測器，維持其功能正常運作，提供即時有效數據，且計畫期間每季（各測點連續 3 個月數據計算）有效數據完整率及數據品質滿意度應達 85% 以上之目標。有關有效數據完整率及數據品質滿意度計算及定義方式如下：

1. 效數據完整率：各感測器至少在每 20 分鐘以內產出各污染物濃度或環境參數之有效平均感測數據，至遲應於感測後 10 分鐘內，以資料串流方式，將即時數據發布至本署指定之 IOT 平臺。

- (1) 每 3 個月有效資料完整率係以即時展示之有效測值筆數比率，計算方式如下(小數點以下無條件進位)：

$$\frac{20 \text{ 分鐘內即時展示之感測有效值筆數}}{\text{有效總筆數}(90 \text{ 天} \times 24 \text{ 小時} \times \text{每時 3 筆} \times \text{各測點項數}) - \text{不可抗力之無效或無數值筆數}} \times 100\%$$

- (2) 每 3 個月有效資料完整率未達 85% 時，以下列方式計算扣罰價金總金額之比率，並於計畫結案時結算總扣款金額：

| | | | | | | |
|---------------|------|--------|--------|--------|--------|------|
| 即時資料完整率 | >85% | 71-85% | 61-70% | 51-60% | 41-50% | <40% |
| 扣罰價金總金額 比率 | 0% | 1% | 2% | 4% | 8% | 16% |

- (3) 前述即時數據完整率之計算，執行單位可舉證排除因不可抗力因素所造成的筆數，並經本署審核認可後排除扣款計算。

2. 數據品質滿意度：各感測點數據品質查核由合格檢測機構於運轉維護期間內現場採樣檢測相同代表性水樣，三合一（pH、溫度、導電度）至少執行 2 次比對檢測分析、銅離子及 CODs 至少執行 1 次比對檢測分析。比對方式及檢測機構由得標廠商提出建議，經本署同意後辦理，所需費用由得標廠商支付。

- (1) 有效資料品質滿意度計算方式如下(小數點以下無條件進位)：

$$\frac{\text{查核結果符合數據品質目標總項次數}}{\text{查核總項次數}} \times 100\%$$

- (2) 數據品質目標：酸鹼值誤差應為 $\pm 1.0\text{pH}$ 以內；導電度誤差 $\pm 15\%$ 以內；溫度誤差應為 $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 以內，

COD 與 SS 誤差需小於 30%；2 項重金屬項目誤差則需小於 50%。

(3) 數據品質滿意度未達 85%時，以下列方式計算扣罰價金總金額之比率。

| | | | | | | |
|---------------|------|--------|--------|--------|--------|------|
| 數據品質滿意度 | >85% | 71-85% | 61-70% | 51-60% | 41-50% | <40% |
| 扣罰價金總金額 比率 | 0% | 1% | 2% | 4% | 8% | 16% |

(4) 前述即時數據完整率之計算，執行單位可舉證排除因不可抗力因素所造成的筆數，並經本署審核認可後排除扣款計算。

(二) 精進改良 107 年已開發感測元件及模組之功能規格，包含：

1. 提升 pH、溫度、導電度三合一感測模組現場測試感測範圍與靈敏度，可經由不同匹配電阻改善電導度量測範圍為可適用於常見環境水體水質及廢水偷排異常感測使用，例如至少範圍包括 250-10,000 μ S/cm 及誤差為 $\pm 20\%$ 。
2. 前述改良酸鹼感測模組，應包括調整參考電極，以穩定電極穩定度並提高量測靈敏度；改良電路板，降低環境及電壓等之干擾及減少耗能為目標；改善晶片製作技術，提升晶片良率及可靠度，建立出廠前從材料、元件、模組等階段的品保品管標準程序，以確保組裝後一致性功能及品質。

3. 前述改良應由廠商在計畫書內敘明，並於得標後一個月內提出具體解決現況問題及改良對策計畫經本署同意後，據以執行。

- (三) 提升數據資料傳輸紀錄速度及穩定性，設置一水質感測資料庫中心專用伺服器，並維運水科技物聯網應用平台，精進感測器紀錄履歷管理模組、感測器巡檢及維護管理模組、感測器數據品質查核管理模組、感測器狀態異常及檢修管理模組、系統運作儀表及資訊顯示管理模組等 6 大功能模組功能。
- (四) 前述系統模組功能應以使用者為中心及資訊系統敏捷性專案管理開發方式改善，使用者訪談包括地方環保局及本署等使用者至少 5 場次。前述應用平台應於 8 月 30 日前完成改良，提供使用者測試，並依本署及地方環保局使用意見持續改善。
- (五) 依據 100 組水質感測器感測數據與不同應用情境，滾動式修正跨測項及上下游歷史水質感測分析預警模組、水質感測數據異常自動分析推估環境外部污染異常或設備內部儀器異常、污染源頭區域時序變化分析、熱區分析、建立快速稽查機制，並介接分析所需相關異質性資料庫，綜合分析可疑污染源。
- (六) 綜合應用平台分析功能，利用感測數據分析篩選至少 30 件水質異常事件，從感測數據異常預警、自動通報、數據分析、源頭追蹤、熱區分析、可疑污染源資訊彙整，結合相關數據及資料庫，提供研析資料輔助稽查執法應用。前述水質異常事件應透過前 5 個事件案例發展成標準程序及作業模式，並依現場需要協助必要的執法技術及儀器支援。

- (七) 100 組維運所需資料傳輸通訊模組需依場域特性需要具備抽換彈性，可選 3G、4G、WiFi、LoRa 或 NB-IoT 等不同通訊協定。另為達成上述資料完整率及數據品質目標滿意度所需相關電力、更換材料、通訊費用、資料傳輸及人員校正比對等所有維持正常運作相關費用均含於本計畫總經費，不另支付。
 - (八) 100 組維運場域運作為水質感測物聯網的研發基本場域，惟因應發展創新環境應用需要、維持達成上述維運目標正常運作必要或為具體發現事業廢水偷排造成水質異常事件偵測應用需要，感測器安裝位置得依場域當地環保局或本署建議或要求遷移。前述遷移以不超過 30 點次為限。
 - (九) 依據實際維運 100 組水質物聯網經驗，以及蒐集國內外有關水質感測物聯網系統及智慧城市相關感測物聯網文獻，應滾動檢討修正相關標準作業程序，至少包括感測點選址作業準則、快速安裝運作標準程序、巡檢品管及簡易維護、感測器異常偵測及維修等 4 項標準作業程序，據以建立涵蓋整體性可正常布建及維運作業體系。
 - (十) 前述作業管理制度應提交簡潔、淺顯易懂且可操作之標準作業程序，經本署認可後據以執行。執行單位應將前述管理作業體系以行動化資訊裝置，提供作業人員使用及落實執行作業程序，同時應提供作業儀表及資訊作業、分析管理系統，運用大數據分析以增進感測器物聯網硬體設施維運管理效率。
- 二、研發感測元件水質偵測項目，包括餘氯、濁度或溶氧等具實用性感測項目至少 2 種以上及 2 種重金屬感測元件晶片化，以創新發展水質感測器應用，符合前瞻物聯網應用趨勢

- (一) 利用微機電技術、電化學、光學或量子點等檢測原理，開發國產化、低成本、且微型穩定之線上即時餘氯、濁度或溶氧等具實用性項目至少 2 種以上等感測模組；2 種重金屬感測元件晶片化之開發，並完成原型機組於實驗室及實際不同場域測試，向本署提出完整測試分析報告。
- (二) 前述感測項目即時餘氯感測器量測範圍至少可包括 0.5-3mg/L；即時濁度感測器量測範圍至少可包括自來水清水及正常原水範圍；即時溶氧感測器量測範圍至少可包括 0.5-10mg/L，且其可能誤差應與現行商用傳統戶外手持式檢測產品功能相當。
- (三) 前述新興感測項目及重金屬項目感測採用原理、設計評估及功能規格等相關研發內容，應由廠商在計畫書說明，並在計畫決標後 1 個月內，依據審查意見修正研發計畫後，提出具有運用及商業潛力的可行性評估，經本署同意後進行開發。
- (四) 前述研發成果須具備實際水體環境場域的可用性，且其感測限值、靈敏度等規格應能夠用於評估是否符合應用場域相關水體用途水質標準使用或能據以判斷是否具有異常水質感測警報使用。
- (五) 前述新興水質感測模組開發模組至遲應於 8 月 30 日前完成功能雛型設計及開發，並至遲於 10 月 30 日前完成實驗室及實地場域測試，並且得於開發階段即結合具有支援量產能力的協力單位，組裝成接近市售產品水準的測試裝置執行相關場域測試，以利累積技術及經驗，提供未來大量生產布建參考。
- (六) 前述新興研發的模組經測試可行，且依可能的應用場域及水質感測需要，應搭配 107 年本署已開發感測模組，

透過結合具有支援量產能力的協力單位開發，組裝成具備不同感測項目、不同感測接觸方式(水樣汲取或浸水)、不同電源供電方式或不同通訊方式的水質感測裝置，可應用於例如灌溉用水水質安全監測、上水水源水質、簡易自來水水處理、工業區下水道系統超排或偷排異常監控、廢污水處理或環境水體水質等場域之水質變化感測等多元週邊創新裝置產品，至少 3 種可應用在不同場域不同感測應用的原型機各 3 個，供本計畫依相關作業規定將研發成果技轉廠商業界生產使用。

(七) 前述創新組裝研發至少有一種採用浮水式載具並應符合下列項目

1. 以快速抽換防水模組為設計方向，並依動態及靜態水質應用情境設計不同版本，至少完成各 3 套設備，輔以實際場域驗證測試應用。
2. 浮動式水質感測設備至少具備溫度、酸鹼度及導電度三項檢測項目，另配合不同實際場域需求，應整合其他水質感測元件，包括餘氯、濁度或溶氧等至少 1 種檢測項目，以加值本署水質感測物聯網之深度與推動。
3. 前述之浮動式水質感測設備亦須具備 GIS 地理資訊系統、即時水質感測資料展示平台、歷時水質及分區段資料統計功能，相關系統、功能及平台以視覺化方式展示數據資訊，以利使用。

(八) 前述創新應用水質物聯網，運用感測元件為基礎結合民生需求及產業發展之推動需要，其水質感測器元件結合民生需求或產業發展，推廣運用於環境教育、產業商品研發，串聯環境水體資訊與民眾生活緊密結合。

三、協助推動本署與地方政府合作辦理水質物聯網布建發展及執法應用工作，並協助計畫相關管考工作

- (一) 蒐集彙整國際水質感測元件、物聯網應用資訊，研析我國於水質感測元件之發展趨勢、優劣比對，提出未來水質感測物聯網地方機關環保執法需要、其他水質感測情境及產業推動具體方向。
- (二) 針對環保機關執法需求，研析掌握環保機關執法水質感測器運用情境，研提最適化水質感測裝置組裝建議，並研擬環保機關執法應用布建應用之推動策略、措施步驟、期程及作業程序等相關布建應用執行計畫，並規劃完成相關智慧稽查布建維運體系包括選址、安裝、巡檢校正、維護更換、資料分析及執法行動應用等作業步驟之標準程序或作業原則。本工作應於6月30日前完成，並經本署認可後推動執行。
- (三) 執行單位依本項本署認可之執行計畫及相關作業原則，並於9月30日前與地方政府合作，完成100個至少包括pH、溫度、導電度三合一水質感測器裝置。並選擇合適場域應示範維運50個至少60日。另各感測點數據品質查核由合格檢測機構於運轉維護期間內現場採樣檢測相同代表性水樣，至少執行2次比對檢測分析。
- (四) 前述維運50個水質感測器，作為未來109年本署與地方政府合辦示範布建計畫；協助109年地方政府水質感測器布建合辦計畫之研提、評估、規劃、審查，提供專業分析及建議，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。另50個應規劃為移動式或手持式感測裝置，供規劃給稽查人員或河川巡守隊使用。

四、本案研發成果之專利申請、技術轉移、學術論文發表及配合 108 年度科技計畫之計畫調整、管考進度、重要成果效益報告及指定交辦事項

- (一) 本案研發成果須經本署同意對外發表至少 3 篇以上產官學研相關研討會或學術論文或海報。
- (二) 經本署同意依經濟部或科技部相關模式，適時進行相關專利申請，並全權辦理感測器整合系統後續技術橋接產業應用發展，協助感測器整合組裝系統後續技術轉移、製造生產及授權事宜。相關智慧財產權產出及獲益須依契約書第十四條繳交固定比例。
- (三) 配合 108 年度科技計畫辦理計畫調整、執行成果填報及提交年度重要成果效益報告。
- (四) 本計畫成果如需適時發表，須配合研擬及提供推廣文件、海報、新聞稿、活動策畫等。
- (五) 計畫應每月 5 日前繳交累計至上月 30 日前的計畫最新進度成果簡報，簡報至少應包括前次會議列管事項、計畫各工項累計最新重要成果摘要、執行現況問題及改善採行對策等內容。
- (六) 協助辦理規劃擴大或延續計畫效益及成果之相關建議或策進事宜。

結 果

本計畫達成成果如下：1.利用光學與電化學技術開發酸鹼度、溫度、電導度、濁度、自由餘氯及重金屬之微型化水質監測元件並整合微流體系統、化學分析、光學偵測、訊號處理電路等技術，開發具有「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」特性之小型自動化水質監測系統裝置，可應用於淨水與污水處理及環境監測。2. 持續維運 107 年已完成布建桃園市部分南崁溪流域、龜山工業區及坑子口圳共 100 套水質

監測設備，水質監測數據之有效數據完整率及數據品質滿意度均達85%以上。完成108年於桃園、新竹及雲林新布建50組水質監測設備，拓展應用場域，其60日之有效數據完整率及數據品質滿意度均達到85%以上。

3.完成水質物聯網無線通訊模組與資料中心系統並上線運作中，並已建立布建維運管理系統及水質感測資料分析決策應用系統，將可即時反應污染潛勢地區之水體品質並達到污染溯源及水質異常預警等功能。

結 論

一、感測元件研發

- (一) 完成酸鹼值、電導度與溫度三合一感測器的精進，其量測範圍與精度/誤差分別為 pH 3 - pH 12 ± pH 0.5 ($R^2=0.978$)、90 - 10500 μ S/cm±13.5% ($R^2=0.990$)，以及 10 - 85°C ± 0.5°C ($R^2=0.990$)，並透過清洗與自動校正步驟降低溶出物與電位飄移影響。亦透過授權進行技術移轉與小量生產。
 - (二) 同時採用方波伏安法，完成餘氯，以及晶片式重金屬離子濃度(銅、鉛)感測器之研發，其量測範圍與誤差分別為 0.2 - 3.0 mg/L ± 8% ($R^2=0.953$)、0.5 - 5.0 mg/L ± 11% ($R^2=0.992$, 銅離子濃度)，以及 0.5 - 3.0mg/L ($R^2=0.979$, 鉛離子濃度)，並進行模組化設計與原型機製作，而原型機分別於自來水廠與實地進行測試驗證。
 - (三) 利用光學原理，設計「微型濁度感測模組」，驗證結果顯示：(1)感測模組在動態與靜態之推估結果具有一致性；(2)低濃度(0 - 40 NTU)建議以 VIS LED/散射推估模式/動態檢測方式量測，誤差約為 20%；(3)相對高濃度(40 - 400 NTU)建議以 IR LED/吸收度量測模式/動態檢測方式量測，誤差<3%；目前最佳之設計方式建議以 VIS LED 為燈源，同時搭配散射跟穿透量測。
- 以上所研發之感測器可透過公規連接器與固定式/移動式

感測裝置，以及一般監測站進行對接使用，大幅提升研發之感測器使用範圍。

二、水質感測器

- (一) 針對不同新興感測模組的研發，以及不同場域的應用，分別完成 3 台固定接觸式新興研發原型機與 3 台固定非接觸式原型機，並透過實驗試測試驗證其功能，後續將進行實地測試驗證。
- (二) 優化固定式三合一感測器機構與裝置，完成使用者介面、實驗室測試以及 50 台感測器組裝，並分別於桃園市、新竹縣市與雲林縣進行實場布建與維運，配合 107 年布建機台共發現 31 件疑似水質污染事件，正配合縣市環保局與稽查大隊進行稽查。
- (三) 完成浮動載具錨錠式與漂流式共 6 台設備製作與實場測試工作。
- (四) 完成移動式三合一感測器的設計，以及 50 套感測器製作，並配合河川教育訓練，提供河川巡守隊員進行使用與意見回饋，做為未來感測器精進之依據。

三、水質感測器布建與維運

- (一) 依水質異常熱區篩選，統整本計畫效益較低之布建點位，於 10 月啟動移機作業，共將 14 台設備移至高污染潛勢區，鎖定特定污染源。
- (二) 完成共 50 台水質感測器選址及布建，包含新竹市、新竹縣、桃園市及雲林縣，主要監測工業區、農田用水、自來水取水口等應用場域，含去年成果，共計完成我國 150 台水質感測器布建應用。

- (三) 本計畫自分別於 5 月、8 月及 10 月(每季一次)進行 2 次現場比對數據查核，數據品質滿意度分別為 88.5、91.3 及 90.3%，每季之有效數據完整率均達到>95%之目標。

四、水科技物聯網應用平台

- (一) 連結終端使用者實際需求，以縣市環保局、督察大隊稽查應用為主，完成水科技物聯網應用平台 5 場次訪談與改良工作。
- (二) 以設備維運管理、水質資料分析自動化處理目標，達到預警、通知、管理功能，輔助以最低維運人力，創造高數據品質，及高效率分析應用。共完成感測器紀錄履歷管理模組、感測器巡檢及維護管理模組、感測器數據品質查核管理模組、感測器狀態異常及檢修管理模組、系統運作儀表及資訊顯示管理模組等 6 大功能模組功能。
- (三) 完成水質物聯網結合產業與民眾需求之推廣應用規劃報告，未來可作為上中下水不同感測設備設計之應用推廣參考。
- (四) 已完成智慧稽查布建維運體系標準作業程序報告，將計畫布建維運三年經驗彙整，供未來縣市合作布建參考。

建議事項

一、感測元件研發

- (一) 建議嘗試採用摻雜不同成分之金屬氧化薄膜，以提高酸鹼值量測線性度、準確度、使用壽命，以及三合一感測器的使用價值。
- (二) 餘氯電化學分析部分，後續建議可優先針對濃度梯度因子進行改善，增加相關擾動裝置或藉由電化學逆掃程序，以提升水樣中餘氯接近電極表面的機率，並減緩表面

鈍化情形。

- (三) 重金屬晶片化電極壽命較一般電極短，建議未來可改用三極式電極模組，將可大幅增加電極壽命。

二、水質感測器

- (一) 因應不同場域將採用多種感測器，固定式原型機將進行修正感測器對接方式，確認感測器易於與固定式機台對接。
- (二) 移動式三合一感測器現階段為新開發原型機，透過使用者的使用意見回饋，將針對移動式三合一感測器進行修改與精進，以及加入更多水質量測項目。測試驗證其功能，後續將進行實地測試驗證。
- (三) 國產化水質感測元件可進一步模組化，精進為可整合至不同型態之監測設備，如浮動式載具、自動連續監測設備等。

三、水質感測器布建與維運

- (一) 未來可將效益較低之布建點位，執行移機作業，並提供給各縣市環保局。
- (二) 建議以本計畫開發之固定式、手持式及浮動式監測裝置，結合地方政府應用需求推廣，並嘗試應用於多樣化場域。

四、水科技物聯網應用平台

- (一) 水科技物聯網平台應依縣市環保局、督察大隊使用需求精進，建立帳號權限管理系統，並納入各樣態應用情境需求。

第一章、緒論

台灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別是台灣都市土地腹地面積小，容易造成工業區污染很快就外溢到臨近住宅區。由於近年來線上水質分析及採樣技術日益精進，且大數據處理與無線傳輸技術的進步，使得建立一套水質自動監控並搭配物聯網互動式資訊系統應用於水體水質監測之設備為可行之發展方向。環保署為有效保障民眾生命財產安全並提高人民生活品質，同時基於對自然水體之保護與永續發展之需求，已著手規劃未來長期發展方向。本計畫將利用工作團隊過去研發能量為基礎，應用目前較新穎之電化學與光學分析法搭配抽換式無線通訊模組，研發與精進包括：pH、溫度、電導度、重金屬、餘氯與濁度等即時線上水質監測元件，組裝適用不同應用場域之廣布型感測器，提供未來各單位環境水質監測系統之建置，達到即時監控水質狀況之目的。本年度將持續維護已布建完成之 100 組水質感測器，維持其功能正常運作外，依據本案要求，今（108）年需完成 100 個至少包括 pH、溫度、電導度三合一水質感測器裝置，並於 9 月 30 日前與地方政府合作，依據所制訂之選址作業準則，選擇合適場域示範維運 50 個(至少 60 日)；提供感測數據並供後續加值模式分析以及精準篩選水質異常事件之參考。

而在水質感測物聯網與布建驗證部分，將配合署內推展全方位發展環境品質物聯網，今（108）年將以去（107）年布建之 100 組水質感測器傳輸數據為基礎，應用環境管理架構及數據異常追蹤管理平台，分析篩選至少 30 件水質異常事件，從感測數據異常預警、自動通報、數據分析、源頭追蹤、熱區分析、可疑污染源資訊彙整，結合相關數據及資料庫，提供研析資料輔助稽查執法應用。此外，將協助推動署內與地方政府合作辦理水質物聯網布建發展及執法應用工作，並協助計畫相關管考工作，以擴大計畫推動效益。

1.1 計畫緣起

一、總統競選政見：推動五大創新計畫之一亞洲矽谷-讓臺灣成為物聯網智慧應用研發中心及試驗場域。其中「亞洲•矽谷推動方案」兩大主軸在於推動物聯網產業創新研發及健全創新創業生態系，輔以連結國際、未來及在地，並透過四大推動策略來推動，希望能讓臺灣連結矽谷等全球科技核心聚落，並成為亞太青年創新與創業發展基地，以搶進下一世代的未來產業。

二、行政院核定「前瞻基礎建設－數位建設」內之「建構民生公共物聯網計畫」(行政院 106 年 4 月 5 日院台經字第 1060009184 號函)中針對水資源方面的環境需求分析與未來環境預測中提及：(1) 河川環境日趨受重視：台灣河川經過多年系統性治理，各種治理措施已有效降低水患潛勢。然而我國逐漸邁入已開發國家，伴隨經濟發展與所得提高，除了河防安全外，國人對於健康、快樂、舒適的生活環境要求日益增加，民眾更加關心水岸環境品質是否良好。河川成為居民享受鄰近河岸風光及單車暢遊的好去處，國人對在地河川水質、環境品質及多元空間利用之要求日增。近年來由於河川治理與水資源開發的需要造成河川管理的課題，例如河防安全、河川生態、河川揚塵、河川疏濬等，政府應積極主動改善河川環境品質，以符合國人期待；(2) 資通訊科技的進步：臺灣歷經五十多年之產業發展，已成為世界上多項科技發達之國家，尤其在資訊、通訊、光電、精密機械及創新研發等高科技方面，也因此累積成為相關產業發展之優勢環境，藉由此項優勢條件，可解決當前及未來我國嚴重的水問題，進而整體技術輸出國外，帶動新興水利產業發展，創造可觀之商機，增加就業機會。

三、104 年 2 月 26 日「政府開放資料座談會」中張副院長指示科技會報辦公室協助環保署評估「物聯網」技術運用於廢水污染源排放監控。104 年 6 月 18 日科技會報辦公室「評估物聯網技術應用於自然水體環境水質監測之可行性及操作模式計畫構想」溝通會議結論，有關水污染排放即時監測相關議題，請環保署除感測器等元件開發外，可針對整體系統進行規劃，將有助於達成即時環境監控之目標。

四、「科學技術白皮書」以智慧科技打造永續成長的幸福社會為願景，並以科研創新轉化、永續綠能環境、產業科技加值、幸福多元社會為規劃核心。「打造綠能科技國度，形塑低碳智慧社會」聯結產、官、學、研監測及救災系統，包括都市規劃、氣象預報、醫療救援、災害風險管理、水土保持、災害潛勢評估與調查、量測與檢測、設施安全監測、通訊傳輸等領域，雲端化防災資訊與科技，提供連線警報，即時啟動救災機制。

五、「環境白皮書」政策目標：環保署秉持保護環境資源及追求環境永續發展，並依照 101 年 6 月 9 日行政院通過「黃金十年 國家願景」及行政院規劃「國家發展計畫」有關「永續環境」政策願景之「綠能減碳」及「生態家

園」等施政主軸，訂定 106 年度施政目標及指標，以推動各項環境保護具體措施及行動計畫。環保署秉持保護環境資源及追求環境永續發展之理念，以民眾健康為出發點進行環境保護工作，落實預防與預警機制，建立一個永續、美麗又健康的臺灣，做為推動環境保護工作的重要方向。以「循環經濟」「清淨空氣」「無塑海洋」及「關懷大地」為重要施政主軸，推動各項環境保護工作。針對事業廢水管制，102 年 3 月發布「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，強化繞流排放、逕流廢水管理及推動連續自動連線等管理措施。104 年 3 月發布「水污染防治費收費辦法」，104 年 5 月開徵水污染防治費。水污費將用於水污染防治工作，保護及提升水體水質，改善生活環境，增進國民健康。為確保飲用水水源水質並提昇飲用水品質，加強飲用水水源環境監測與風險管理，以降低因水環境衝擊，造成因飲水暴露途徑的健康風險，達成自來水事業自發性配合，供應安全、衛生品質的永續發展目標。105 年 1 月針對放流水排放至公告應特予保護農地水體之排放總量管制區內之特定承受水體者，加嚴六項重金屬管限制值。

六、106 年 12 月科技部召開第十次全國科學技術會議，以智慧、低碳、健康與永續為主題，科技部將會議結論、科技發展現況、目標與資源規劃產出我國 106 年至 109 年「國家科學技術發展計畫」。運用智慧感測科技維護環境品質為未來科學技術發展策略之一，強化感測技術研發，開發高效能、耐用且適用於不同場域的空氣品質與水質感測元件或產品，再透過跨領域整合，布建環境品質感測物聯網，最後配合環境資料應用分析技術，完備環境物聯網，有效維護環境品質。

1.2 計畫背景

一、廢污水處理排放與人民生活品質高度相關

我國各工廠與工業區之廢污水排放，除少數海放外其餘皆納入各縣市之天然水體如河川等。我國地小人稠，工廠與工業區部分鄰近民宅，導致各工廠或工業區廢污水未妥善處理而排放之陳情案件層出不窮；另有部分位於排放天然水體上游，而下游設有農田水利會之取水口，也常導致民眾對於健康之疑慮，民眾環保意識抬頭，若可有效建立一套水質自動監控並搭配物聯網互動式資訊系統，除可降低各縣市環保局稽查人力需求外，也可以有效保障民眾生命財產安全並提高人民生活品質，同時對於自然水體

之保護與永續發展有重要貢獻。由於環保稽查人力有限，無法隨時因應全國各地可能有排放疑慮之處進行稽查，突顯國內對於水體自動監測預警、各事業單位放流水自動監控之相關技術與管理措施需要加速開發與研擬。

二、廢污水自動監測物聯網預警系統發展

環保署為強化監控全台廢水排放，管制工業區、工廠業者加裝「廢水 24 小時自動監測與連線傳輸」，密切控管有無偷排廢水，於民國 102 年展開第 1 階段，有 35 處大型工業區完成，目標民國 103 年底共 55 家業者設置完畢，掌握全台工業區 90% 以上水量即時排放情況。監測的項目包括進流的水量，以及放流口的水量、水溫、pH 值、電導度、化學需氧量、懸浮固體、其他指定項目及影像等。此計畫之目的為強化業者自主管理能力、建立污染即時監控及預警應變機制。

上述計畫所運用之監測設備皆為目前常用之儀器，雖然可靠度佳，但一些常用之監測器如 pH 計、導電度計等需要人力定期校正與清洗等，增加人力維護需求；在污水處理中之重金屬、SS、COD 及淨水處理中之餘氯與濁度等重要項目，則有相對設置經費較高、設備體積較大等缺點。因此，目前常用之監測儀器並不適用於未來大量設置等應用情境。

近年來線上水質分析及採樣技術日益精進，同時大數據處理與無線傳輸技術進步，使開發體積小、耐用佳及具無線數據傳輸功能之自動監控裝置，搭配物聯網之區域性水質自動監控系統成為可行之技術開發方向。

1.3 差異化競爭策略分析(競爭技術比較)

一、技術研發競爭力分析

目前國內之水質線上分析設備大多為仰賴進口國外廠商進口，因此相關技術等研發專利皆為國外認證，由於現場量測操作上所面臨情況繁多，進口線上分析設備無法因應所有需求，常需視實際量測情況而進行修改，但修改過程易受到外國專利或設計結構與方式限制，無法提升國內技術門檻，若能有技術團隊協助設備商解決現況與提供方法或新技術演進，並減少與國外原廠的溝通聯繫時效性，將可提昇客戶服務效能與產業獲利。

二、成本競爭力

由於國內常使用線上儀器多為歐洲與日本進口，其成本也居高不下，如下表所示，建置一組進口線上設備其價格昂貴，一般業者、小型污水處理廠甚至未來大規模的流域布建較無法負擔此費用，形成普及率不高的情況，因此一般仍維持傳統分析儀器檢測方法，但由於傳統分析耗時且無法即時檢測 COD、SS 與重金屬，亦無法立即針對系統狀況做出即時反應與即時掌握水質變化，進而採取有效因應措施。若能大幅降低產品成本或開發本土化產品，並具有即時量測之資訊，可打破目前產品多為國外市場所壟斷之現況，此外也可提昇設備商獲利能力，產業將更具銷售優勢。

三、水質感測器開發部分

(一) 目前設置於現場之水質量測設備，從量測方法來看，大部分多採接觸式進行量測，其設置惡劣環境易造成量測設備感測器損壞及量測品質不穩定，故維護方面需定時清理或更換感測器。

(二) 從量測方法來看，若設備需加藥方式量測，其必需定期更換加藥物，對於量測後水樣必需進一步處理，不僅需額外維護及藥材費用且增加環境上負荷；從量測項目來看，大數監測設備僅有單一水質量測項目，缺乏整合多水質項目之量測。

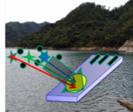
(三) 從監測功能來看，除利用電極量測方式外，一般量測設備都需反應及量測時間，無法即時提供量測之水質資訊，失去水質自動監測之目的。因此，本計畫利用朝向「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」的方向，開發可應用於大規模區域水質監測之即時線上水質監測技術，在技術開發原理部分以目前較新穎之技術為主，感測器開發包含電化學法與光學分析法等，設備最小化則以微流道技術為主，本計畫所開發之感測器可適用之範圍與是市售商品之比較如表 1. 1~表 1. 5 所示，並細部分析如下：

1. 線上即時餘氯分析設備之比較

(1) 餘氯檢測方法多採用比色法(colorimetric method)，其雖操作簡單、易於攜帶，但應用於本計畫仍有多項限制，如：精準度低、分析結果受水中其他物質所干擾、廢液具致癌風險等。

- (2) 碘量法(iodometric titration)應用於餘氯之分析時，雖具有高精準度之優點，但其操作環境條件較為侷限，亦不適用於餘氯濃度低於 1 mg/L 之水樣，此外此法往往需於實驗室中進行，較無法應用於本計畫之現場即時監測之用途。
- (3) 市售之電極法 - 安培法 (amperometric)餘氯檢測計其雖偵測範圍廣、精準度高，但水中若高電活性物質時易造成電流高估而致偵測誤差。而本計畫所研發檢測技術為以電極法為基礎，結合微分脈衝伏安法，因其操作簡單、精準度高，且可搭配多成分定性定量演算法之開發，故預期將可研發出一具高度應用之產品，以應用於現場線上即時監測之範疇。

表 1.1 餘氯分析方式之比較

| 項目 | 設備 | 本計畫 | 市售電極法 | 比色法 | | 碘定量法 |
|------|----|--|--|---|--|--|
| | | | | OT | DPD | |
| | |  |  |  |  |  |
| 代表廠牌 | | ITRI | CLEAN | 第一化工 | Advantec | HACH |
| 測定原理 | | 電化學法/微分脈衝伏安法 | 三電極式 | 氧化還原/比色法 | 氧化還原/比色法 | 化學滴定法 |
| 量測方式 | | 現階段/未來目標 實驗室/攜帶式 批次式/連續式 | 實驗室/攜帶式 批次式/連續式 | 實驗室/攜帶式 批次式 | 實驗室/攜帶式 批次式 | 實驗室/批次式 |
| 測量干擾 | | 搭配緩衝溶液可有效降低水溶液環境干擾 | 為兩點校正，容易受到水溶液環境影響 | 易被水樣中其他物質(色度、氧化劑、濁度、硝酸鹽)干擾 | 水樣中含有碘離子會干擾檢測結果 | 易受氧化劑(錳)及還原劑(有機硫化物)等物質干擾 |
| 優點 | | <ul style="list-style-type: none"> ● 易於操作 ● 精確度高 ● 偵測極限較低可小於0.1 mg/L。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 適用檢測範圍及環境較寬 ● 可現址安裝及量測，易於操作 | <ul style="list-style-type: none"> ● 操作簡易 ● 方便攜帶 | <ul style="list-style-type: none"> ● 操作簡易 ● 方便攜帶 | <ul style="list-style-type: none"> ● 精確度高 |
| 缺點 | | <ul style="list-style-type: none"> ● 廢液處置問題 | <ul style="list-style-type: none"> ● 水中溶氧等電活性物質會影響量測電流 ● 因測量過程中為施加固定電壓，難以量測背景電流。 ● 廢液處置問題 | <ul style="list-style-type: none"> ● 不適用於餘氯高於10 mg/L之水樣 ● 精準度低 ● OT屬可能致癌物質 ● 廢液處置問題 | <ul style="list-style-type: none"> ● 不適用於高濃度餘氯檢測 ● 易受水質影響 ● 因DPD氧化之最終產物為無色，故水樣添加DPD後應盡快進行比色分析 ● 廢液處置問題 | <ul style="list-style-type: none"> ● 使用於餘氯濃度大於1 mg/L之水樣如濃度過低則建議水樣體積應增加。 ● 操作溫度大於20°C時會造成I₂不易和澱粉分離，以致檢測誤差 ● 適用水樣pH值為3~4 ● 廢液處置問題 |

2. 濁度

- (1) 目前國際通用之濁度法規標準為 USEPA 180.1 與 ISO 7027，其設計原理均以散射 90 度為主，採用的光源則以可見光(400-600 nm)及近紅外光(850-870 nm)為主流，搭配不同的電極來完成不同濃度的測定；目前國際採用之濁度單位以 NTU 與 FTU 為主，在大部分的文獻中均認為兩者具有高度相關性。
- (2) 目前國產與進口的線上自動監測濁度設備均有，但大多採用電極式量測，在考量清洗的需求下，針對較為複雜水質的量測上，電極容易被生物膜附著影響量測之準確性。
- (3) 本計畫長期規劃之產品，預期可具備多重光源(VIS/NIR)並搭配水質多成分定性定量演算法，可即時扣除複雜水體之感擾物質如：色度等；另外，汲取水樣量測與具備參考光源之設計，可同時提高清洗效率與光源穩定度，搭配本團隊原有針對光學與系統之微型化技術，可達到低成本、體積小與線上即時量測之目的。

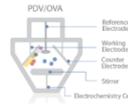
表 1.2 濁度分析方式之比較

| 設備 項目 | 本計畫 長期規劃 | USEPA Method 180.1 | ISO 7027 | 國產濁度傳統 分析儀器 TC-7200-RS | 進口濁度傳統分析 儀器 HACH 1720E |
|-----------------|---|--------------------------|-------------|--|--|
| 測定原理 | 光學頻譜& 演算法 | 光學法 | 光學法 | 光學法 | 光學法 |
| 量測方式 | 散射90度 穿透180度 | 散射90度 | 散射90度 | 散射90度 | 散射90度 |
| 量測波長(nm) | VIS/NIR | 400-600 | 850-870 | 符合Method 180.1 | 符合Method 180.1 |
| 光徑(m) | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 即時監測 | 可 | - | - | 可 | 可 |
| 添加藥劑 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 1.價格 (單位：仟元) | <50 | - | - | 100 | 250 |
| 2.量測項目 | Turbidity & SS | Turbidity | Turbidity | Turbidity | Turbidity |
| 3.商品競爭力 | <ul style="list-style-type: none"> ●同時監測兩項 ●即時光譜分析 ●具自動清洗功能 ●具參考光源 ●建置成本較低 | - | - | <ul style="list-style-type: none"> ●單一量測 ●即時分析 | <ul style="list-style-type: none"> ●單一量測 ●即時分析 ●建置成本高 ●需耗材成本 |

3. 線上即時重金屬分析設備之比較

- (1) 目前 ICP、AA 設備無法應用於本計劃之限制有下述幾點:(1)建置成本高:目前 ICP 與 AA 等重金屬分析儀，大多仰賴國外進口，除安裝與維護成本居高不下(均超過 100 萬以上)，同時亦需搭配購買原廠水質資料庫才可進行分析；(2)無法現地即時分析:儀器建置於實驗室內，無法於現地進行即時的污染物量測；(3)耗時費力:分析儀器需要人力進行前處理、上機分析與數據整理；此外，若以原子吸收光譜法進行重金屬分析，每次僅分析一種重金屬，較為耗時費力。
- (2) 市售光學法與電化學法具有下述幾點限制，故無法應用於本計劃:包含(1)無法即時分析:目前大多以加藥比色法進行分析，需要加藥反應時間，並非即時監測；(2)操作成本高:需要額外添加大量藥品，除了化學藥品的成本增加外，同時需要有廢液處置成本等問題；(3)現場安裝費用昂貴:市售重金屬分析儀器，若要定點連續監測多種重金屬，則安裝的體積十分龐大，以市售的電化學離子選擇性電極為例，單一電極僅能偵測單一金屬種類，對於成分複雜水源需同時擴充電極數量，造成初設成本增加及使用不便。
- (3) 本計劃所開發的電化學感測電極，具有可偵測多種金屬特性、穩定性佳、可有效降低生物積垢並延長使用壽命等有優點，同時亦具有設備體積小且操作成本低等優勢。

表 1.3 重金屬分析設備之監測方式與比較

| 項目 | 設備 | ICP | AA | 市售光學法 | 市售電極法 | |
|-----------|--|---|---|--|--|---|
| 圖示 |  |  |  |  |  |  |
| 代表廠牌 | ITRI | Agilent | SpectraA | Hach | Cole-Parmer | Modern Water |
| 測定原理 | 改質電化學電極 | 原子發射光譜法 | 原子吸收光譜法 | 光學比色法 | 離子交換 | 伏安法 |
| 量測方式 | 實驗室/攜帶式 連續/批次式 | 實驗室 批次式 | 實驗室 批次式 | 實驗室/攜帶式 批次式 | 實驗室/攜帶式 批次式 | 實驗室/攜帶式/ 批次式 |
| 價格(單位：仟元) | <100 | 2,500 | 1,200 | 200~1,000 | 500~1,000 | 800~1,200 |
| 優點 | <ul style="list-style-type: none"> ◉同時監測多項 ◉即時分析 ◉藥劑添加量少 ◉建置成本較低 ◉可線上量測 ◉可現址安裝 | <ul style="list-style-type: none"> ◉同時監測多項 ◉無添加藥劑 | <ul style="list-style-type: none"> ◉無添加藥劑 | <ul style="list-style-type: none"> ◉可線上量測 ◉可現址安裝 | <ul style="list-style-type: none"> ◉可線上量測 ◉可現址安裝 | <ul style="list-style-type: none"> ◉可線上量測 ◉可現址安裝 ◉同時監測多項 |
| 缺點 | <ul style="list-style-type: none"> ◉需前處理 | <ul style="list-style-type: none"> ◉建置成本高 ◉需前處理 ◉需人力操作 ◉無法線上量測 ◉無法現址安裝 | <ul style="list-style-type: none"> ◉建置成本高 ◉需前處理 ◉單一重金屬分析 ◉需人力操作 ◉無法線上量測 ◉無法現址安裝 | <ul style="list-style-type: none"> ◉無法即時監測 ◉現場安裝貴 ◉需添加藥劑 ◉廢液處置問題 | <ul style="list-style-type: none"> ◉無法即時監測 ◉現場安裝貴 ◉汞污染問題 ◉需添加藥劑 ◉廢液處置問題 | <ul style="list-style-type: none"> ◉需添加藥劑 ◉廢液處置問題 ◉現場安裝貴 |

4. 線上即時 COD/SS 分析設備之比較

- (1) 目前 COD 與 SS 設備如需同時具備線上安裝與即時量測功能，大多需要仰賴進口商提供之設備(ex:今日儀器提供之 S::CAN)，但其安裝成本居高不下(均超過 100 萬以上)，且需搭配購買原廠水質資料庫，方可在較短時間內訓練完成，但其亦不能監測較複雜之水質，大多花了很高之購置成本僅能放在放流口監測(即時但低濃度)。
- (2) 傳統水質利用化學氧化法雖然可偵測較高之濃度，但是其需要加藥反應時間(1-2hr)，並非真正即時量測，建置成本一樣會達到 80-150 萬，且需要許多的後續維護與加藥成本(可偵測高濃度但非即時)。
- (3) 本計劃開發的光學感測元件，除擁有微型光譜之技術自主性可降低產品成本外，搭配多成分定性定量演算法的開發，具有可偵測多種水質成分、即時監測性高、具有設備體積小且操作成本低等優勢。

表 1.4 COD&SS 分析設備之監測方式與比較

| 項目\設備 | 本計畫 | COD&SS 線上光學偵測 | COD 線上傳統量測 | COD 傳統分析儀器 | SS 傳統分析儀器 |
|-----------|--|---|---|---|---|
| 圖示 |  |  |  |  |  |
| 代表廠牌 | ITRI | S:CAN | 無 | 無 | 無 |
| 測定原理 | 光學頻譜&演算法 | 光學法 | 化學氧化法 | 化學氧化法 光學比色法 | 乾燥法 |
| 量測方式 | 實驗室/攜帶式 連續/批次式 | 批次式 | 批次式 | 實驗室 批次式 | 實驗室 批次式 |
| 價格(單位:千元) | 50-100 | 1,400 | 800~1500 | 500 | 500 |
| 優點 | <ul style="list-style-type: none"> 同時監測兩項以上 即時光譜分析 具自動清洗功能 可線上量測 可現址安裝 無藥劑成本 建置成本較低 | <ul style="list-style-type: none"> 同時監測兩項以上 即時分析 無藥劑成本 可線上量測 可現址安裝 | <ul style="list-style-type: none"> 標準方法 可線上量測 可現址安裝 | <ul style="list-style-type: none"> 標準方法 | <ul style="list-style-type: none"> 標準方法 |
| 缺點 | <ul style="list-style-type: none"> 需利用短時間建立與修正資料庫及演算法 | <ul style="list-style-type: none"> 需利用短時間建立與修正資料庫及演算法 建置成本高 | <ul style="list-style-type: none"> 單一量測 體積龐大 建置成本高 須藥劑成本 耗時(>2hr) | <ul style="list-style-type: none"> 建置成本高 須藥劑成本 耗時 | <ul style="list-style-type: none"> 建置成本高 需耗材成本 耗時 |

5. 廣佈型水質感測器之比較

目前線上或測站式水樣取得仍是以大體積取得使用，在傳統的固定式測站或非連續式線上感測元件其水樣汲水較無問題，該地具有可取得電源，在操作上較無須顧慮水質感測器整體功耗。然若為未來實際應用面來說，成本與能耗皆須考量的情境下，微型化整體水質感測器將較有其能減低能耗以及相較於固定式測站的低成本模組化設備。因此，在感測器上，若能微型化則能減少取水用量需求，在多成分感測分析時，各藥劑等使用亦能降低需求總量，整體則更有助於水樣與各藥劑與清洗時的輸送能耗，因此，微流道技術則具有其特殊優勢。

而且國內自行開發之新方法/新技術演進，可打破國外市場壟斷，提昇國內廠商服務效能，大幅降低產品成本，並提昇設備商獲利能力。而系統朝「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」的方向進行開發，可應用於大規模區域之即時線上水質監測技術，而設備最小化則以微流道技術為主。最重要的是，微型化水質監測系統是目前世界各國積極發展中的技術，尚無實體系統廠商，因此發展微型化水質監測系統正是一個利基點。

表 1.5 廣佈型水質感測器之監測方式與比較

| 項目 | 設備 | 本計畫 | 現階段水質監測系統 | 線上水質監測系統 | EU微型化水質快速監測系統 |
|-----------|---|---|---|---|---|
| 圖示 |  |  |  |  |  (Form: EU 2020年水質監測計畫) |
| 代表廠牌 | | ITRI | Endress+Hauser、KORBI | HYDROLAB、libelium | 研發中 |
| 測定原理 | | 電化學/光學 | 電化學/光學 | 光學 | 光學 |
| 量測方式 | | 實驗室/攜帶式 連續/批次式 | 固定設置 批次式 | 攜帶式 連續式/批次式 | 實驗室/攜帶式 連續/批次式 |
| 尺寸大小 | | 18公分×15公分×10公分 | 200公分×100公分×300公分 | 75公分長，直徑15公分 | 30公分高，直徑10公分 |
| 價格(單位：仟元) | | 100-150 | >1,000 | 750-950 | >100 |
| 優點 | | <ul style="list-style-type: none"> ◦水樣前處理 ◦即時光譜分析 ◦自動清洗功能 ◦無添加藥劑 ◦建置成本較低 ◦可線上(即時)量測 ◦可現址安裝 | <ul style="list-style-type: none"> ◦可線上量測 ◦同時監測多項 ◦包含水樣前處理 | <ul style="list-style-type: none"> ◦可線上(即時)量測 ◦可現址安裝 ◦無添加藥劑 ◦電動刷子清潔檢測元件 | <ul style="list-style-type: none"> ◦可線上(即時)量測 ◦可現址安裝 ◦自動清洗功能 |
| 缺點 | | <ul style="list-style-type: none"> ◦取樣與多重檢測造成耗電量高 | <ul style="list-style-type: none"> ◦建置成本高 ◦無法現址安裝 ◦耗時 ◦試劑消耗大，以及廢液處置問題 | <ul style="list-style-type: none"> ◦無前處理 ◦僅單一重金屬分析 | <ul style="list-style-type: none"> ◦無前處理 ◦僅單一重金屬分析 ◦需添加藥劑 ◦容易受到干擾 |

1.4 計畫目標與內容

依據計畫邀標書敘述，本「水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用」業務委託之專業服務案，共可區分為【維運 107 年度已布建 100 組水質感測器，提供感測數據，並精進改善即時線上感測元件及相關軟硬體，增值模式分析，精準篩選水質異常事件】、【研發感測元件水質偵測項目，包括餘氯、濁度或溶氧等具實用性感測項目至少 2 種以上及 2 種重金屬感測元件晶片化，以創新發展水質感測器應用，符合前瞻物聯網應用趨勢】與【協助推動本署與地方政府合作辦理水質物聯網布建發展及執法應用工作，並協助計畫相關管考工作】等三個計畫目標執行。以下將各計畫工作目標逐一條列說明如下：

一、維運 107 年度已布建 100 組水質感測器，提供感測數據，並精進改善即時線上感測元件及相關軟硬體，增值模式分析，精準篩選水質異常事件

(一) 持續維護 107 年度已布建 100 組水質感測器，維持其功能正常運作，提供即時有效數據，且計畫期間每季（各測點連續 3 個月數據計算）有效數據完整率及數據品質滿意度應達 85% 以上之目標。有關有效數據完整率及數據品質滿意度計算及定義方式如下：

1. 效數據完整率：各感測器至少在每 20 分鐘以內產出各污染物濃度或環境參數之有效平均感測數據，至遲應於感測後 10 分鐘內，以

資料串流方式，將即時數據發布至本署指定之 IOT 平臺。

- (1) 每 3 個月有效資料完整率係以即時展示之有效測值筆數比率，計算方式如下(小數點以下無條件進位)：

$$\frac{20 \text{ 分鐘內即時展示之感測有效值筆數}}{\text{有效總筆數}(90 \text{ 天} \times 24 \text{ 小時} \times \text{每時 } 3 \text{ 筆} \times \text{各測點項數}) - \text{不可抗力之無效或無數值筆數}} \times 100\%$$

- (2) 每 3 個月有效資料完整率未達 85% 時，以下列方式計算扣罰價金總金額之比率，並於計畫結案時結算總扣款金額：

| | | | | | | |
|-----------|------|--------|--------|--------|--------|------|
| 即時資料完整率 | >85% | 71-85% | 61-70% | 51-60% | 41-50% | <40% |
| 扣罰價金總金額比率 | 0% | 1% | 2% | 4% | 8% | 16% |

- (3) 前述即時數據完整率之計算，執行單位可舉證排除因不可抗力因素所造成的筆數，並經本署審核認可後排除扣款計算。

2. 數據品質滿意度：各感測點數據品質查核由合格檢測機構於運轉維護期間內現場採樣檢測相同代表性水樣，三合一（pH、溫度、導電度）至少執行 2 次比對檢測分析、銅離子及 CODs 至少執行 1 次比對檢測分析。比對方式及檢測機構由得標廠商提出建議，經本署同意後辦理，所需費用由得標廠商支付。

- (1) 有效資料品質滿意度計算方式如下(小數點以下無條件進位)：

$$\frac{\text{查核結果符合數據品質目標總項次數}}{\text{查核總項次數}} \times 100\%$$

- (2) 數據品質目標：酸鹼值誤差應為 ±1.0pH 以內；導電度誤差 ±15% 以內；溫度誤差應為 ±1.0°C 以內，COD 與 SS 誤差需小於 30%；2 項重金屬項目誤差則需小於 50%。

- (3) 數據品質滿意度未達 85% 時，以下列方式計算扣罰價金總金額之比率。

| | | | | | | |
|-----------|------|--------|--------|--------|--------|------|
| 數據品質滿意度 | >85% | 71-85% | 61-70% | 51-60% | 41-50% | <40% |
| 扣罰價金總金額比率 | 0% | 1% | 2% | 4% | 8% | 16% |

- (4) 前述即時數據完整率之計算，執行單位可舉證排除因不可抗力因素所造成的筆數，並經本署審核認可後排除扣款計算。

- (二) 精進改良 107 年已開發感測元件及模組之功能規格，包含：
1. 提升 pH、溫度、導電度三合一感測模組現場測試感測範圍與靈敏度，可經由不同匹配電阻改善電導度量測範圍為可適用於常見環境水體水質及廢水偷排異常感測使用，例如至少範圍包括 250-10,000 μ S/cm 及誤差為 \pm 20%。
 2. 前述改良酸鹼感測模組，應包括調整參考電極，以穩定電極穩定度並提高量測靈敏度；改良電路板，降低環境及電壓等之干擾及減少耗能為目標；改善晶片製作技術，提升晶片良率及可靠度，建立出廠前從材料、元件、模組等階段的品保品管標準程序，以確保組裝後一致性功能及品質。
 3. 前述改良應由廠商在計畫書內敘明，並於得標後一個月內提出具體解決現況問題及改良對策計畫經本署同意後，據以執行。
- (三) 提升數據資料傳輸紀錄速度及穩定性，設置一水質感測資料庫中心專用伺服器，並維運水科技物聯網應用平台，精進感測器紀錄履歷管理模組、感測器巡檢及維護管理模組、感測器數據品質查核管理模組、感測器狀態異常及檢修管理模組、系統運作儀表及資訊顯示管理模組等 6 大功能模組功能。
- (四) 前述系統模組功能應以使用者為中心及資訊系統敏捷性專案管理開發方式改善，使用者訪談包括地方環保局及本署等使用者至少 5 場次。前述應用平台應於 8 月 30 日前完成改良，提供使用者測試，並依本署及地方環保局使用意見持續改善。
- (五) 依據 100 組水質感測器感測數據與不同應用情境，滾動式修正跨測項及上下游歷史水質感測分析預警模組、水質感測數據異常自動分析推估環境外部污染異常或設備內部儀器異常、污染源頭區域時序變化分析、熱區分析、建立快速稽查機制，並介接分析所需相關異質性資料庫，綜合分析可疑污染源。
- (六) 綜合應用平台分析功能，利用感測數據分析篩選至少 30 件水質異常事件，從感測數據異常預警、自動通報、數據分析、源頭追蹤、熱區分析、可疑污染源資訊彙整，結合相關數據及資料庫，提供研析資料

輔助稽查執法應用。前述水質異常事件應透過前 5 個事件案例發展成標準程序及作業模式，並依現場需要協助必要的執法技術及儀器支援。

- (七) 100 組維運所需資料傳輸通訊模組需依場域特性需要具備抽換彈性，可選 3G、4G、WiFi、LoRa 或 NB-IOT 等不同通訊協定。另為達成上述資料完整率及數據品質目標滿意度所需相關電力、更換材料、通訊費用、資料傳輸及人員校正比對等所有維持正常運作相關費用均含於本計畫總經費，不另支付。
- (八) 100 組維運場域運作為水質感測物聯網的研發基本場域，惟因應發展創新環境應用需要、維持達成上述維運目標正常運作必要或為具體發現事業廢水偷排造成水質異常事件偵測應用需要，感測器安裝位置得依場域當地環保局或本署建議或要求遷移。前述遷移以不超過 30 點次為限。
- (九) 依據實際維運 100 組水質物聯網經驗，以及蒐集國內外有關水質感測物聯網系統及智慧城市相關感測物聯網文獻，應滾動檢討修正相關標準作業程序，至少包括感測點選址作業準則、快速安裝運作標準程序、巡檢品管及簡易維護、感測器異常偵測及維修等 4 項標準作業程序，據以建立涵蓋整體性可正常布建及維運作業體系。
- (十) 前述作業管理制度應提交簡潔、淺顯易懂且可操作之標準作業程序，經本署認可後據以執行。執行單位應將前述管理作業體系以行動化資訊裝置，提供作業人員使用及落實執行作業程序，同時應提供作業儀表及資訊作業、分析管理系統，運用大數據分析以增進感測器物聯網硬體設施維運管理效率。

二、研發感測元件水質偵測項目，包括餘氯、濁度或溶氧等具實用性感測項目至少 2 種以上及 2 種重金屬感測元件晶片化，以創新發展水質感測器應用，符合前瞻物聯網應用趨勢

- (一) 利用微機電技術、電化學、光學或量子點等檢測原理，開發國產化、低成本、且微型穩定之線上即時餘氯、濁度或溶氧等具實用性項目至少 2 種以上等感測模組；2 種重金屬感測元件晶片化之開發，並完成

原型機組於實驗室及實際不同場域測試，向本署提出完整測試分析報告。

- (二) 前述感測項目即時餘氯感測器量測範圍至少可包括 0.5-3mg/L；即時濁度感測器量測範圍至少可包括自來水清水及正常原水範圍；即時溶氧感測器量測範圍至少可包括 0.5-10mg/L，且其可能誤差應與現行商用傳統戶外手持式檢測產品功能相當。
- (三) 前述新興感測項目及重金屬項目感測採用原理、設計評估及功能規格等相關研發內容，應由廠商在計畫書說明，並在計畫決標後 1 個月內，依據審查意見修正研發計畫後，提出具有運用及商業潛力的可行性評估，經本署同意後進行開發。
- (四) 前述研發成果須具備實際水體環境場域的可用性，且其感測限值、靈敏度等規格應能夠用於評估是否符合應用場域相關水體用途水質標準使用或能據以判斷是否具有異常水質感測警報使用。
- (五) 前述新興水質感測模組開發模組至遲應於 8 月 30 日前完成功能雛型設計及開發，並至遲於 10 月 30 日前完成實驗室及實地場域測試，並且得於開發階段即結合具有支援量產能力的協力單位，組裝成接近市售產品水準的測試裝置執行相關場域測試，以利累積技術及經驗，提供未來大量生產布建參考。
- (六) 前述新興研發的模組經測試可行，且依可能的應用場域及水質感測需要，應搭配 107 年本署已開發感測模組，透過結合具有支援量產能力的協力單位開發，組裝成具備不同感測項目、不同感測接觸方式(水樣汲取或浸水)、不同電源供電方式或不同通訊方式的水質感測裝置，可應用於例如灌溉用水水質安全監測、上水水源水質、簡易自來水水處理、工業區下水道系統超排或偷排異常監控、廢污水處理或環境水體水質等場域之水質變化感測等多元週邊創新裝置產品，至少 3 種可應用在不同場域不同感測應用的原型機各 3 個，供本計畫依相關作業規定將研發成果技轉廠商業界生產使用。
- (七) 前述創新組裝研發至少有一種採用浮水式載具並應符合下列項目
 1. 以快速抽換防水模組為設計方向，並依動態及靜態水質應用情境

設計不同版本，至少完成各 3 套設備，輔以實際場域驗證測試應用。

2. 浮動式水質感測設備至少具備溫度、酸鹼度及導電度三項檢測項目，另配合不同實際場域需求，應整合其他水質感測元件，包括餘氯、濁度或溶氧等至少 1 種檢測項目，以加值本署水質感測物聯網之深度與推動。
3. 前述之浮動式水質感測設備亦須具備 GIS 地理資訊系統、即時水質感測資料展示平台、歷時水質及分區段資料統計功能，相關系統、功能及平台以視覺化方式展示數據資訊，以利使用。

(八) 前述創新應用水質物聯網，運用感測元件為基礎結合民生需求及產業發展之推動需要，其水質感測器元件結合民生需求或產業發展，推廣運用於環境教育、產業商品研發，串聯環境水體資訊與民眾生活緊密結合。

三、協助推動本署與地方政府合作辦理水質物聯網布建發展及執法應用工作，並協助計畫相關管考工作

- (一) 蒐集彙整國際水質感測元件、物聯網應用資訊，研析我國於水質感測元件之發展趨勢、優劣比對，提出未來水質感測物聯網地方機關環保執法需要、其他水質感測情境及產業推動具體方向。
- (二) 針對環保機關執法需求，研析掌握環保機關執法水質感測器運用情境，研提最適化水質感測裝置組裝建議，並研擬環保機關執法應用布建應用之推動策略、措施步驟、期程及作業程序等相關布建應用執行計畫，並規劃完成相關智慧稽查布建維運體系包括選址、安裝、巡檢校正、維護更換、資料分析及執法行動應用等作業步驟之標準程序或作業原則。本工作應於 6 月 30 日前完成，並經本署認可後推動執行。
- (三) 執行單位依本項本署認可之執行計畫及相關作業原則，並於 9 月 30 日前與地方政府合作，完成 100 個至少包括 pH、溫度、導電度三合一水質感測器裝置。並選擇合適場域應示範維運 50 個至少 60 日。另各感測點數據品質查核由合格檢測機構於運轉維護期間內現場採樣檢

測相同代表性水樣，至少執行 2 次比對檢測分析。

- (四) 前述維運 50 個水質感測器，作為未來 109 年本署與地方政府合辦示範布建計畫；協助 109 年地方政府水質感測器布建合辦計畫之研提、評估、規劃、審查，提供專業分析及建議，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。另 50 個應規劃為移動式或手持式感測裝置，供規劃給稽查人員或河川巡守隊使用。

四、本案研發成果之專利申請、技術轉移、學術論文發表及配合 108 年度科技計畫之計畫調整、管考進度、重要成果效益報告及指定交辦事項

- (一) 本案研發成果須經本署同意對外發表至少 3 篇以上產官學研相關研討會或學術論文或海報。
- (二) 經本署同意依經濟部或科技部相關模式，適時進行相關專利申請，並全權辦理感測器整合系統後續技術橋接產業應用發展，協助感測器整合組裝系統後續技術轉移、製造生產及授權事宜。相關智慧財產權產出及獲益須依契約書第十四條繳交固定比例。
- (三) 配合 108 年度科技計畫辦理計畫調整、執行成果填報及提交年度重要成果效益報告。
- (四) 本計畫成果如需適時發表，須配合研擬及提供推廣文件、海報、新聞稿、活動策畫等。
- (五) 計畫應每月 5 日前繳交累計至上月 30 日前的計畫最新進度成果簡報，簡報至少應包括前次會議列管事項、計畫各工項累計最新重要成果摘要、執行現況問題及改善採行對策等內容。
- (六) 協助辦理規劃擴大或延續計畫效益及成果之相關建議或策進事宜。

1.5 章節安排

本計畫主要工作執行方法將於後續章節說明，其計畫作業架構及工作項目如圖所示。

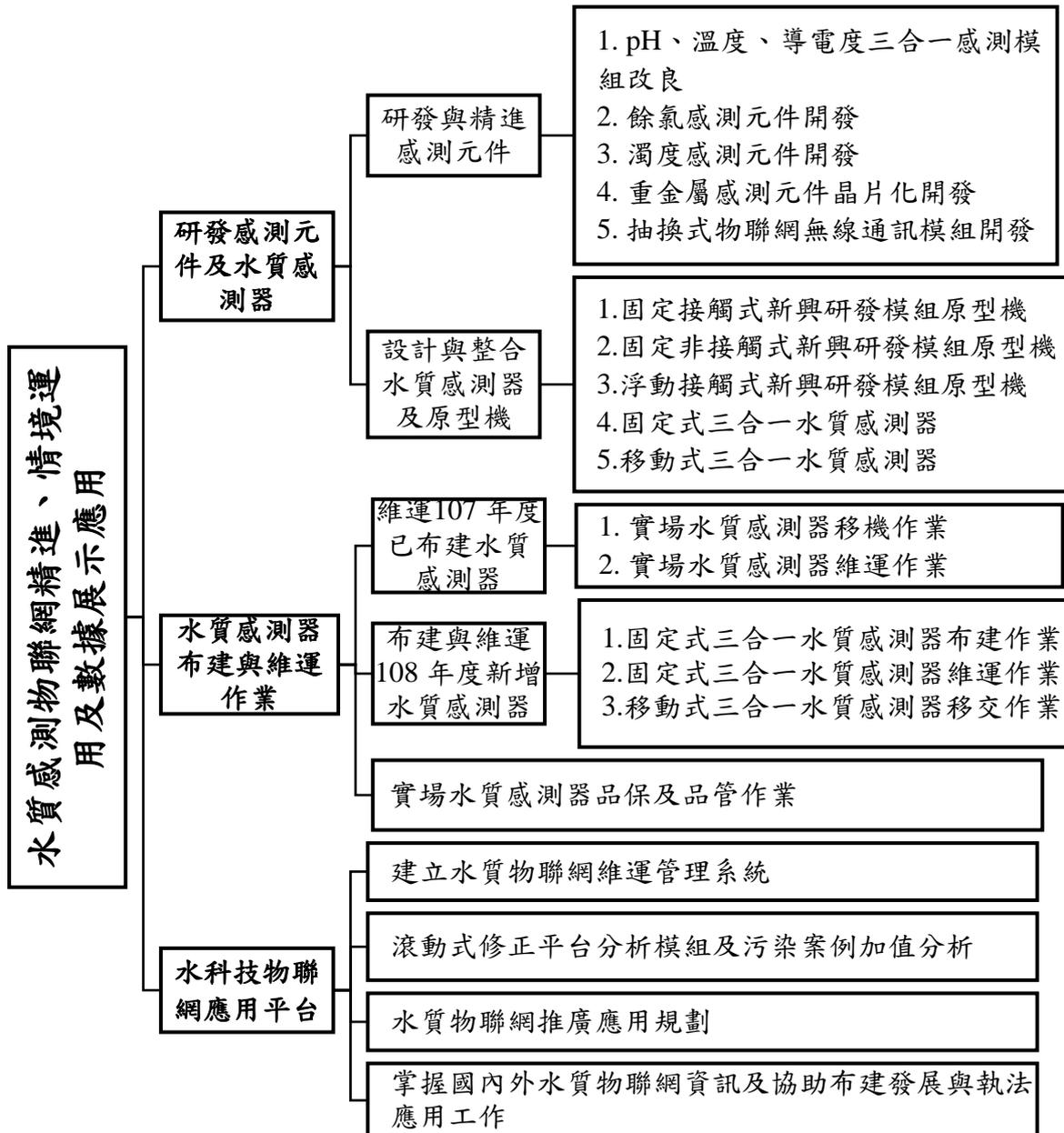


圖 1.1 總計畫架構

1.6 查核點與工作達成情形

按「評選須知」之規定，本計畫執行期間為自決標日起至 108 年 12 月 31 日止，於決標後即召開工作起始會議，並於 108 年 6 月完成第一次工作進度報告，108 年 9 月完成期中報告，108 年 12 月進行期末報告。工作進度及達成情形如表 1.6 及表 1.7：

表 1.6 工作進度(以甘特圖表示)

| 預定進度(以甘特圖表示) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 工作內容項目 | 年別 | 108 | | | | | | | | | |
| | 月份 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1.研發感測元件及水質感測器 | | | | | | | | | | | |
| 1.1 研發與精進感測元件 | | | | | | | | | | | |
| | | 1.1.1.1 | | 1.1.1.2 | 1.1.2.1 | 1.1.2.2 | | 1.1.2.3 | | | |
| | | | | 1.1.3.1 | 1.1.3.2 | | 1.1.3.3 | | | | |
| | | | | 1.1.4.1 | 1.1.4.2 | | 1.1.4.3 | | | | |
| | | | | | 1.1.5.1 | | | | | | |
| 1.2 設計與整合水質感測器及原型機 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 1.2.1.1 | 1.2.2.1 | 1.2.3.1 | |
| | | 1.2.4.1 | | | | | 1.2.4.2 | | | | |
| | | 1.2.5.1 | | | | | 1.2.5.2 | | | | |
| 2.水質感測器布建與維運作業 | | | | | | | | | | | |
| 2.1 維運 107 年度已布建水質感測器 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 2.1.2.1 | 2.1.1.1 |
| 2.2 布建與維運 108 年度新增水質感測器 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 2.2.1.1 | | 2.2.2.1 | 2.2.1.2 |
| | | | | | | | | 2.2.3.1 | | | |
| 2.3 實場水質感測器品保及品管作業 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2.3.1 | | | 2.3.2 | | 2.3.3 | 2.3.4 |
| 3.水科技物聯網應用平台 | | | | | | | | | | | |
| 3.1 建立水質物聯網維運管理系統 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 3.1.1 | 3.1.2 | | | |
| 3.2 滾動式修正平台分析模組及污染案例加值分析 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 3.2.1 |
| 3.3 水質物聯網推廣應用規劃 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 3.3.1 | | | | | |
| 3.4 掌握國內外水質物聯網資訊及協助布建發展與執法應用工作 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.4.1 | | | | 3.4.2 | 3.4.3 | 3.4.4 |
| 4.第一次工作進度報告、期中、期末報告撰寫 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 4.1 | | | 4.2 | | 4.3 | 4.4 |
| 預定進度累積百分比(%) | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |

表 1.7 各查核點達成情形

| 查核點 | 預定完成時間 | 查核點內容說明 | 達成情形 |
|---------|-----------|--|--|
| 1.1.1.1 | 108.04.30 | 完成 pH、溫度、導電度三合一感測模組改良規劃，包含感測晶片與量測電路設計，以及製程測試與檢驗 | 完成酸鹼值、溫度與導電度三合一感測模組之改良規劃，包括感測晶片的設計與製作、量測電路的干擾訊號去除以及節電等，並進行感測模組製作與測試驗證 |
| 1.1.1.2 | 108.06.30 | 完成 pH、溫度、導電度三合一感測模組改良測試確認，酸鹼值精確度為±1.0pH；導電度量測範圍可達 250µS/cm-10mS/cm，誤差±15%；溫度精確度為±1.0°C | 完成酸鹼值、溫度與導電度感測模組的改進設計與製作測試，其酸鹼值與溫度量測範圍與精度分別為 pH 3 - pH 12 與 10 °C - 85 °C，以及 ± 0.5 pH 與 ± 0.5 °C，而導電度量測範圍為 90 µS/cm – 10300 µS/cm(10.3 mS/cm)，且量測誤差為 13.5% |
| 1.1.2.1 | 108.07.31 | 電化學餘氯分析電極材料之優選暨特性分析 | 完成金電極及白金電極之作為餘氯感測電極之參數條件及適用性分析，於感測範圍 0.25 ~ 3 mg/L 之條件下，金電極及白金電極之標準品檢量線 R ² 值分別為 0.98 及 0.95 |
| 1.1.2.2 | 108.08.30 | 完成餘氯感測模組功能雛形設計 | 完成三極式及分子篩之感測模組形式比較，綜合操作便利性、實際應用性及感測靈敏性，後續將優先採用三極式模式作為本計畫餘氯之感測模組 |

| 查核點 | 預定完成時間 | 查核點內容說明 | 達成情形 |
|---------|-----------|---------------------------------------|--|
| 1.1.2.3 | 108.10.30 | 完成餘氯感測模組之實驗室及實地場域測試，感測範圍：0.5-3.0 mg/L | 完成餘氯感測模組及電化學分析技術平台之檢量線建立，透過量測已知濃度之餘氯溶液確立本技術適用性及穩定性，並至新竹第一淨水場完成實際場域驗證。 |
| 1.1.3.1 | 108.07.31 | 完成濁度水質光學特性建立 | 完成濁度水質光學特性建立，利用標準品建立 0-500 NTU 其濁度光學演算法與推估模式，並利用頭前溪溪水完成實際水體之驗證。 |
| 1.1.3.2 | 108.08.30 | 完成濁度感測模組功能雛形設計 | 完成濁度感測模組功能雛形設計，其中包含兩組光源及兩組不同接收器設計，分別可接受 6cm 光徑之穿透光與 3cm 位置處之散射光，提供後續實場廢水之驗證。 |
| 1.1.3.3 | 108.10.30 | 完成濁度感測模組之實驗室及實地場域測試 | 完成濁度感測模組之實驗室動態與靜態檢量線建立，並利用自來水與溪水進行實地場域廢水測試，提出建議之微型化濁度感測模組之規格，模組之基本資料如下： <ul style="list-style-type: none"> ➤ 入射光源：550、850 nm ➤ 感測器：VIS & IR & Reference PD ➤ 測試穿透光徑：2.5 cm ➤ 測試散射位置：1.25 cm |

| 查核點 | 預定完成時間 | 查核點內容說明 | 達成情形 |
|---------|-----------|--|---|
| 1.1.4.1 | 108.06.30 | 完成重金屬晶片化電極、電路板與系統設計單一方驗證評估 | 完成 Cu 晶片化電極選定且確立操作條件，亦與電路板和槽體設計廠商接洽，訂定初步設計規劃合作模 |
| 1.1.4.2 | 108.08.30 | 完成重金屬模組雛形系統整合設計及開發 | 完成晶片化電極槽體與電化學電路板設計並建立標準檢量線，於 0.5-5 mg/L 濃度範圍 R ² 值為 0.9973。 |
| 1.1.4.3 | 108.10.30 | 完成 2 項重金屬晶片化模組實驗室及實地場域測試 | 完成 Cu ²⁺ 與 Pb ²⁺ 晶片化模組實驗室與實地場域測試。 |
| 1.1.5.1 | 108.07.31 | 完成抽換式無線通訊模組設計與原型機製作，並測試透過電信服務網路將感測器資訊傳輸至後端管理平台 | 完成抽換式無線通訊模組設計與原型製作，可透過 NBIoT 進行通訊連線，並完成傳輸資料至後端管理平台之測試。 |
| 1.2.1.1 | 108.10.31 | 完成固定接觸式新興模組原型機 3 台製作 | 完成 3 套固定式原型機，可對接新興研發之感測模組，並完成實驗室測試驗證。 |
| 1.2.2.1 | 108.10.31 | 完成固定非接觸式新興模組原型機 3 台製作 | 採用伸縮桿設計組裝，完成 3 台固定非接觸式原型機，並完成實驗室測試驗證。 |
| 1.2.3.1 | 108.10.31 | 完成浮動接觸式新興研發模組原型機 6 台 | 本工作已於 5 月完成核心雛型，6 月完成漂流式與錨錠式概念機各一台，於 7~9 月輔以實際場域驗證測試應用，9 月完成漂流式與錨錠式共 6 台設備。 |

| 查核點 | 預定完成時間 | 查核點內容說明 | 達成情形 |
|---------|-----------|--------------------------|--|
| 1.2.4.1 | 108.04.30 | 完成固定式三合一水質感測器設計與製作規劃 | 以量測準確性與穩定性，以及延長維運時間為目標，完成固定式酸鹼值、溫度與導電度三合一感測器設計，並進行實體架設進行測試驗證 |
| 1.2.4.2 | 108.08.31 | 完成固定式三合一水質感測器 50 台製作 | 於 8 月 30 日完成 50 台固定式三合一水質感測器製作，並移交進行布建 |
| 1.2.5.1 | 108.04.30 | 完成移動式三合一水質感測器設計與製作規劃 | 為提高感測器之應用範圍，完成移動式酸鹼值、溫度與導電度三合一感測器設計，並製作測試驗證 |
| 1.2.5.2 | 108.08.31 | 完成移動式三合一水質感測器 50 台製作 | 於 8 月 30 日完成 50 台移動式三合一水質感測器製作，並進行測試驗證，以及建立使用手冊 |
| 2.1.1.1 | 108.12.31 | 完成實場水質感測器布建移機作業 | 11 月已完成 5 台移機，強化新竹市布建監控場域，後續將持續進行實場水質感測器布建移機作業。 |
| 2.1.2.1 | 108.11.30 | 完成 107 年度 100 台水質感測器維運作業 | 於計畫開始日 4 月 2 日至 11 月底，已布建之 100 台水質感測器均正常維運中，並持續維運至計畫結束（12/31）。 |
| 2.2.1.1 | 108.09.30 | 完成 50 台水質感測器實場安裝及軟硬體調校作業 | 於 9 月 30 日完成 50 台固定式三合一水質感測器布建，以及感測器啟動與校正工作。 |

| 查核點 | 預定完成時間 | 查核點內容說明 | 達成情形 |
|---------|-----------|--|--|
| 2.2.2.1 | 108.12.31 | 完成 50 台水質感測器維護及品保品管查核作業 | 50 組新布建水質感測器已持續維護 60 日以上，其有效資料完整率達到 99.24 %，數據品質滿意度 90.3 % |
| 2.2.3.1 | 108.09.30 | 完成 50 台移動式三合一水質感測器移交至縣市環保局或巡守隊 | 於 9 月 30 日完成 50 台移動式三合一水質感測器移交，後續將先對使用人員進行教育訓練，待訓練完畢後再發放給人員使用 |
| 2.3.1 | 108.06.30 | 完成 100 組已布建水質感測器 4~6 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到 > 85 % 之目標 | 100 組已布建水質感測器 4~6 月之有效資料完整率達到 98.22 %，數據品質滿意度 88.5 % |
| 2.3.2 | 108.9.30 | 完成 100 組已布建水質感測器 7~9 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到 > 85 % 之目標 | 100 組已布建水質感測器 7~9 月之有效資料完整率達到 97.59 %，數據品質滿意度 91.3 % |
| 2.3.3 | 108.11.30 | 完成 50 組新布建水質感測器 60 日之有效數據完整率與數據品質滿意度評估 | 50 組新布建水質感測器 60 日之有效資料完整率達到 99.24 % (統計期間 10/1~11/18)，數據品質滿意度 90.3 % |
| 2.3.4 | 108.12.31 | 完成 100 組已布建水質感測器 10~12 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到 > 85 % 之目標 | 100 組已布建水質感測器 10~12 月之有效資料完整率達到 99.54 %，數據品質滿意度 89.6 % |
| 3.1.1 | 108.08.30 | 完成水科技物聯網應用平台 5 場次使用者訪談與改良工作 | 已完成 5 場次訪談工作，訪談對象為環保署監資處、北督，桃園市與新竹市及雲林縣環保局。 |

| 查核點 | 預定完成時間 | 查核點內容說明 | 達成情形 |
|-------|-----------|------------------------------|---|
| 3.1.2 | 108.09.30 | 完成水質物聯網布建維運管理系統 | 已完成感測器紀錄履歷管理模組、感測器狀態異常及檢修管理模組、系統運作儀表及資訊顯示管理模組等模組。 |
| 3.3.1 | 108.07.30 | 完成水質物聯網結合產業與民眾需求之推廣應用規劃報告 | 已完成水質物聯網結合產業與民眾需求之推廣應用規劃報告 |
| 3.4.1 | 108.06.30 | 完成智慧稽查布建維運體系標準作業程序報告 | 已完成智慧稽查布建維運體系標準作業程序報告 |
| 3.4.2 | 108.10.31 | 完成國際水質感測元件及物聯網應用資訊分析規劃報告 | 已完成國際水質感測元件及物聯網應用資訊分析規劃報告 |
| 3.4.3 | 108.11.30 | 完成4項布建維運標準程序修訂版報告 | 已完成4項布建維運標準程序修訂版報告 |
| 3.4.4 | 108.12.31 | 完成協助研提審查地方政府所提水質物聯網感測器布建合辦計畫 | 已完成協助研提審查地方政府所提水質物聯網感測器布建合辦計畫 |
| 4.1 | 108.06.30 | 第一次工作進度報告撰寫 | 已完成第一次工作進度報告 |
| 4.2 | 108.09.30 | 期中報告撰寫 | 已完成期中報告撰寫 |
| 4.3 | 108.11.30 | 期末報告初稿 | 已完成期末報告初稿 |

第二章、研發感測元件及水質感測器

水質自動監測目的在於提供有效、即時及完整之水質特性資訊，以做為廢水自動控制及自動化之用。傳統水質量測設備因直接安置在較為惡劣的水中環境，使量測裝置受到廢水之污染影響，而造成設備維護費用昂貴、清洗不易、雜訊干擾嚴重、監測品質不穩定等問題；另外，多數的水質分析實驗、技術或儀器存在分析時間過長、監測項目有限等問題，無法即時、完整且有效提供擬定控制策略時所需的資料與資訊。有鑑於此，本計畫在水質感測技術部分應用目前較新穎之電化學法與光學分析法為開發基礎，設備最小化則以微型化感測技術為主，開發同時具有「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」特性之廣佈型水質感測技術，以提供未來各單位應用於不同情境水體監測系統之建置。

2.1 研發與精進感測元件

水質自動監測目的在於提供有效、即時及完整之水質特性資訊，以做為廢水自動控制及自動化之用。傳統水質量測設備因直接安置在較為惡劣的水中環境，使量測裝置受到廢水之污染影響，而造成設備維護費用昂貴、清洗不易、雜訊干擾嚴重、監測品質不穩定等問題；另外，多數的水質分析實驗、技術或儀器存在分析時間過長、檢測項目有限等問題，無法即時、完整且有效提供擬定控制策略時所需的資料與資訊。有鑑於此，本計畫在水質感測技術部分應用目前較新穎之電化學法與光學分析法為開發基礎，搭配抽換式無線通訊模組，開發同時具有「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」特性之廣佈型水質感測技術，以提供未來各單位應用於不同情境水體監測系統之建置。本計畫先針對 107 年所開發之 pH、溫度、電導度三合一感測原型模組、重金屬感測模組及抽換式通訊模組做精進，改良重點將著重在新式感測材料可行性、優化電子元件選用、整合電路改進、感測元件晶片化與 NB-IoT 通訊晶片設計等項目為主。另針對餘氯與濁度 2 項水質實用性項目，進行原型機組之研發，並完成實驗室及實際場域測試，提出完整測試分析，以提供未來各單位應用於不同情境水體監測系統之建置。

2.1.1 pH、溫度、導電度三合一感測模組改良

一、工作項說明

本計畫主要建立一酸鹼值、溫度與電導度三合一感測模組，其中酸鹼值感測元件主要以低成本、高穩定性工業化金屬氧化薄膜為感測材料，可對於酸鹼值進行高效能且快速之量測。而電導度感測元件則採用金電極製作，利用金電極化學穩定性，採用二極式電極量測原理，設計兩電極長度，固定其間距，測量其水溶液中電阻值，最後將其轉換為電導單位，則可得水中電導值。溫度感測元件則採用熱敏電阻製作。

107 年開發之酸鹼值、溫度與電導度三合一感測原型模組於現場實際水體監測過程中，發現實際水體量測資料有異常數據產生，量測數據異常上升或突然降低，且部分數據有明顯跳動，呈現量測不穩定，在排除現場感測模組損壞/老化、水樣抽取異常、電路線連接脫落/接觸不良，或者是其他人為破壞，以及現場水體排放異常等問題，確認係為感測模組有異常狀況產生。透過酸鹼值、溫度與電導度三合一感測模組的特性要因圖(如圖 2.1)分析，改良重點將著重在感測材料、電子元件之選用與整合電路之改進。

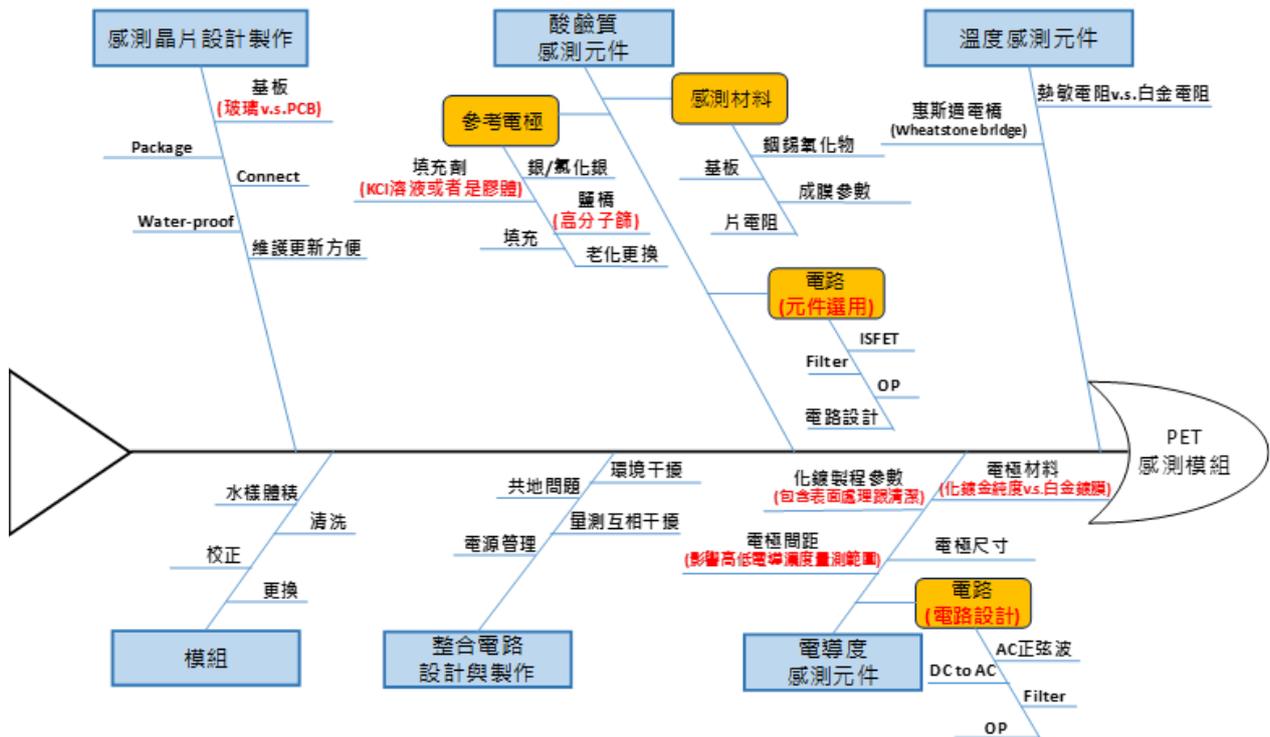


圖 2.1 酸鹼值、溫度與電導度三合一感測模組特性要因圖

二、原理及方法

本計畫主要建立一酸鹼值、溫度與電導度三合一感測模組，分析水溶液中溫度、電導度，以及酸鹼值等水中重要參數，如下圖 2.2 所示。酸鹼值量測主要利用金屬氧化薄膜與酸鹼溶液接觸，吸引氫離子靠近來產生表面電位之介電層，當薄膜表面與溶液間感測到氫離子的濃度差，進而發生介面電位勢改變，促使場效電晶體通道電流 I_d 產生改變。再對應到場效電晶體特性曲線，在固定汲極電壓下 I_d 對應到的 V_g ，由此判別當下閘極電壓大小，來推算不同閘極電壓所代表之 pH 值。隨著待測溶液中氫離子濃度增高，薄膜表面及附近吸附了較多的離子團，使電位提升，反之若同樣的薄膜晶片浸入氫離子濃度較低的待測溶液，表面電位隨之變小。溫度量測則採用熱敏電阻，以惠斯通電橋(Wheatstone Bridge)進行待測水體之溫度量測，而溫度量測之主要目的在於做為酸鹼值與電導度量測校正曲線使用。電導度主要為水中電解質多寡的指標。在固體中電流主

要藉由電子傳導，溶液中則由陰陽離子的改變產生電流的變化，因此在溶液中離子移動的快慢將隨著溫度而變化。溶液的電阻是隨溫度升高而減小，即溶液的濃度固定時，其電導率隨著溫度的升高而增加。主要表示方法為電阻值之倒數，稱為姆歐(mho, S)。

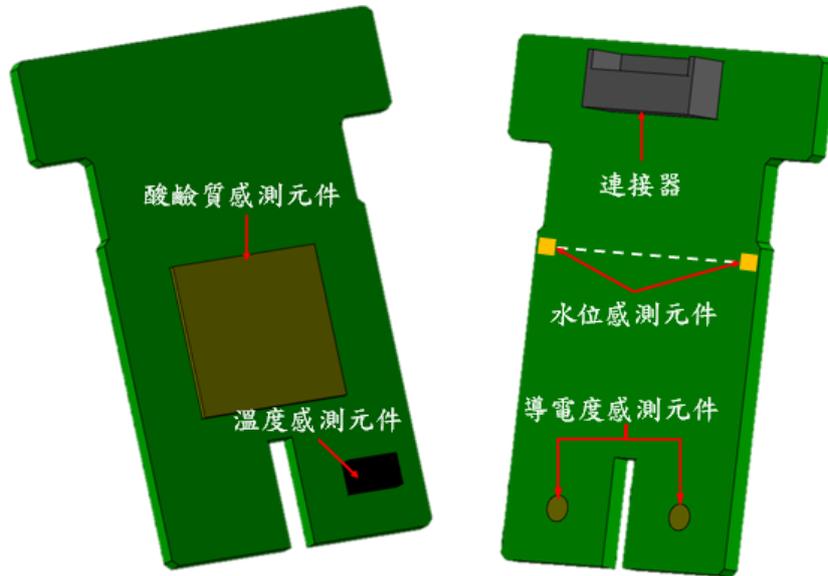


圖 2.2 多功能微型化感測模組

本計畫以印刷電路板(Printed circuit board, PCB)製程技術製作電導度感測電極，酸鹼值及溫度感測元件係採工業用金屬氧化薄膜與熱敏電極進行黏貼焊接完成。主要考量檢測晶片為可拋棄式，為降低成本，選擇的基底材料為印刷電路板。而微型酸鹼值感測電極主要利用金屬氧化薄膜進行黏貼封裝，其低成本、抗酸鹼、導電性佳及高度離子選擇性等優點，使量測更穩定、提升表面電化學轉換效率。又因其為商業製程，可大量生產，使其成為一高效率氫離子檢測前端裝置，對未來大量生產為一大優勢。微型電導度感測電極則是在製程上電鍍金屬層作為電導度感測使用，考慮材料特性須具備熔點高、不易氧化、延展性佳且不易發生化學變化，故選用金金屬製作電導度感測元件。而溫度感測元件則採用負溫度係數 (Negative Temperature Coefficient, NTC)之熱敏電阻製作，每組感測元件均有標定的額定電阻，並將依線性化的近似值，隨溫度而產生反比變化。

依據工作說明中，由酸鹼值、溫度，以及電導度三合一感測模組特性要因圖分析，針對溫度、電導度以及酸鹼值各感測模組定義出主要改良工作項目，如圖 2.3 示。溫度感測元件係採用 NTC 熱敏電阻製作，量測電路則採用惠斯通電橋 (Wheatstone bridge)。而電導度感測元件改良重點則在於電極尺寸與間距的設計，主要在於電導度量測檢量線為非線性，為達到最大量測線性範圍 (250 - 10,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)，除了量測電路利用不同匹配電阻進行切換量測，以及調整交流電正弦的頻率與震幅外，同時針對電極尺寸與間距進行設計，以達到最大的線性量測視窗。

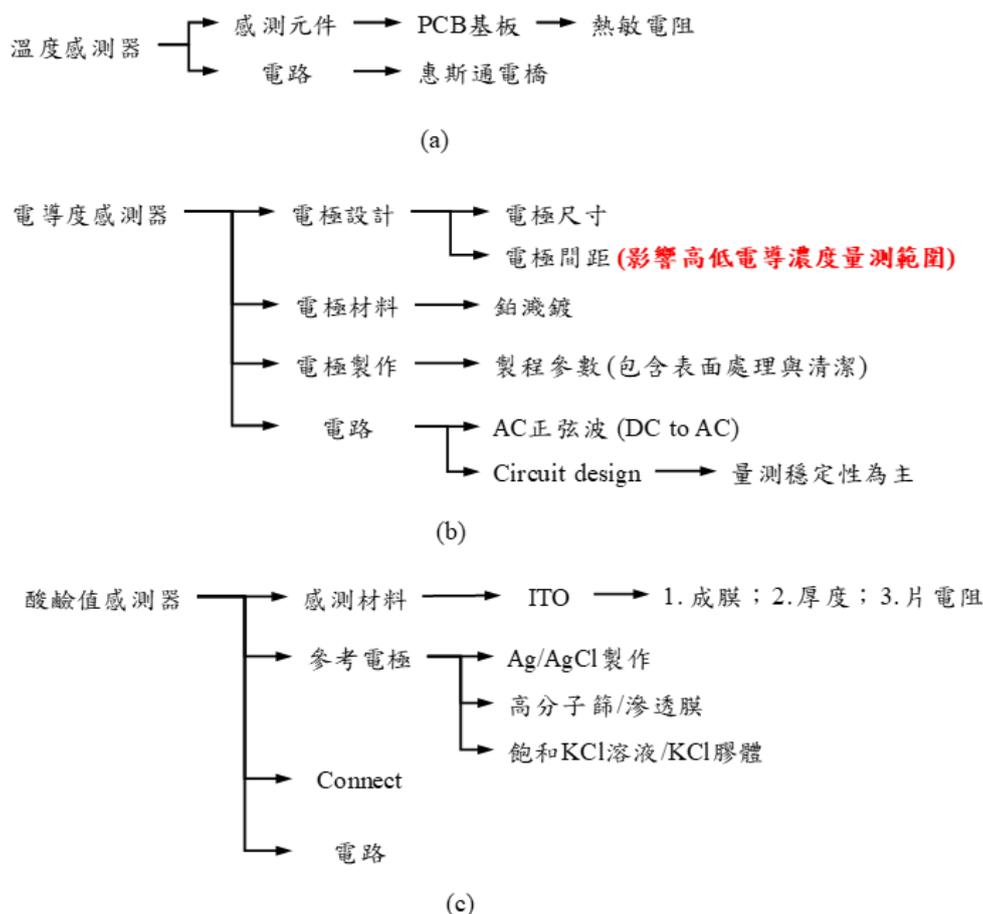


圖 2.3 酸鹼值、溫度，以及電導度三合一感測模組改進項目分析

而酸鹼值感測元件是三合一感測模組改進重點項目，主要工作在於金屬氧化薄膜規格、參考電極，以及量測電路之改良。而目前廣泛應用於環境檢測之離子場效應電晶體是利用電化學電位之變化測試特定物質之濃度，因此須由參考電極提供一個穩定的電位作為電位量測的依據，因此透過對參考電極中的電解液與多孔結合結構進行改進，以對酸鹼值量測提供一穩定之電位。而以金屬氧化薄膜做為氫離子感測材料，會有溶解或者是剝離問題，且水溶液中解離的氧會吸附在金屬氧化薄膜的表面，甚至滲透到金屬氧化薄膜物裡面，導致金屬氧化薄膜表面電位隨時間飄移，影響氫離子的量測，因本計畫將會透過材料特性與感測方式，如片電阻值、金屬氧化薄膜厚度、感測面積，以及負電壓剝除等進行改進測試，以期酸鹼值量測達到一穩定量測值。量測模組電路將以運算 IC 選用，不同驅動電壓區隔、干擾隔離，以及電壓轉換效率提升等方面進行改良。最後感測晶片與量測電路以防水連接線連接，加強訊號隔離，並進行接頭防呆設計。

本計畫酸鹼值、溫度，以及電導度三合一感測模組的偵測極限與精確度，分別為：酸鹼值精確度為 ± 1.0 pH；電導度量測範圍可達 $250 \mu\text{S}/\text{cm} - 10 \text{ mS}/\text{cm}$ ，誤差 $\pm 15\%$ ；溫度精確度為 ± 1.0 °C。

三、目標達成情形

首先針對量測電路部分，對於酸鹼質量測係改善電路量測架構，以增加穩定性，並整合放大電路元件以縮小電路面積；透過改善頻率震盪方式，提高電導度量測電路的穩定性，同樣地為縮小電路面積，量測電路亦整合放大電路元件，同時加入自動調整放大電路功能，用以擴充導電度量測範圍；最後，溫度感測元件則以簡化量測電路架構，減少元件使用數量進行改進。而為阻絕自然環境的頻率干擾，以及各感測模組間的量測雜訊干擾，各感測模組的接地端將各自隔離設計，同時系統加入斷電功能，讓在不進行量測時可以達到省電目的。並且加入水位偵測功能，可以自動感測槽體滿水時間點，以及水體無法取樣時可發送警訊通知。而電路設計與實體如圖 2.4 示。

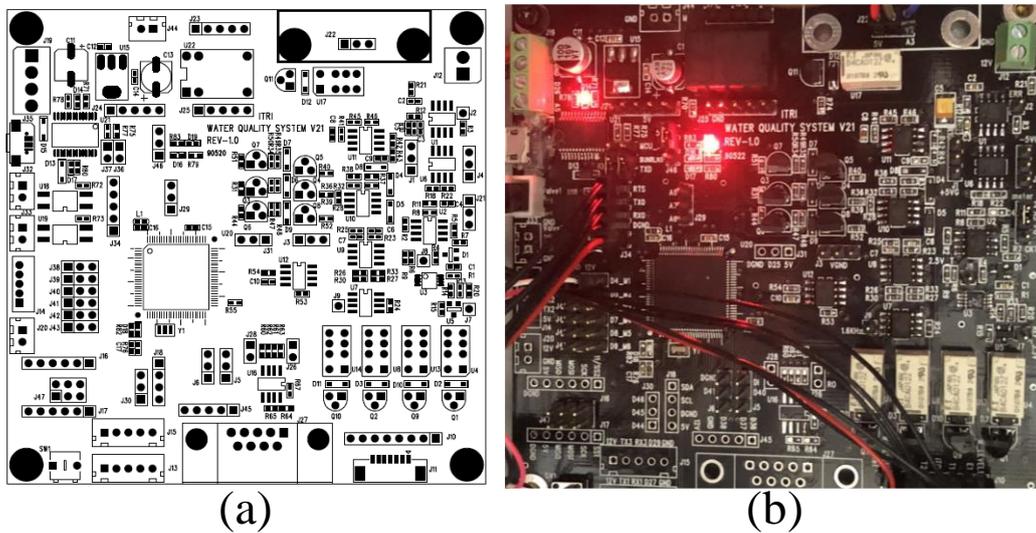


圖 2.4 電路設計與實體圖：(a)電路設計圖。(b)實體圖。

其次針對酸鹼質感測元件進行改善，在上述亦提到酸鹼值量測須透過參考電極提供一個穩定的電位作為電位量測的依據，因此對目前使用的參考電極進行標準電位測試，其測試架設如圖 2.5 所示，由測試結果發現，現階段所使用的參考電極飄移速率 0.69 - 1.82 mV/day，以傳統酸鹼值量測電極靈敏度為 -56 - -61 mV/pH 來估算，最快 16 - 17 天會造成酸鹼值讀值飄移 pH 0.5，而以目前維運規劃，係以兩週進行一次維運，因此參考電極的電壓飄移不致影響酸鹼值穩定性的判讀。同時亦進行不同金屬氧化薄膜面積與厚度之測試，其實驗測試如圖 2.6 所示，測試結果亦顯示金屬氧化薄膜面積與厚度不影響酸鹼值讀值的穩定性。然在測試過程中，亦將檢測液進行感應耦合電漿(Inductively Couple Plasma, ICP)檢測，可解析出部分金屬離子(如表 2.1 所示)，為金屬氧化薄膜產生剝離或者是溶出，造成量測電壓的變化進而影響到酸鹼值讀值，透過實驗驗證分析出造成金屬氧化薄膜剝離或是溶出的原因，主要為鹽酸與磷酸成分所造成。為改善酸鹼讀

值不穩定的因素，勢必將縮短維護時間，也會造成人力成本的增加，因此在固定式水質監測系統中，加入固定時間的自動化清洗以減少有害樣本的殘留繼續加速金屬氧化薄膜的剝離或者是溶出，並於固定時間內進行校正程序，修正量測檢量線的偏移，讓酸鹼讀值能準確穩定。此外，因應不同場域的未知水質可能造成感測器的破壞，產生量測不準確而提供錯誤資訊，在固定式水質監測系統亦加裝傳統式酸鹼值量測電極進行比對，當感測器與傳統電極的量測值連續 3 筆相差超過 1 pH 值，則自動啟動校正程序進行修正，以避免量測值相差過大。

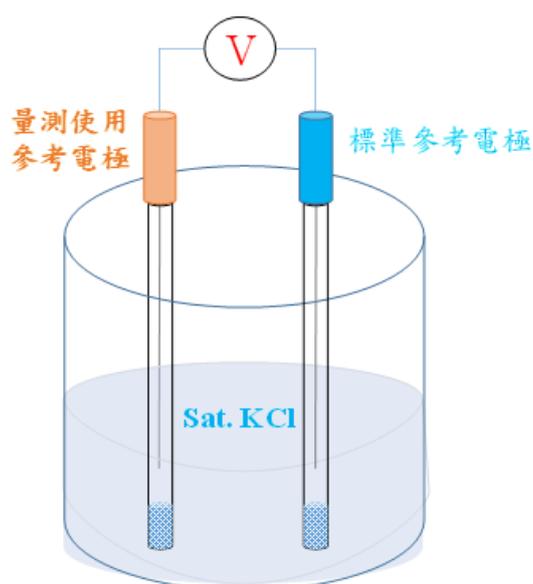


圖 2.5 量測使用參考電極顛壓飄移測試實驗

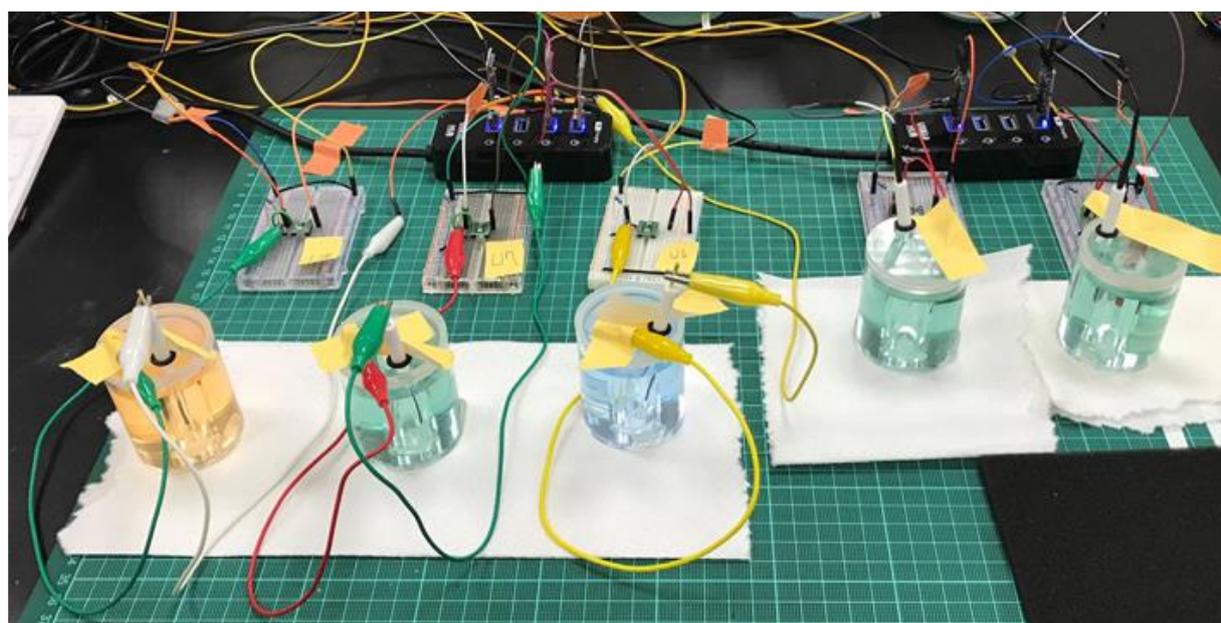


圖 2.6 金屬氧化薄膜面積與厚度對酸鹼值讀值影響測試

表 2.1 檢測液進行感應耦合電漿檢測結果

| 樣品編號 | 試片來源 | 測試水樣 | 測試方式 | 測試天數 | 元素(mg/L) | |
|---------|--------------------------|---------|---------|------|----------|------|
| | | | | | In | Sn |
| sen-100 | 工業金屬氧化薄膜(片電阻：200Ω/□) | pH7標準液 | 不流動連續測試 | 20 | - | - |
| sen-102 | 工業金屬氧化薄膜(片電阻：200Ω/□) | pH7標準液 | 不流動連續測試 | 18 | - | 0.09 |
| G7 | PCB板濺鍍金屬氧化薄膜(片電阻：100Ω/□) | pH7標準液 | 不流動連續測試 | 20 | - | - |
| G9 | PCB板濺鍍金屬氧化薄膜(片電阻：100Ω/□) | pH7標準液 | 不流動連續測試 | 18 | 0.38 | 0.16 |
| chun-2 | 市售金屬氧化薄膜(片電阻：100Ω/□) | pH7標準液 | 不流動連續測試 | 20 | - | - |
| I50-3 | 市售金屬氧化薄膜(片電阻：50Ω/□) | pH7標準液 | 不流動連續測試 | 20 | - | - |
| U1 | 工業金屬氧化薄膜(片電阻：400Ω/□) | pH7標準液 | 不流動連續測試 | 3 | 0.24 | - |
| U9 | 工業金屬氧化薄膜(片電阻：400Ω/□) | pH10標準液 | 不流動連續測試 | 9 | - | 0.04 |
| U10 | 工業金屬氧化薄膜(片電阻：400Ω/□) | pH7標準液 | 不流動連續測試 | 6 | 0.21 | 0.05 |
| U11 | 工業金屬氧化薄膜(片電阻：400Ω/□) | pH4標準液 | 不流動連續測試 | 6 | 0.02 | 0.05 |
| U12 | 工業金屬氧化薄膜(片電阻：400Ω/□) | 自來水 | 不流動連續測試 | 4 | - | 0.01 |

106-107 年電導度感測器之開發，係採用鉑電極進行量測，然考量到印刷電路板製程技術，電導度電極係採用電鍍金來製作，其電導度量測驗正結果與鉑電極相同，因此後續製作將以金電極取代鉑電極。再透過電導度電極面積、尺寸跟間距的不同設計測試可量測最大範圍，最後確認金電極面積為 $1.5 \times 3 \text{ mm}^2$ ，間距為 9.5 mm 。而溫度感測器係採用熱敏電阻製作，透過簡化電路架構，減少元件使用數量，亦可維持量測之準確性與穩定度。而酸鹼值、溫度與電導度之檢量線建立如圖 2.7 所示，酸鹼值檢量線 R^2 大約在 0.978，仍會因感測元件製程的差異而有所不同，因此建議使用前應進行校正，並於固定時間內執行校正流程，以維持量測的準確性；而電導度目前可量測至 $10500 \text{ } \mu\text{S/cm}$ ($R^2 = 0.99$)，後續配合程式控制切換不同電阻進行更高濃度測試驗證，以達到規定的 $10,000 \text{ } \mu\text{S/cm}$ 量測範圍的要求；同時也完成溫度檢量線之建立， R^2 可達 0.99。

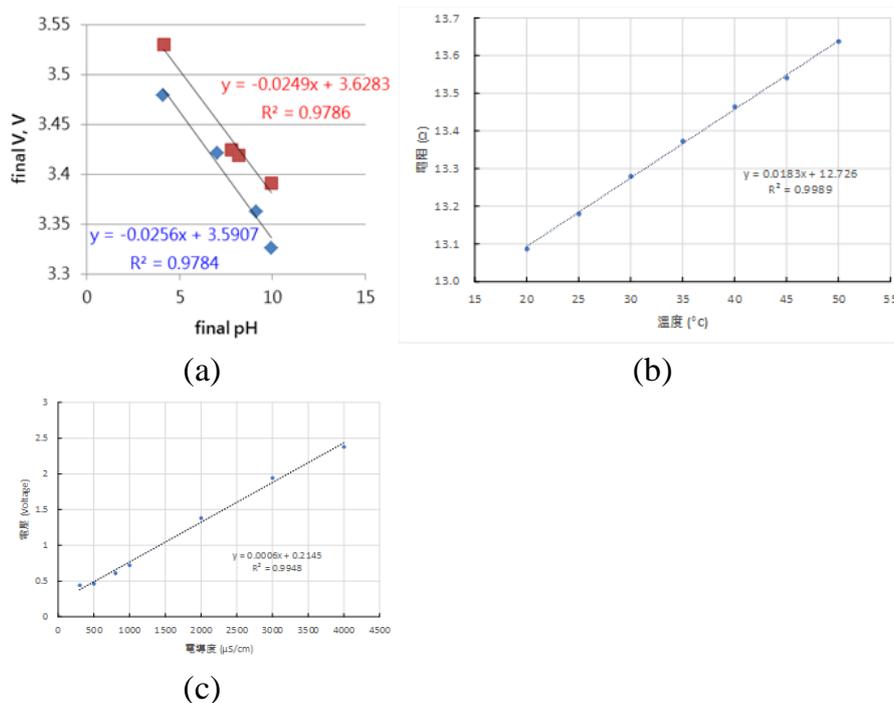


圖 2.7 三合一感測器，其(a)酸鹼值、(b)溫度，以及(c)電導度之檢量線

本計畫為增加維運時間，針對各感測模組及驅動元件進行節電設計，如上述所提及，便是在三合一感測器上設計水位感測器，透過水位感測器來監測檢測槽中的水位高度，當達到量測水位高度後便及時暫停驅動元件，避免驅動元件持續做動耗損電量。而於實場測試驗證過程中發現，雖然有過濾裝置，仍會有更微細顆粒進入檢測槽，在感測器上造成殘留形成電路通道(如圖 2.8 所示)，造成水位計無法監測而使得監測系統異常。因此在水位計量測電極間進行鏤空，如圖 2.9 所示，解決微細顆粒殘留堆積問題，減少監測系統異常情況發生。

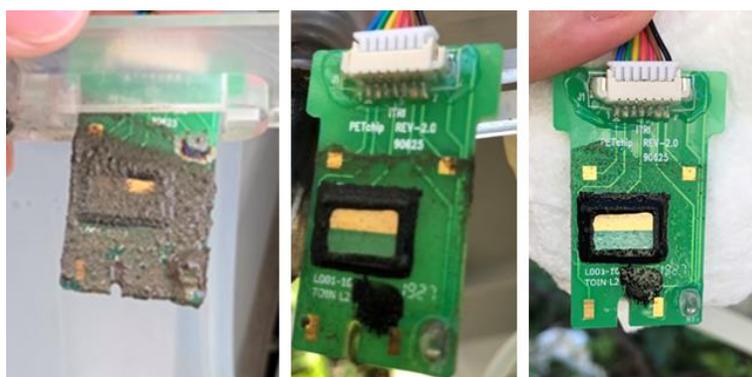


圖 2.8 感測器因微細顆粒殘留堆積造成電路通道

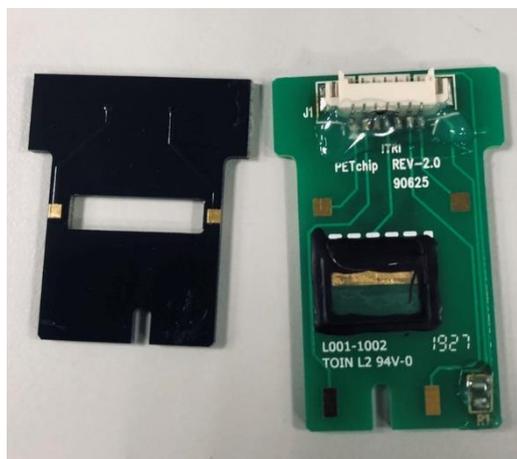


圖 2.9 水位計兩電極間進行鏤空設計

本計畫利用印刷電路板(Printed circuit board, PCB)製程技術製作電導度感測電極，酸鹼值以及溫度感測元件係採工業用金屬氧化薄膜與熱敏電極進行黏貼焊接完成。主要考量檢測晶片為可拋棄式，為降低成本，選擇的基底材料為印刷電路板。而微型酸鹼值感測電極感測主要利用金屬氧化薄膜進行黏貼封裝，其低成本、抗酸鹼、導電性佳及高度離子選擇性等優點，使量測更加穩定、提升表面電化學轉換效率。又因其為商業製程，可大量生產，使其成為一高效率氫離子檢測前端裝置，對未來大量生產為一大優勢。微型電導度感測電極則是在製程上電鍍金屬層作為電導度感測使用，考慮材料特性須具

備熔點高、不易氧化、延展性佳且不易發生化學變化，故選用金金屬來製作電導度感測元件。而溫度感測元件則採用負溫度係數 (Negative Temperature Coefficient, NTC) 之熱敏電阻製作，每組感測元件均具有標定的額定電阻，並將依線性化的近似值，隨溫度而產生反比變化。而透過小量製作進行驗證，並針對各項製程進行改善以期提高產品量率。圖 2.10 所示為 PET 感測晶片的驗收標準，以及小量生產製作，而透過對 PET 感測晶片進行品質檢驗，可確認 PET 感測晶片的製作良率。相同地，PET 感測電路的製作也建立驗收標準，以及品質檢驗查核機制，用以確保電路製作的良率，如圖 2.11 所示。

| PET感測晶片 | |
|---------|---|
| 規格 | <ul style="list-style-type: none"> • 防水：IPX7(低水壓，長時間浸泡) • 溫度量測：自來水水溫量測，誤差$\leq 1^{\circ}\text{C}$ • 電導度量測：量測濃度為$1413\mu\text{S}/\text{cm}$的標準液，誤差$\leq 5\%$ • pH值量測：量測pH4與pH7標準液，$\geq 40\text{mV}/\text{pH}$ |

(a)

| | | 1 st /2 nd Round | | | 3 rd Round | | | 不合格原因 |
|-------|--|--|--------|----------|-----------------------|--------|----------|--------------------------|
| 項目 | 檢測標準 | 不合格數 | 樣品/合格數 | 累積良率 (%) | 不合格數 | 樣品/合格數 | 累積良率 (%) | |
| | | - | 200 | - | - | 200 | | |
| 防水性 | IPX7 | 13 | 187 | 93.5 | 7 | 193 | 96.5 | 短路，無法量測 |
| 溫度量測 | $\leq 1^{\circ}\text{C}$ | 2 | 185 | 92.5 | 1 | 192 | 96.0 | |
| 電導度量測 | $\leq 5\% @ 1413\mu\text{S}/\text{cm}$ | 7 | 178 | 89.0 | 3 | 189 | 94.5 | 1. 電極污穢 |
| pH值量測 | $\geq 40\text{mV}/\text{pH}@ \text{pH4} \& \text{pH7}$ | 33 | 145 | 72.5 | 16 | 173 | 86.5 | 1. 電極接觸不良 2. 金屬氧化薄膜損傷 |
| 合格晶片數 | | | 145 | 72.5 | - | 173 | 86.5 | |

(b)

圖 2.10 PET 感測晶片(a) 驗收標準的建立，以及 (b) 對 PET 感測晶片進行品質檢驗，確認 PET 感測晶片的製作良率。

| PET感測電路 | |
|---------|--|
| 規格 | <ul style="list-style-type: none"> • 防水：IPX7(低水壓，長時間浸泡) • 測試節點電壓量測符合 |

(a)

| | | 1 st /2 nd Round | | | 3 rd Round | | | 不合格原因 |
|--------|-----------|--|--------|----------|-----------------------|--------|----------|----------------------|
| 項目 | 檢測標準 | 不合格數 | 樣品/合格數 | 累積良率 (%) | 不合格數 | 樣品/合格數 | 累積良率 (%) | |
| | | - | 100 | - | - | 50 | - | |
| 防水性 | IPX7 | - | 100 | 100.0 | 1 | 49 | 98.0 | 短路，無法量測 |
| 測試節點電壓 | 各測試節點電壓規定 | 8 | 92 | 92.0 | 2 | 47 | 94.0 | 1. 零件缺錫 2. 電壓不合規定 |
| 合格電路數 | | | 92 | 92.0 | - | 47 | 94.0 | |

(b)

圖 2.11 PET 感測電路(a) 建立 PET 感測電路驗收標準； (b) 進行 PET 感測電路檢驗，確認 PET 感測電路的製程良率。

四、結論與建議

目前透過清洗跟校正程序，以降低金屬氧化薄膜的剝離或者溶出之影響，維持感測器量測的準確性跟穩定性，此外，透過文獻蒐集確認金屬氧化薄膜可經由不同氧化物的摻雜(如圖 2.12 所示)，可提高酸鹼值量測線性度與準確度，以及感測器的使用壽命，進而減少清洗與校正流程之執行，即能維持量測準確性與穩定性外，更能縮小感測器之體積，使其更易於組裝布建。

| Sensitive Material | Sensitivity (mV/pH) | Range | Linearity (%) | Drift (mV/h) | Hysteresis (mV) | Reference Electrode | Sensitive Area | FET Device | Type |
|--|---------------------|----------|---------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------|------|
| ITO | 58 | 2-12 | nr | nr | 9.8 | SCE | 6 mm ² | CD4007UB | P |
| SnO ₂ | 56-58 | 2-12 | nr | nr | nr | SCE | nr | CD4007UB or LF356N | P |
| TiO ₂ | 59.89 | 1.8-12 | 93.50 | 0.041692-2.6007 | 5.3-9 | Ag/AgCl | 1 cm ² | NDP6060L | P |
| V ₂ O ₅ | 58.1 ± 0.8 | 2-10 | nr | nr | nr | nr | nr | CD4007UB | P |
| ITO/PET | 50.1 ± 1.7 | 2-12 | 98.5 | 13.2 | nr | Ag/AgCl | II × 2 ² mm ² | CD4007CN | P |
| ITO/PET | 45.9-52.3 | 2.1-12.1 | 98.3-99.6 | nr | nr | Ag/AgCl | II × 2 ² mm ² | CD4007UB | P |
| SnO ₂ | 59.3 | 2-9.4 | nr | nr | nr | Ag/AgCl | nr | LT1167-LA | P |
| AZO | 57.95 | 1-13 | 99.98 | 1.27 | 4.83 | Ag/AgCl | 2 × 2 mm ² | CD4007UB | A |
| ITO/SiO ₂ /Nb ₂ O ₅ | 59.2 | 3-13 | 99.48 | 2% | 1.83% | Ag/AgCl | 20 × 20 mm ² | IC4007 | P |
| ZnO nano-array | 45 | 4-12 | nr | nr | nr | Ag/AgCl | II × 2.5 ² mm ² | CD4007UB | P |
| SnO ₂ /SiO ₂ /glass | 58 | 1-9 | nr | nr | nr | Ag/AgCl | 1.5 × 1.5 mm ² | LT1167-LA | P |
| SnO ₂ /ITO/PET | 53.8-58.7 | 2-12 | nr | nr | nr | Ag/AgCl | nr | LT1167-LA | P |
| PdO | 62.87 ± 2 | 2-12 | 99.97 | 2.32 | 7.9 | Ag/AgCl | 0.25 cm ² | CD4007UBE | P |
| InGaZnO | 59.5 | 2-10 | 99.7 | 3-9 | nr | Ag/AgCl | nr | CD4007 | P |
| Glass | 55 | 2-12 | nr | nr | nr | nr | nr | CD4007UB | P |
| CNT | 50.9 | 3-13 | 99.78 | nr | nr | nr | 1 × 2 cm ² | nr | P |
| FTO | 54.10 | 2-12 | nr | nr | nr | nr | nr | CD4007UB | P |

圖 2.12 金屬氧化薄膜經由不同摻雜來提高酸鹼值量測線性度與準確度

2.1.2 餘氯感測元件開發

為提升用水安全、預防微生物及細菌滋生，一般水處理流程中常於後段消毒程序以通入氯氣、次氯酸鈉或次氯酸鈣之方式，將氯添加至水中，一般而言，於 pH 值大於 5 之條件下，氯氣溶於水中後多以次氯酸(HClO)或次氯酸根離子(ClO⁻)之形式存在，即為自由餘氯(Free chlorine)，因其具有高度氧化能力，可藉破壞細菌的細胞壁及細胞膜，達殺菌消毒目的，惟考量餘氯濃度過高時對於人體可能產生呼吸道損傷、皮膚灼熱等危害外，亦可能會因消毒副產物如三氯甲烷(THM)的生成，對於接觸或飲用到的生物產生致癌影響，故各國對於自來水中餘氯濃度多訂有範圍標準，其中我國自來水水質標準中之餘氯容許範圍為 0.2 ~ 1.5 mg/L。

爰此，為掌握自來水中餘氯濃度，目前針對餘氯的檢測方法包含比色法(colorimetric method)、碘量法(iodometric titration)、安培法(amperometric)及伏安法(voltammetry)等；其中比色法之精準度較差，且分析結果易被水樣中其他物質干擾，碘量法之操作環境條件較為侷限，亦不適用於餘氯濃度低於 1 mg/L 之水樣，安培法之偵測範圍雖較廣，精準度較高，惟水中如含有氧等電活性物質則會造成量測電流高估，以致偵測誤差，伏安法則因操作簡易、精準度高而被認定為較具優勢之方法，亦適用於現址安裝偵測，雖需緩衝溶液使用以增加靈敏度，但與其他方法相比，偵測範圍及精準度仍具相當優勢，故本計畫以電化學伏安法為原理基礎，開發電化學餘氯感測元件。將針對電化學餘氯分析優選電極材料，並建置餘氯感測

模組，進行實驗室及實地場域測試，其目標餘氯感測範圍於 0.5 - 3.0 mg/L，以下分別說明目前本分項餘氯感測元件開發之執行進度與成果。

一、量測方法

電化學分析方法中，以伏安法最為被廣泛運用，其依不同波形訊號，可分為循環伏安法(Cyclic Voltammetry, CV)、線性掃描伏安法(Linear Sweep Voltammetry, LSV)、方波伏安法(Square Wave Voltammetry, SWV)、及微分脈衝伏安法(Differential Pulse Voltammetry, DPV)。其中，方波伏安法(SWV)常被應用於可逆電化學反應之分析物定量，其原理為對工作電極施加一隨時間變化的梯形電位，如圖 2.13，並運用固定振幅的週期性方形波，紀錄順向脈衝(Forward pulse)及逆向脈衝(Reverse pulse)的末點電流，進而得到兩者相減之淨電流，可降低背景電流值干擾，放大訊號同時提升靈敏度，此外，方波法之優點還包含分析時間短，其掃描速率(Scan rate)為方波頻率(Square wave frequency, Hz)與電位變化(Step height, ΔE)相乘，因此可減少掃描時間快速完成分析。

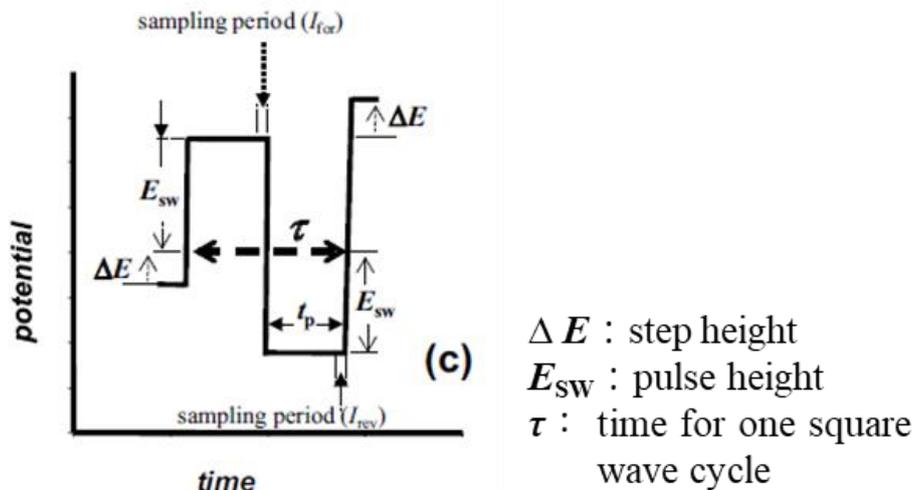


圖 2.13 方波法之電位相對時間圖(Valentin Mirceski, 2018)

氯於酸性水溶液中可以次氯酸及氯離子之形式(如式 1)，一般而言，由於次氯酸解離需較高之 pKa 值，故次氯酸根離子(ClO^-)於酸性條件之溶液環境下可忽略不計(式 2)。此外，Saputro 等人將氯配置於酸性水溶液(pH 5.0)中，測量不同形式存在之氯鹽濃度，並於研究中發現氯與氯離子亦可能再反應形成 Cl_3^- (如圖 2.14)，其中又以次氯酸為最主要。因此，依照相同水溶液條件下，利用方波伏安法測量餘氯濃度，氯(Cl_2)與氯離子(Cl_3^-)之電流訊號則可忽略不計。

當水溶液條件於 pH 5.0 情況下，以方波伏安法感測水中餘氯濃度，次氯酸在特定電位下可被還原為氯離子(式 3)，因此將依照不同濃度次氯酸還原所產生之電流值大小，得知水溶液中所含餘氯濃度。

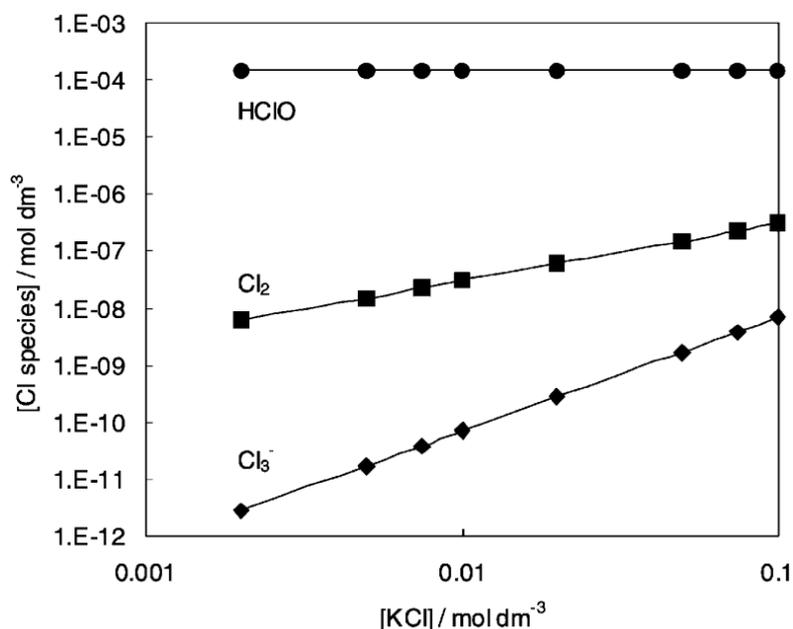
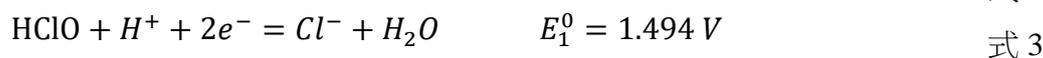
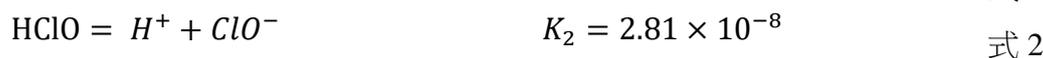
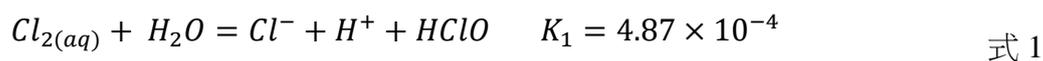


圖 2.14 氯於 pH 5.0 溶液中所測得各物種濃度

此外，當水溶液條件於偏酸(pH < 5.5)之條件下，次氯酸亦可於特定電位下被氧化成氯酸鹽(ClO_3^-)(式 4)，故亦有文獻利用此氧化特性，依照不同濃度次氯酸被氧化時所產生之電流值差異，分辨水溶液中餘氯之濃度(圖 2.15)(Fumihiko Kodera et., al, 2005)。

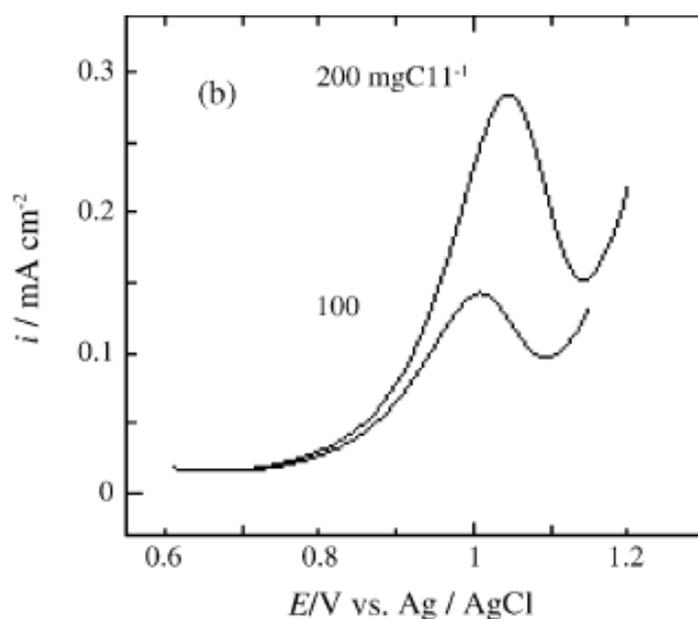


圖 2.15 同濃度之次氯酸於 pH 5.5 溶液中氧化產生之電流訊號(微分脈衝伏安法)

二、感測電極材料評估

首先針對文獻常用之餘氯感測電極材料進行蒐集，如表 2.2 所示，其中噴墨印刷銀電極與碳黑電極屬拋棄式電極，其雖具有量產製程快速、成本低廉、方便攜帶及靈敏度佳之特性，且偵測範圍涵蓋本計畫之餘氯檢測濃度，惟其穩定性不足故使用壽命較短，較不適用長期環境水體監測之用途。

將硼摻雜於鑽石電極之摻硼鑽石電極(Boron-doped diamond electrode, BDD)，除因電位掃描範圍廣可避免水中溶氧干擾外，亦具有背景電流低、靈敏度高及穩定性佳之特性，且其對於水中溶氧之靈敏度相當低，故於偵測餘氯時較不受溶氧干擾，惟摻硼鑽石電極之製程技術門檻較高故價格昂貴，應用範圍與金、白金電極電極相比具有差異，亦不常使用於市售水質感測器中，如需廣泛使用於環境水體監測具有困難。

白金(Pt)為一般於電化學分析常用之電極材料，然而白金電極須經由拋光及電化學活化等前處理步驟，因此，亦有研究選用金電極(Au)，除可免除工作電極使用上之前處理步驟外，其擁有較高的氧氣還原過電位，並可大幅減少次氯酸鹽與氧氣還原訊號重疊的情況，提升餘氯濃度偵測之敏感性，圖 2.16 所示，亦可避免電極表面於含氧條件下產生之鈍化作用；因此，本計畫將優先選用金為電極材料，探討於方波伏安法下之反應電位、反應時間及 pH 之最佳操作參數，同時亦進行白金電極作為餘氯感測電極之試驗，以比較兩電極材料之適用性。

表 2.2 電化學餘氯感測電極材料

| 工作電極 | 線性範圍 (mg/L) | 偵測極限 (mg/L) | 電化學分析方法 |
|---|----------------|----------------|--|
| 噴墨印刷銀電極 ^[1] | 1 - 100 | 0.4 | 線性掃描伏安法 電位掃描範圍: 0.1 ~ -1.1 V vs Ag/AgCl |
| 拋棄式碳黑電極 ^[2] | 0.05 - 200 | 0.01 | 安培法 提供電位: -0.1 V vs Ag/AgCl |
| 金電極 ^[3] | 1 - 5 | 0.04 | 微分脈衝伏安法 電位掃描範圍: 0.825 ~ -0.275 V vs Ag/AgCl |
| 白金電極 ^[4] | 4 - 400 | 1 | 微分脈衝伏安法 電位掃描範圍: 0.6 ~ 1.2 V vs Ag/AgCl |
| 摻硼鑽石電極 ^[5] | 1 - 2 | 0.08 | 安培法 提供電位: 1.1 V vs Ag/AgCl |
| <p>[1] Journal of Electroanalytical Chemistry 756 (2015) 171-178 [2] Talanta 189 (2018) 262-267 [3] Electroanalysis 22 (2010) 2765-2768 [4] Analytica Chimica Acta 537 (2005) 293-298 [5] Journal of Electroanalytical Chemistry 612 (2008) 29-36</p> | | | |

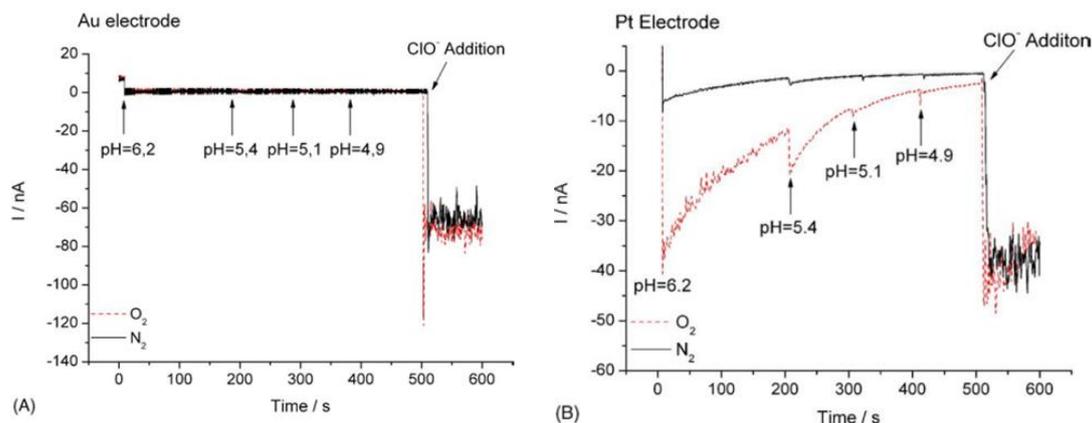


圖 2.16 pH 及溶氧對金與白金電極之訊號影響

三、金電極感測條件評估

根據文獻蒐集並確立電極材料後，本計畫首先針對金電極感測水中餘氯濃度之條件進行評估，包含緩衝溶液、餘氯還原電位及掃描速率等，分別說明如下。

- 緩衝溶液：依據前述式 1 及式 2 所示，於溶液環境為酸性($\text{pH} < 5.5$)之條件下，水中餘氯主要為以次氯酸(HOCl)之形式存在，可透過在特定電位下還原次氯酸所產生之電流值大小，得知水溶液中所含餘氯濃度，爰此，本計畫使用 0.1 M 之醋酸緩衝溶液(Acetate buffer solution, Honeywell)，其 pH 值約為 4.6 ，作為建立餘氯標準品檢量線之背景溶液；此外，為增加溶液導電性，於試驗進行中將於背景緩衝溶液中添加氯化鉀(KCl)作為輔助電解質(supporting electrolyte)，並探討於不同濃度的氯化鉀添加下，餘氯的感測結果差異。
- 掃描速率：依據前述說明，方波伏安法之掃描速率為方波頻率與電位變化之乘積，於相同電位變化之條件下，頻率越大則掃描速率越快，分析時間即越短，惟可能導致背景雜訊之增加；爰此，本計畫初步將方波法之電位變化(ΔE)設定為 -0.4 V ，探討掃描速率於 20 mV/s 及 40 mV/s 時，即方波頻率分別為 5 Hz 及 10 Hz 之條件下，對於餘氯還原產生電流之影響。
- 餘氯還原電位：Saputro 等人以金作為工作電極，採用微分脈衝伏安法進行水中餘氯濃度之量測，其掃描電位窗範圍為 $+0.825 \sim -0.275 \text{ V}$ ，次氯酸還原成氯離子之電位約在 $+0.5 \text{ V}$ 左右，惟考量依據相關文獻顯示，水中溶氧的還原電位約為 -0.1 V ，為儘量減少背景電流之干擾，本計畫初步將掃描電位窗範圍設定至 $+0.6 \sim 0 \text{ V}$ ，以觀察餘氯之還原電位。

綜上，首先固定 KCl 濃度為 0.01 M 及方波振幅(E_{sw})為 45 mV ，以方波頻率分別為 5 Hz 及 10 Hz 之條件下進行餘氯濃度為 0 及 1 mg/L 之感測，電流量測結果如圖 2.17 所

示，當設定頻率較低(5 Hz)時，量測圖譜之峰值位置較為明顯，背景干擾與頻率為 10 Hz 時相比較低；隨後採固定方波頻率為 5 Hz，針對不同 KCl 濃度對於餘氯感測訊號之影響進行探討，如圖 2.18 所示，將 KCl 濃度從 0.01 M 提升至 0.05 M 時，背景電流有下降趨勢，當餘氯濃度為零時，峰值電流從 9.33 μA 下降至 6.9 μA ，此外，提升輔助電解質 KCl 之濃度，亦可增加感測不同餘氯濃度時，回饋電流訊號之變化量，有助於提升感測器之靈敏度。

進一步採用上述評估結果，於方波頻率為 5 Hz，KCl 濃度為 0.05 M 之條件下，建立餘氯標準品檢量線，本計畫針對環境水體之餘氯感測目標為 0.5 至 3.0 mg/L，惟考量我國自來水對於餘氯容許範圍為 0.2 ~ 1.5 mg/L，本計畫擬將餘氯感測目標範圍進行擴充，針對 0.25 ~ 3 mg/L 建立標準品檢量線，如圖 2.19 所示，R-square 值可達 0.98，後續將持續針對此條件進行餘氯感測再現性測試，並爰此進行實際水樣中餘氯濃度之量測，據以建立感測模組之製備與應用條件。

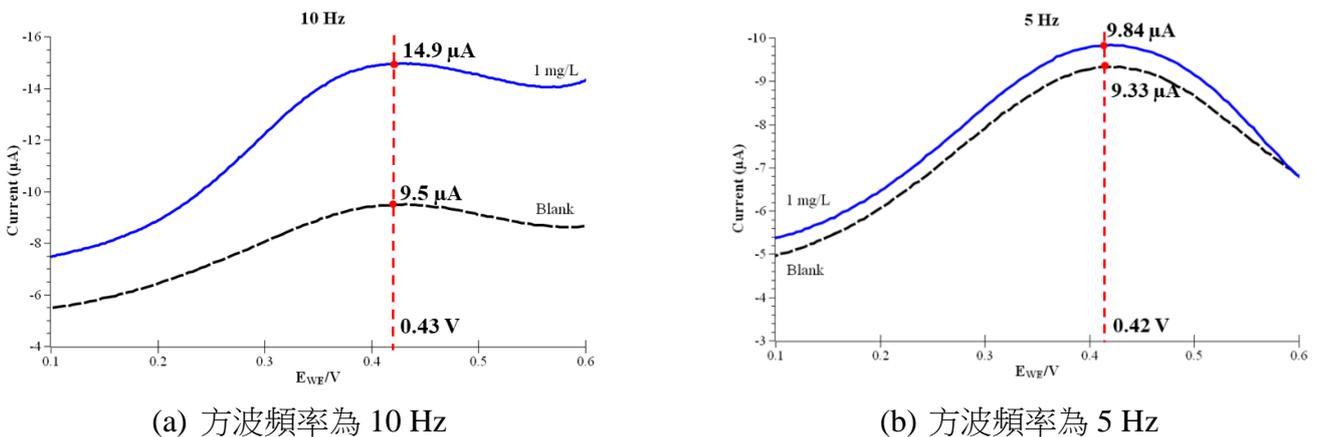


圖 2.17 方波頻率對於餘氯感測訊號之影響

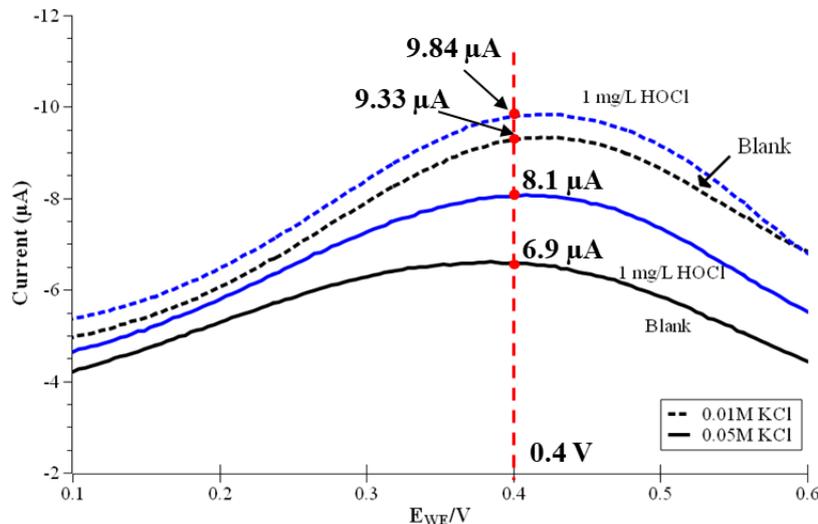


圖 2.18 KCl 濃度對於餘氯感測訊號之影響

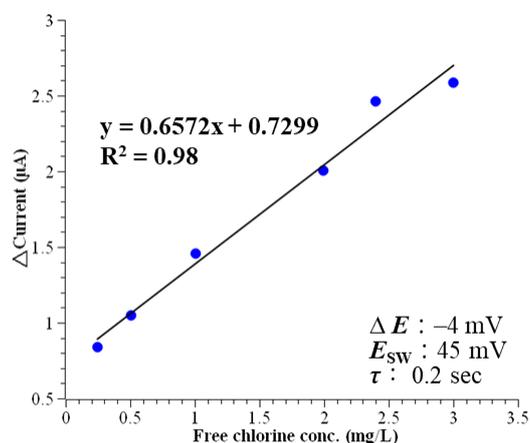


圖 2.19 餘氯感測標準品檢量線-金電極

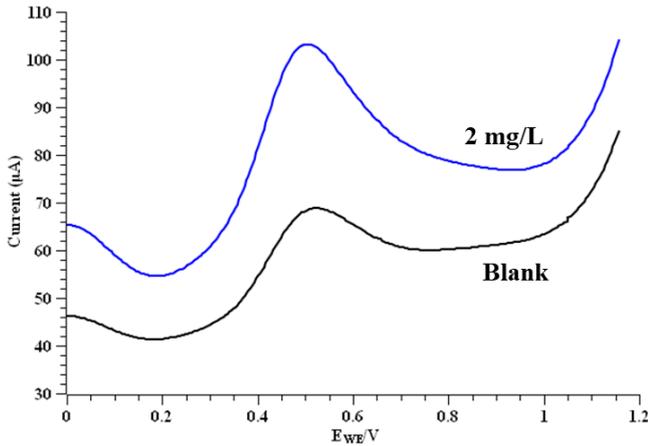
四、白金電極感測條件評估

參考金電極之感測條件，本計畫接著針對白金電極感測水中餘氯濃度之試驗情形進行評估，包含緩衝溶液、餘氯氧化電位及其他感測條件等，分別說明如下。

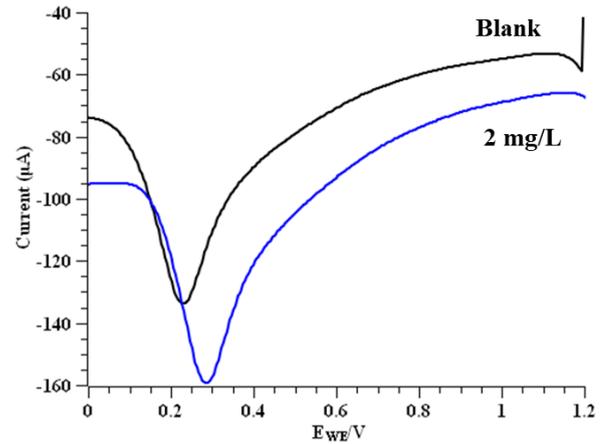
緩衝溶液：依據前述式 4 所示，於溶液環境為酸性(pH < 5.5)之條件下，水中餘氯主要為以次氯酸(HOCl)之形式存在，可透過在特定電位下氧化次氯酸成氯酸鹽所產生之電流值大小，得知水溶液中所含餘氯濃度，爰此，本計畫亦使用醋酸緩衝溶液(Acetate buffer solution, Honeywell)作為白金電極感測之背景溶液，惟考量白金電極之靈敏度與金電極相比稍低，且較易受溶液中其他物質干擾，故本計畫於進行白金電極之感測試驗時，將醋酸緩衝溶液濃度從 0.1 M 提升至 0.5 M (pH 值約為 4.62)，增加背景溶液之穩定性，且並不額外添加氯化鉀(KCl)作為輔助電解質。

餘氯氧化電位：Fumihiro 等人以白金作為工作電極，以 0.1 M 之 NaClO₄ 溶液作為背景溶液，採用微分脈衝伏安法進行水中餘氯濃度之量測，其掃描電位窗範圍為 +0.6 ~ +1.2 V，次氯酸還原成氯離子之電位約在 +1.1 V 左右，可偵測餘氯濃度為 4 至 400 mg/L(Cl⁻)；本計畫先將電位至 -0.1 V 掃描至 1.2 V，以觀察圖譜峰值，如圖 2. 20(a)所示，顯示以 0.5 M 醋酸緩衝溶液作為背景溶液時，電位窗掃描至約 0.5 V 時具明顯氧化峰，超過 1.0 V 時則可能有副反應即電解水之情形產生，電流有持續上升情形；此外，考量白金電極本身的還原反應，其表面可能產生物質沉積，為避免靈敏度下降，爰每次進行電化學分析後，需將白金電極進行逆反應清洗，即將電位由 1.2 V 回掃至 -0.1 V，如圖 2. 20(b)所示，以降低感測誤差。

掃描速率：於進行白金電極感測水中餘氯之試驗，方波伏安法之參數初步設定與金電極試驗相同，即電位變化(ΔE)設定為 -0.4 V，掃描速率為 20 mV/s，方波頻率為 5 Hz，此外固定方波振幅(E_{sw})為 38 mV。



(a) 白金電極氧化餘氯圖譜



(b) 白金電極還原餘氯圖譜

圖 2.20 白金電極餘氯感測電化學圖譜

綜上，初步針對白金電極，於上述條件下建立餘氯標準品檢量線，比照金電極之餘氯感測範圍，針對 0.25 ~ 3.0 mg/L 建立標準品檢量線，如圖 2.21 所示，R-square 值達 0.95，惟採用白金作為電極材料，其背景電流值較金電極高，如圖 2.22 所示，金電極量測空白水樣之波峰電流僅約 6.9 μA ，而白金電極則為 68.9 μA ，約為金電極之 10 倍，故於後續進行實際水樣中餘氯濃度之量測時，可能較易被水樣中其他物質干擾，以致於波峰電流值不穩定之情形，故本計畫仍優先以金作為工作電極材料。

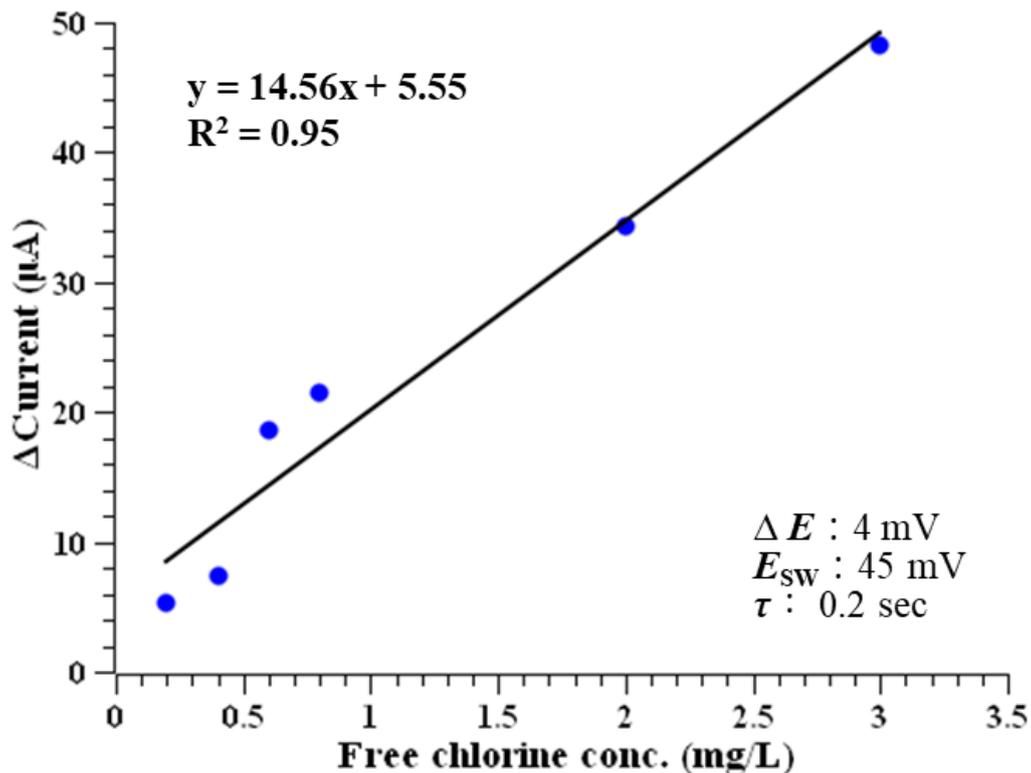


圖 2.21 餘氯感測標準品檢量線-白金電極

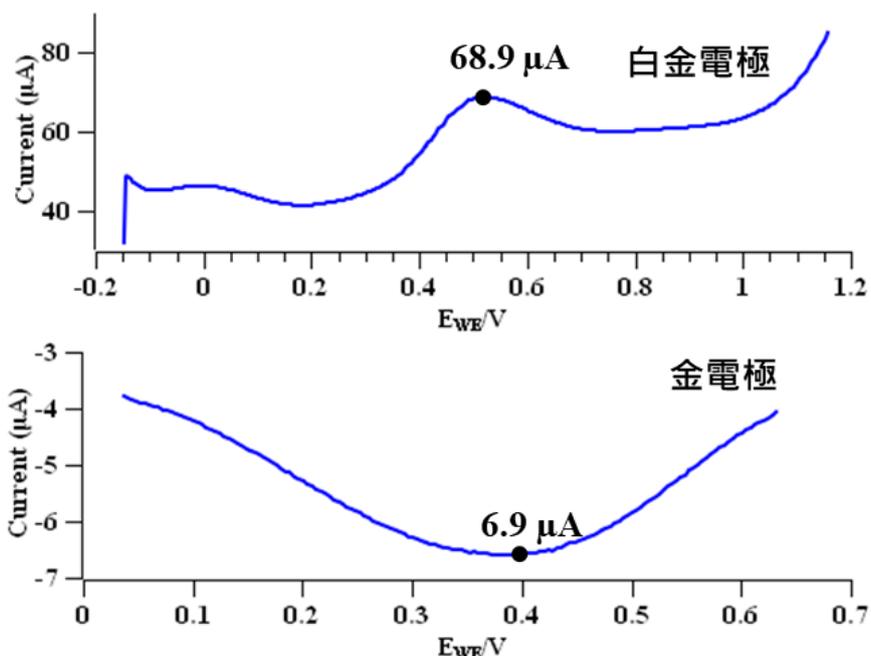


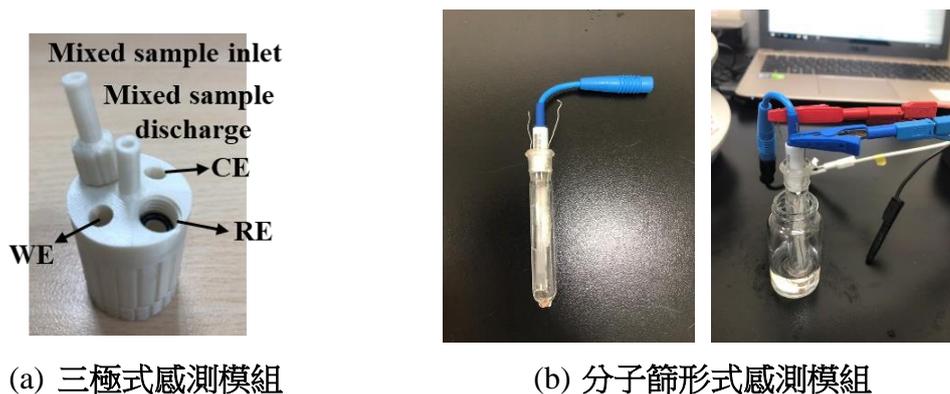
圖 2.22 白金電極與金電極之空白水樣感測圖譜

五、感測電極模組製作

完成電極感測條件確立後，進一步進行感測模組之設計及製作，初步規劃之模組包含兩種方案，一即為傳統之三極式感測模組(圖 2.23(a))，二為分子篩形式感測模組(圖 2.23(b))，茲就兩者之差異比較說明於表 2.3，其中分子篩形式感測模組，水樣中之餘氯為透過分子篩擴散至內部緩衝溶液中，其雖具有補充緩衝溶液頻率較短之優點，惟餘氯擴散至緩衝溶液需一定時間，故分析時間會較三極式電極感測模組為長；此外，因分子篩形式之模組，其緩衝溶液並非每次分析完皆會更換，故部分殘留餘氯會累積於管內，為避免下次分析時造成感測誤差，其背景電流需較頻繁進行校正，以確認管內之緩衝溶液更換時機。

不同於分子篩形式感測模組之操作方式，採用三極式電極感測模組時，水樣及緩衝溶液混和後會直接注入模組進行電化學感測分析，分析時間較短，惟每次分析完需將模組進行自動清洗程序，以避免前批水樣之餘氯累積，但同時因其清洗頻率較長，故可減少背景電流之校正頻率，較適合用於環境水質之長期布建監測，且本計畫規劃設計之模組體積小，水樣及緩衝液體積各僅需 0.3 mL，綜合兩種感測模組之操作便利性及實際應用性，本計畫擬優先採用三極式電極感測模組，進行後續實際水樣驗證，並與電路板結合成餘氯電化學分析技術平台。

此外，為避免待測水樣因混合不均，對於電化學感測上可能產生誤差，本計畫另設計製作一微流道混合槽(圖 2.24)，用於混合水樣及緩衝溶液，藉由增長水樣及緩衝溶液之混合路徑，提高待測水樣之均勻度。



(a) 三極式感測模組

(b) 分子篩形式感測模組

圖 2.23 餘氯感測模組形式



圖 2.24 水樣及緩衝溶液之微流道混合槽

表 2.3 餘氯感測模組形式比較表

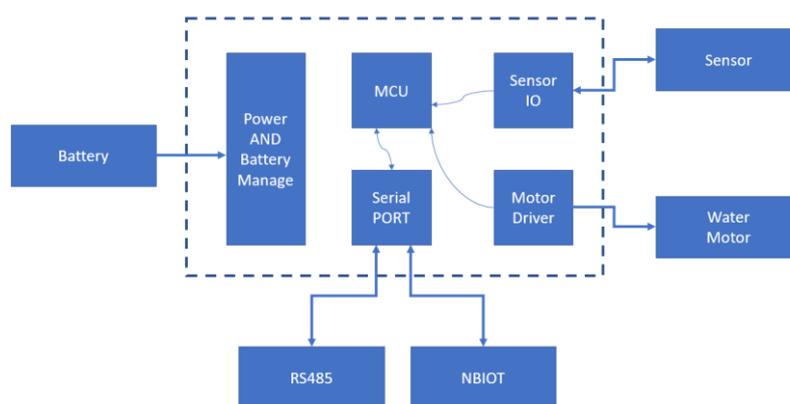
| | 三極式電極感測模組 | 分子篩形式感測模組 |
|--------|----------------------|--------------------------------|
| 緩衝液補充 | 每次分析皆須補充新的緩衝液 | 管內緩衝液需定期更換 |
| 分析時間 | 較短，水樣與緩衝液注入混和後即可進行分析 | 較長，餘氯經由分子篩擴散至管內需一定時間(1~2 分鐘) |
| 水樣體積 | 較少，水樣及緩衝液體積各僅需 0.3mL | 較多，水樣及緩衝液體積約分別需 5mL 及 0.5mL |
| 背景電流校正 | 僅需定期校正 | 因部分餘氯會累積於管內，校正頻率需較高以確認背景電流干擾情形 |

六、建立餘氯電化學分析技術平台

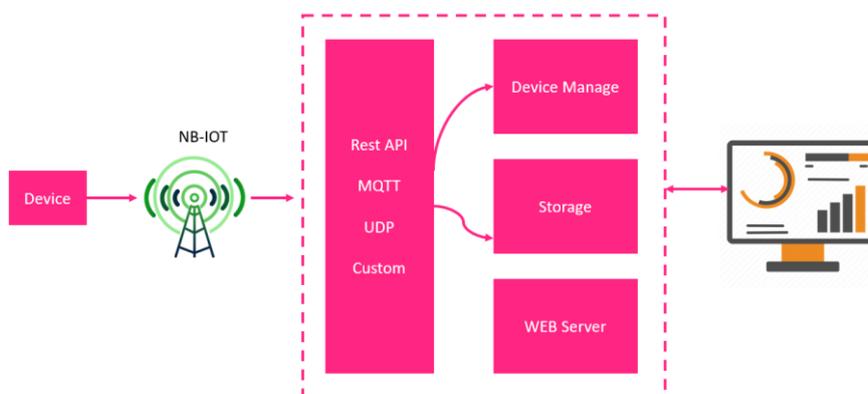
完成感測模組及微流道混合槽製作後，進一步與電路板結合以建立電化學分析技術平台，電路板如圖 2.25 所示，可分為工作板(左)及通訊板(右)，工作板之控制邏輯如圖 2.26(a)，主要工作包含電源供應、電池低電壓偵測、馬達驅動、透過供給電壓及讀取電流施行電化學操作流程，其量測資訊則藉由通訊板，即 NB-IOT 模組進行資料傳輸，透過 4G LTE NB-IOT 傳送至雲端進行量測數據讀取、計算及儲存，其功能如圖 2.26(b)，另可增加 GPS 定位功能，於進行實際場域監測時，同時記錄該場域座標位置，方便進行資訊整合及運用。



圖 2.25 電化學分析技術平台之電路板



(a) 工作板之控制邏輯及功能



(b) 通訊板之資料傳輸功能

圖 2.26 工作板及電路板功能說明

電化學分析技術平台完成後，接著針對本技術平台建立其適用之餘氯感測檢量線，為模擬本技術平台之實際應用情形，參考前述針對金電極之電化學感測環境，即醋酸緩衝溶液濃度為 0.1 M、KCl 濃度為 0.05 M 之條件，於建立電化學分析技術平台檢量線時，本計畫首先於 0.2 M 之醋酸緩衝溶液中，配置 0.1 M 之 KCl，接著採用去離子水為基底，配置 0.2 ~ 3.0 mg/L 之餘氯標準溶液，最後混合相同體積之緩衝溶液及餘氯標準

溶液，使餘氯樣本之感測環境與上述相同，最後將混合液流入感測模組中，啟動電路板進行電化學感測。

待電化學反應完成後，即可從雲端平台讀取電流值，如圖 2.27 所示，雲端紀錄之數據，包含方波法之逆向脈衝末點電流(L)、順向脈衝末點電流(H)及兩者相減之淨電流(D)，透過紀錄各餘氯標準溶液之淨電流波峰值，即可建立本餘氯電化學分析技術平台之檢量線，如圖 2.28，檢量線濃度線性範圍為 0.2 ~ 1.5 mg/L，惟因應用時，待測水樣與緩衝溶液以相同體積量混合後進行感測，故本技術平台實際可感測之餘氯濃度範圍為 0.2 ~ 3.0 mg/L。

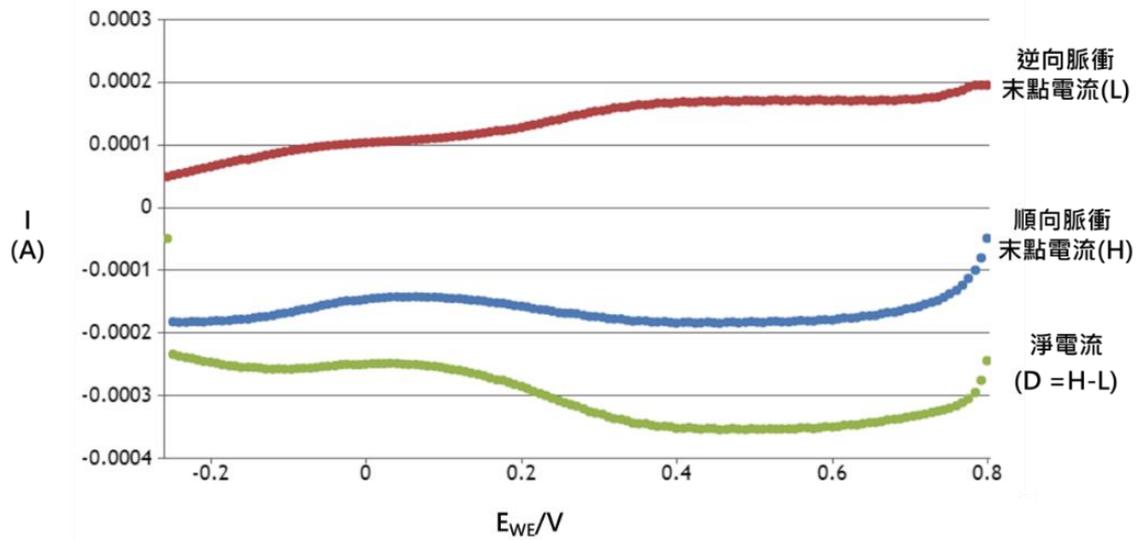


圖 2.27 工作板及電路板功能說明

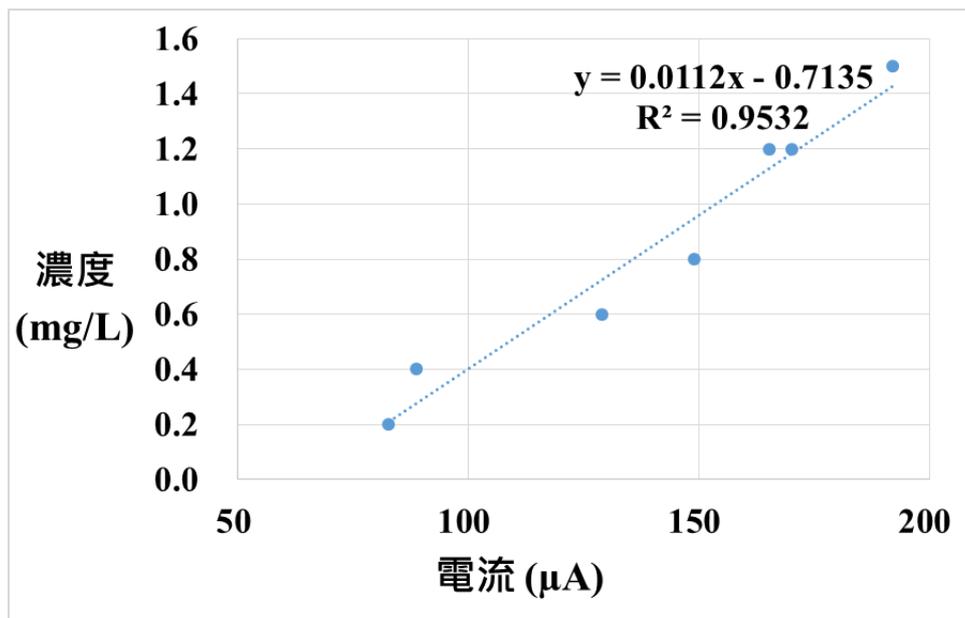


圖 2.28 餘氯電化學分析技術平台檢量線

七、實際水樣測試

考量餘氯電化學分析技術平台之應用情境，多為民生用水之餘氯濃度監測，用於感測水中之餘氯添加量是否足夠或有偏高情形，故為評估本技術平台於此情境下之適用性，本計畫進一步進行以下兩種實際水樣測試及評估。

(一) 自來水添加 1 mg/L 餘氯

於此項試驗中，本計畫以自來水為背景溶液，配置 1 mg/L 之餘氯溶液，與相同體積之緩衝溶液混合後，進行電化學感測試驗，預期將淨電流之波峰值帶入圖 2. 28 之檢量線，換算之餘氯濃度應為 0.5 mg/L 左右，感測結果如表 2. 4 所示，進行三重複試驗後，平均感測餘氯濃度為 0.53 mg/L，與預期之 0.5 mg/L 相比有些微偏高情形，惟考量自來水中原本及可能含有微量之餘氯濃度，本誤差尚屬可接受範圍，另三次測量之波峰電流值差異不大，顯示本技術於實際應用上相當具穩定性。

表 2.4 餘氯感測模組形式比較表

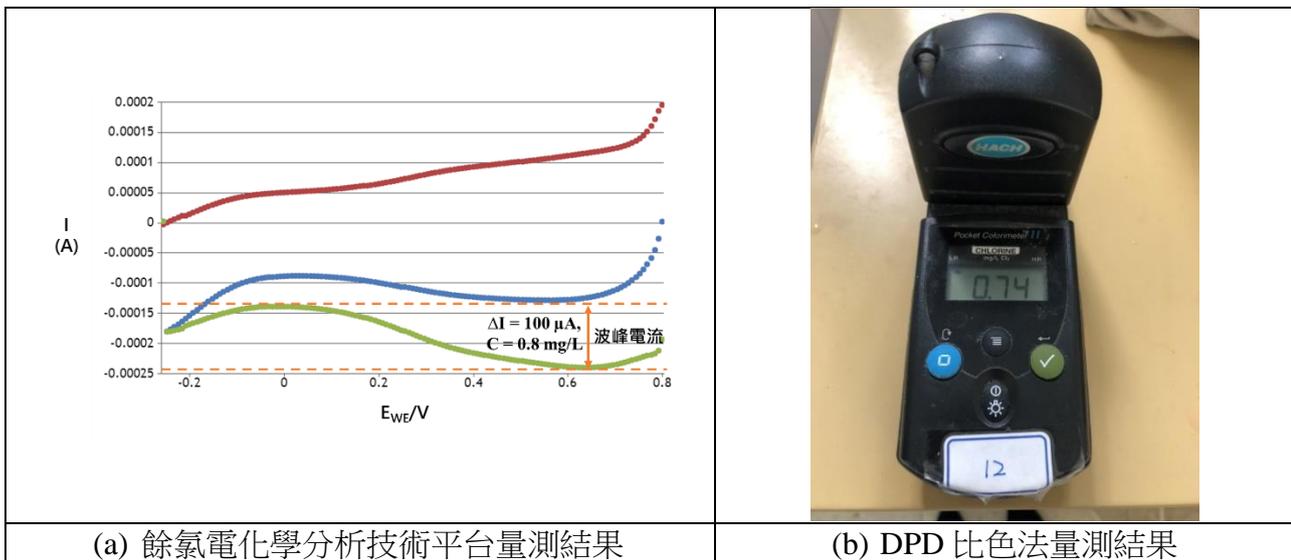
| 測試水樣編號 | 淨電流波峰值 (μA) | 換算餘氯濃度 (mg/L) | 誤差百分比 ^[1] (%) |
|-------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| 1 | 109.12 | 0.51 | 2% |
| 2 | 112.67 | 0.55 | 10% |
| 3 | 111.61 | 0.54 | 8% |
| 平均值 | 111.1 | 0.53 | 6% |
| 註 1：與 0.5 mg/L 相比 | | | |

(二) 自來水廠產水餘氯濃度感測試驗

上述試驗完成後，本計畫進一步與台灣自來水公司第三區管理處聯繫，以本電化學分析技術平台量測新竹第一淨水場產水之餘氯濃度，並與現場 DPD 比色法之檢測結果進行比對，採樣水源為淨水場清水，如圖 2. 29，雲端數據讀取如圖 2. 30(a)，扣除背景值後之波峰電流值約為 101 μA ，帶入圖 2. 28 之檢量線公式進行計算，再回乘 2 倍稀釋倍數，得出本技術平台感測之清水餘氯濃度約為 0.8 mg/L，與 DPD 比色法之量測結果則為 0.74 mg/L (圖 2. 30 (b))，誤差百分比約為 8%，且依據自來水廠操作人員經驗，當水質分析儀器誤差 $\pm 15\%$ 為可接受範圍。因此，本計畫所開發電化學餘氯感測模組應用於自來水廠餘氯即時監測具有相當可行性。



圖 2.29 餘氯電化學分析技術平台實際水樣測試水源



(a) 餘氯電化學分析技術平台量測結果

(b) DPD 比色法量測結果

圖 2.30 餘氯電化學分析技術平台實際水樣測試結果

2.1.3 濁度感測元件開發

目前即時水質監測技術之研究方法有光學頻譜分析量測、Software sensor、人工智慧及統計等技術。其中利用光譜分析量測之技術具有靈敏、準確、快速、降低干擾、可微量取樣及全系統分析等多種優點，可取代多數水質分析實驗與傳統接觸式量測設備，以減輕分析時間過長與設備維護費用昂貴等問題。光譜分析量測技術運用於廢水水質檢測中，大多以紫外光/可見光/近紅外光區段分光為普遍運用之方法，可量測之水質項目包括化學需氧量、總有機碳、硝酸鹽類、總氮、金屬錯合物、懸浮固體物與濁度等，運用範圍廣泛。

關於光譜分析量測技術運用於廢水水質檢測中，將污染物與光學頻譜特性結合，建立其

廢水指紋資料庫，以光學頻譜量測監控廢水之各種污染物如：有機物、懸浮微粒與重金屬等，並與標準方法之結果比對，發展一套可同時分析水中多種成分與其濃度之方法，稱之水質多成分定性定量演算法。因此，本工作項目之主要目的是利用光學頻譜分析技術開發可應用於正常原水(0 - 500 NTU)及自來水清水(0 - 40 NTU)之多成分定性定量演算法，並以此為基礎完成可即時感測水中濁度之微型濁度光學感測模組，以達到即時自動監測水質的目標。

一、濁度水質光學特性之建立

針對待測之場域廢水中可能之成分進行分類與分析，建立各種水質光學頻譜特性，其內容包含界定水質分量測項目、界定各種成分光學頻譜特性及建立各種成分交互關係，做為多成分定性與定量演算法之基礎。本計畫依實際場域水質量測之需求訂定水質分量測項目，並配製標準品及掃描其吸收/散射光譜建立其光譜特性資料庫，並探討其各種成分是否有交互關係存在，其主要建置內容如下：

(一) 訂定水質分量測項目

水質濁度即水的外觀的一種指標，當水中含有粘土、細泥、有機和無機膠體、或浮游生物等會懸浮在水中的物質時，它會將經過的光線折射或反射，當含量較多時，水看起來就會污濁。濁度的單位是 NTU (nephelometric turbidity unit)，當 1 公升的水中含有 1 毫克(mg)的二氧化矽(SiO_2)時，此時水樣的渾濁程度稱為 1 NTU 或 1 度。為符合飲用者對自來水外觀的需求，「飲用水水質標準」的濁度最大限值是 2 NTU；雖然很多造成濁度的粒子是無害的，但它會保護細菌免受消毒劑的摧毀，如果濁度超過標準，亦被視為淨水和供水管理不夠完善，必須立即加以改善以確保飲用者的安全。現今常用的濁度分析為「散射比濁測定法」，簡單而言就是量測「光線通過水樣時受到阻礙」的程度，也就是比較「水樣」和「標準參考濁度懸浮液」受到特定光照之後，兩者所產生的散射光強度，散射光強度較大者，其濁度較大。因此，本計畫針對自來水重要之污染參數-濁度做為量測項目，進行本計畫自動光學水質監測裝置之主要量測項目。

(二) 界定濁度之光學頻譜特性

根據訂定量測之水質項目，其標準品之選用一方面考量其成分特性及代表性，另一方面亦可與環保署環檢所之檢驗方法做比對。因此，本計畫以 Formazin 標準濁度懸浮液作為量測之標準品，其在成分特性上都較為穩定，可建立單一成分之光譜特性，以界定其成分之吸收/散射波段、特徵波長及吸光/散射係數，以做為後續多成分演算法之基礎。

(三) 建立各種成分交互關係

廢水中不同成分及組成之吸收/散射度是否影響整體吸收/散射光譜，造成各成分在演算無法準確定性及定量，本計畫亦探討其各種成分交互關係、各種成分互相影響程度、干擾程度，以避免在演算或量測時造成濃度高估與低估之情況。

二、廢水水質多成分定性定量演算法建立

廢水多成分演算之分析程序，其為利用全波段掃描之吸收與散射光譜，經過資料前處理及雜訊剔除，再根據所建置之光譜特性資料庫中，分別建立不同成分之吸收與散射光譜特性，依序定性及定量出廢水水質成分。多成分演算法之分析程序主要分為光譜資料前處理、多成分定性演算法及多成分定量演算法三個部分，其建立流程如圖 2.31 所示，下面就依各程序步驟做說明。

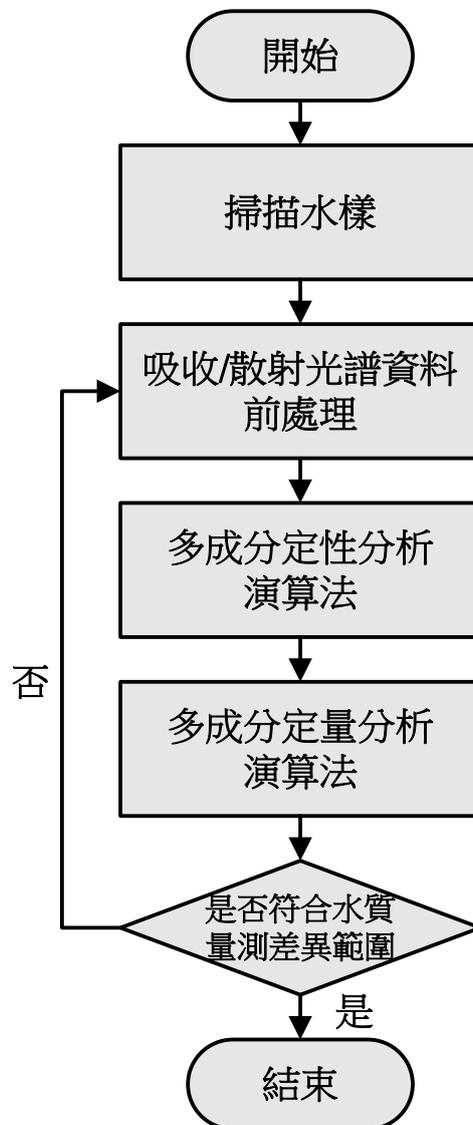


圖 2.31 多成分定性定量演算法分析程序流程圖

(一) 光譜資料前處理

在進入多成分定性及定量分析演算程序之前，對於掃描水質所得之吸收或散射光譜需訂定其資料分析之範圍值，進一步去除雜訊以選取較有意義之光譜資料做為後續演算法計算之依據。因此，選取資料上限時根據 Beer-Lambert 定律經驗計算公式，所得之吸光/散射度其值若為 2 以上，代表其物質成分所吸光/散射光強度之程度在於 99% 至 100% 間，其吸光/散射光差異值只在於 1% 以下，是故設定吸光/散射度 2 為吸收/散射光譜資料上限值，以做為資料前處理之依據；而選取資料下限值，往往取決於儀器偵測之靈敏度而定，因此於本計畫所使用儀器之偵測極限為 0.001，是故設定吸光/散射度 0.001 為光譜資料下限值，以做為資料前處理之依據。

(二) 多成分定性分析演算法

針對不同成分其吸收/散射波段亦不同，而多成分定性分析法分析即為利用全波段掃描之吸收/散射光譜，比對所建置之水質光譜特性資料，由長波長至短波長依序檢視其吸光度以推估水樣中存在水質成分，並計算其初步推估濃度，以定性出水樣之成分。多成分定性演算流程與程序如圖 2.32 所示。

(三) 多成分定量分析演算法

多成分定量分析演算法主要根據多成分定性之結果，利用其初步推估之濃度進一步推估水樣各成分之濃度。其演算法首先需根據所建置之光譜特性資料庫，判斷水樣各種成分目間是否存在交互影響關係，在各種成分無干擾之下可依多成分定量分析程序，以線性規劃與扣除濃度方法推估成分之濃度；若在各種成分間有交互影響關係存在，必需還原其造成之吸光度，再以同樣之演算程序推估水樣之成分濃度，多成分定量演算流程與程序如圖 2.33 所示。

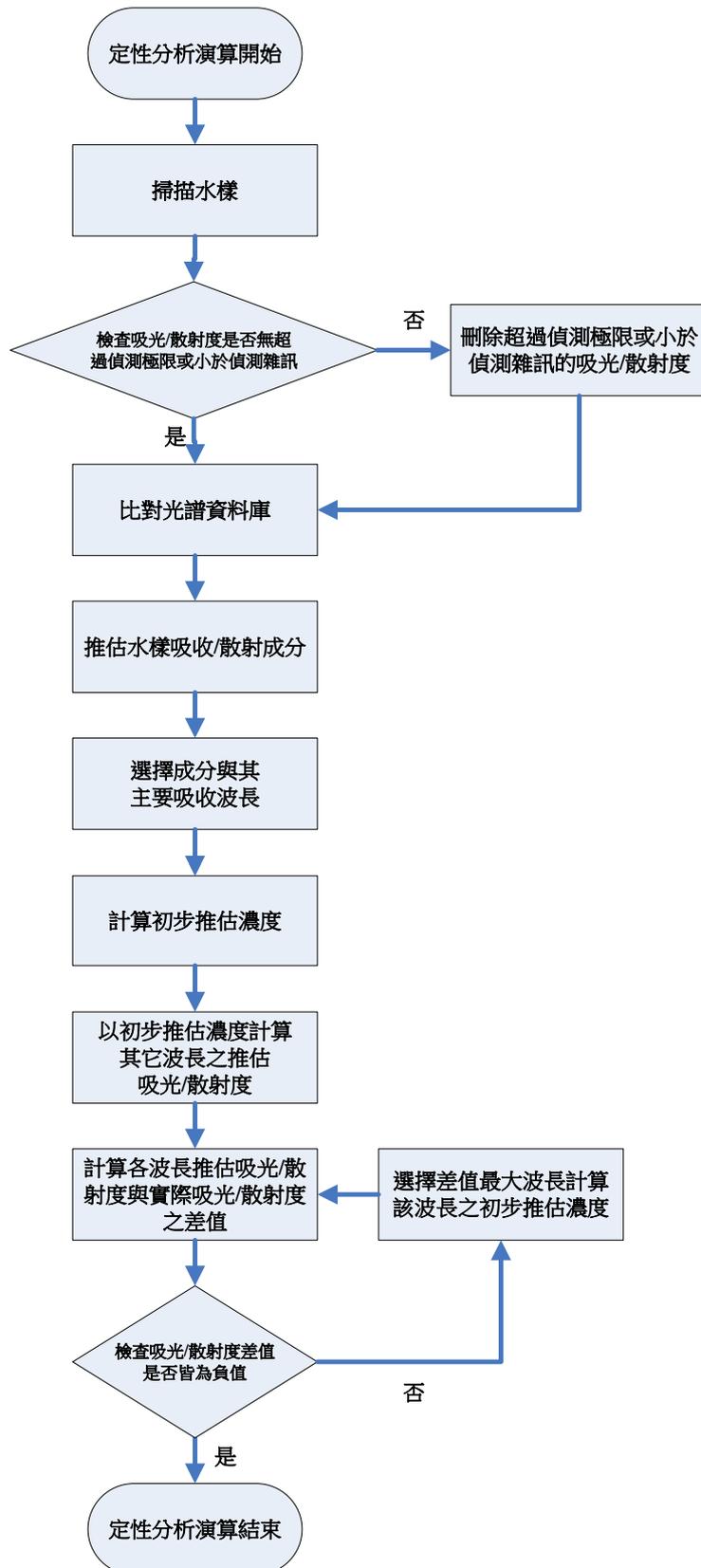


圖 2.32 多成分定性分析演算法流程圖

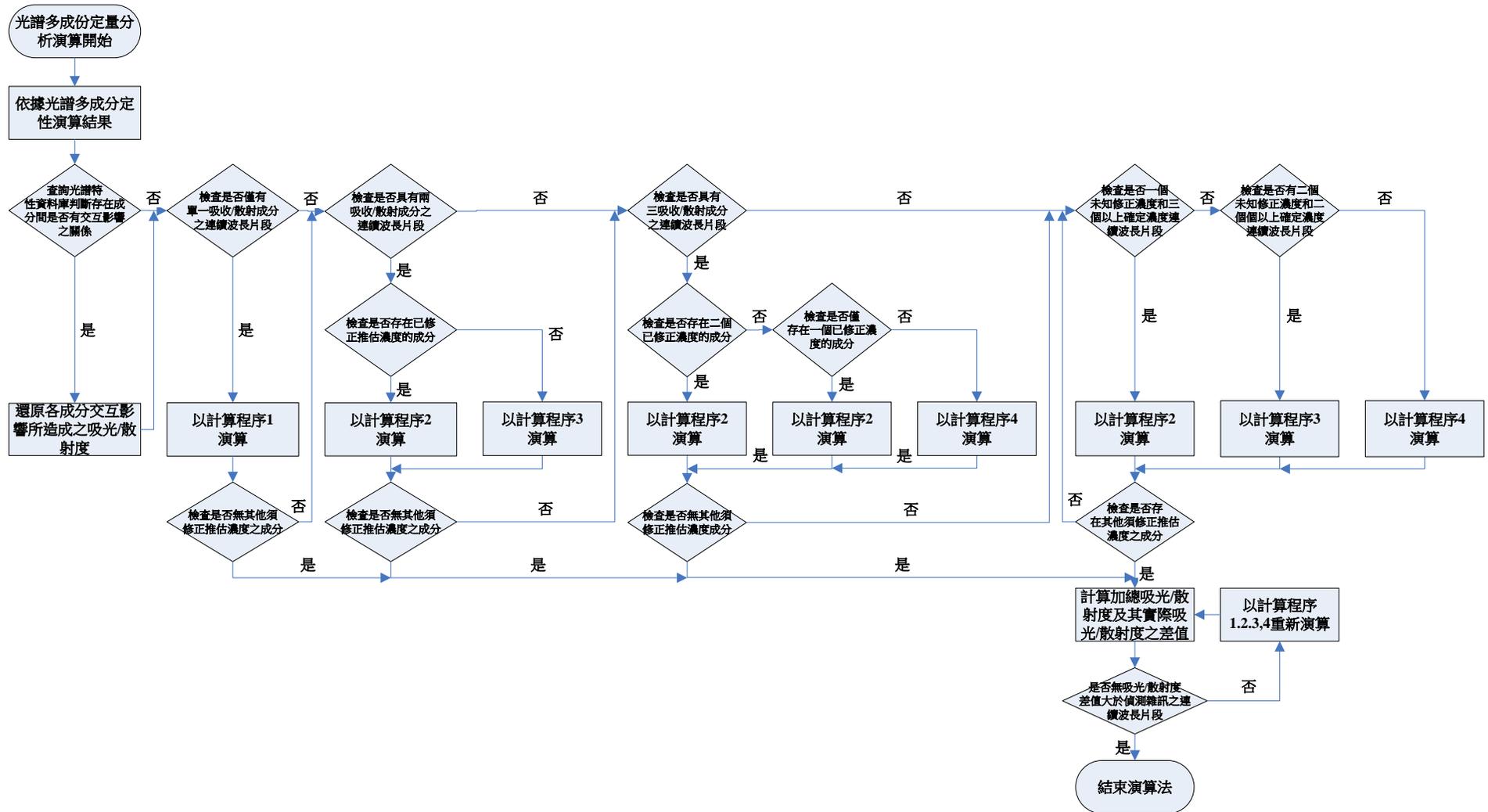


圖 2.33 多成分定量演算法程序流程圖

三、濁度推估模式建立步驟

本計畫將利用正常原水及自來水清水分別建立光譜資料庫，定義主要吸收/散射波長後，分別利用統計方式建立演算模式，同時針對欲建立演算法之特定場域，定義其濁度之貢獻度，來開發完整濁度推估模式，推估模式建立步驟如圖 2.34 所示，並將主要工作敘述如下：

- (一) 場域水質光譜資料庫建立：分別針對場域之水樣，掃瞄其濁度之吸收與散射光譜資料，並建立光譜資料庫。
- (二) 干擾物質資料庫與演算方式建立：利用前述多成分定性與定量演算法建立場域干擾物質之特徵波長與演算扣除模式。
- (三) **Model Turbidity** 推估模式建立：利用定性分析推估出之濁度特徵波長與大量水樣建立之吸光/散射資料庫，藉由統計方式同步考慮干擾物質之貢獻度後，建立濁度之推估模式-**Model Turbidity**，以推估真實水樣之濁度。
- (四) 實場濁度濃度推估：以實際濃度與推估濃度作為比對，平均誤差是否符合在期望值內，檢驗所建置 **model** 的可靠性。若不符合誤差範圍內，就必須重新修正演算法的建立，直到結果之平均誤差低於期望值。

四、微型濁度感測元件構思與設計

目前國內濁度測定方法係以行政院環保署公告之標準方法（方法代號：NIEA W219.52C），應用散射原理測定水中之濁度，藉由光線通過水體後被水中懸浮物質散射，設備於與入射光呈 90 度之位置量測散射光強度，散射光強度愈大水樣濁度則愈高，濁度計原理示意圖如圖 2.35 所示。另外，國際標準方法（ISO 7027）濁度測定之作法亦是量測水樣中懸浮物質散射之散射光計算懸浮物質的濃度，以光電二極體接收散射光，產生電氣訊號，再利用計算式轉換為濁度。目前 ISO 7027 已有開發之硬體技術為 **Arduino** 處理器配合 **LED** 元件。

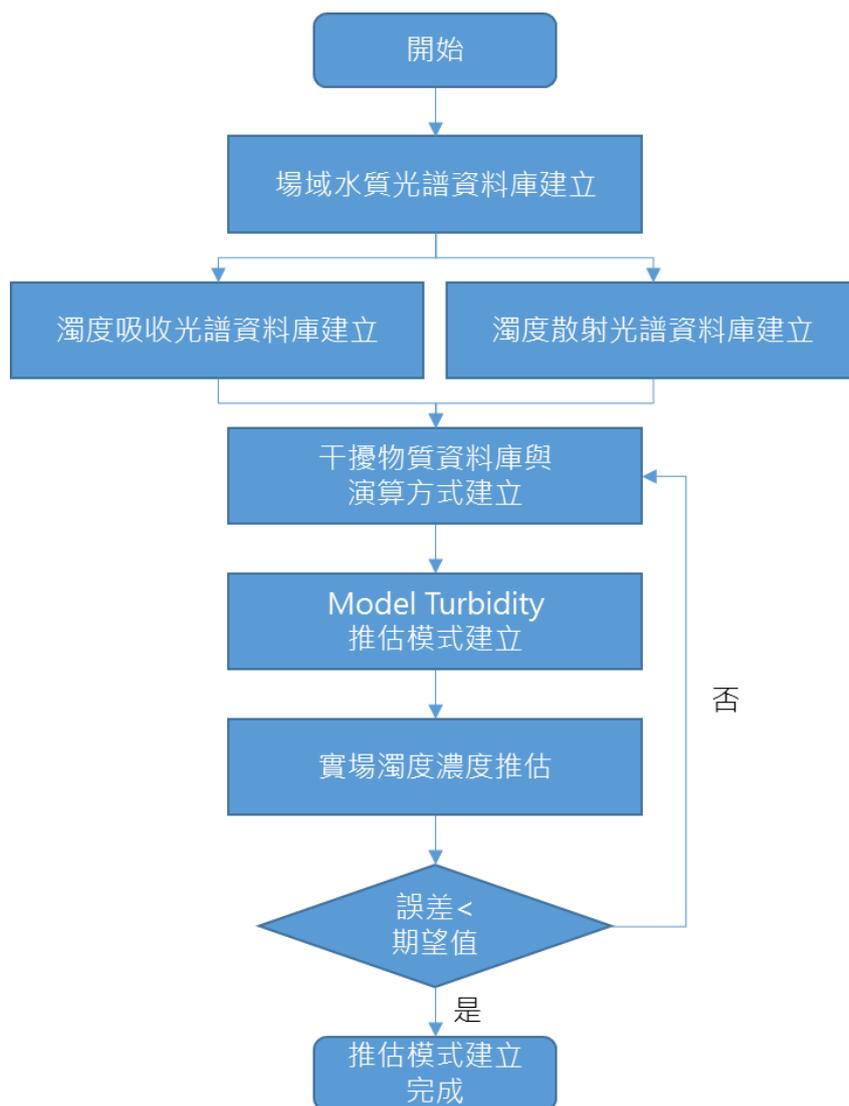


圖 2.34 濁度推估模式建立步驟流程圖

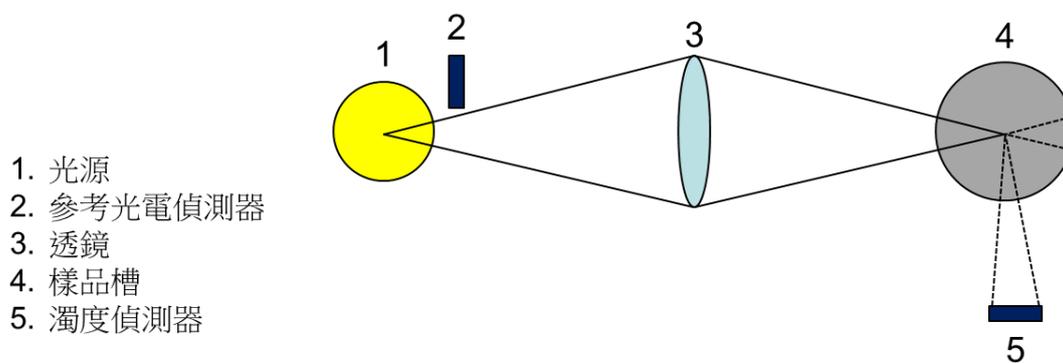


圖 2.35 濁度計原理示意圖

本計畫研發濁度感測原理初步構思係以國內標準方法（NIEA W219.52C）與國際標準方法（USEPA 180.1 與 ISO 7027）做為參考方向，選用 LED 作為光源，同時檢測吸收光與散射光之強度，吸收光強度愈大濁度愈低；散射光強度愈大濁度愈高，利用吸收光與散射光之電氣訊號強度作為建立濁度演算之條件，並配置 Reference 作為 LED 光源衰退迴歸之依據，提高濁度檢測之準確率，其微型濁度感測元件初步構思如下圖 2.36 所示。

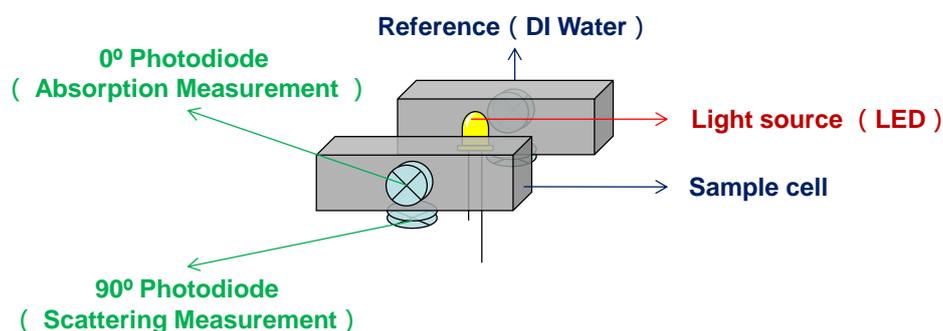


圖 2.36 微型濁度感測元件初步設計圖

因應未來大量布建之需求，在濁度感測元件的設計理念中，需考量低成本、低耗能、易維護等三大因素，另外，微型濁度感測元件之光學設計影響因子包含：光源種類與型式之選用、光徑設計、光電二極體選用與定位、光柵濾光之配置、光路規劃、模型大小等，下述說明各項濁度可行性研究配合微型濁度感測元件硬體設計之三大進程：

(一) 光源種類與型式之選用

濁度光譜特性可行性研究，其利用全光譜儀量測各場域之水質，整合各場域濁度之吸收與散射光譜資料庫，配合演算法建立濁度之推估模式-Model Turbidity。藉由該項可行性研究之結果作為 LED 光源（VIS 400 - 600 nm 以及 NIR 750 nm 以上）波段選用之依據。

(二) 光徑設計

高低濁度之吸收與散射光可行性研究，以 Formazin 標準濁度懸浮液製備高低濃度濁度標準品，並於不同光徑之情形，量測吸收光與散射光強度，利用該項可行性研究結果選用較適用之光徑設計。

(三) 系統設計

系統設計需綜合考量：光柵濾光配置、光電二極體定位、光路規劃、模型大小以及電路開發等，其中 LED 利用 pulse-mode 驅動 modulation，驅動方式應搭配 0 度與 90 度光電二極體讀取吸收與散射光之電器訊號，大幅降低雜訊的攝入，僅擷取與 LED 驅動有關頻率的訊號，進而提升整體的訊號雜訊比 (SNR)，而光源方面則是應用石英微型半球透鏡將光束壓縮至 4 mm 之直徑提升檢測效率，搭配單點式感光二極體提供較高的 SNR 以及較低的建構成本。

整合上述 LED 光源、0 度與 90 度光電二極體、Reference 以及量測水槽進行濁度感測平台之建立，圖 2.37 為微型濁度感測模具平台設計示意圖。

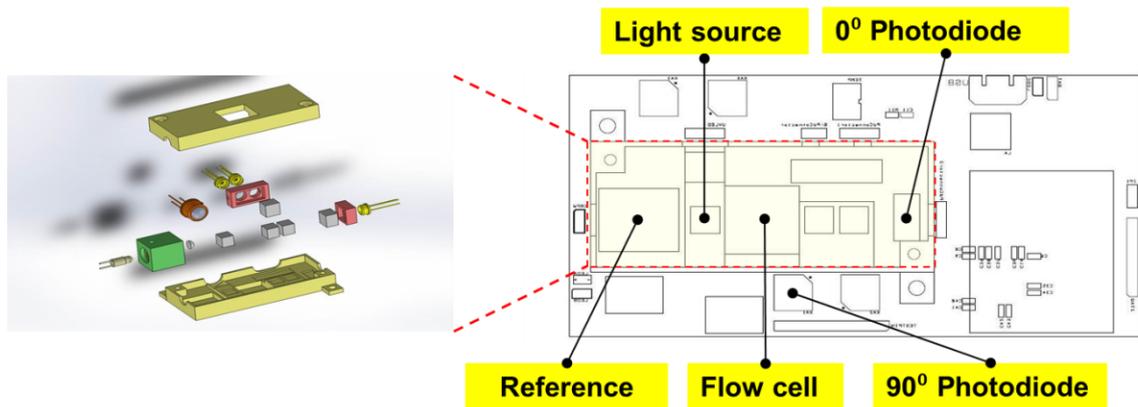


圖 2.37 微型濁度感測模具平台設計示意圖

五、目標達成情形

(一) 濁度光學特性建立-濁度標準品測試

利用連續光譜實驗測試不同濁度在 200–890 nm 之吸收度，如下圖 2.38 所示。結果顯示，在 UV 波段(200-380 nm)其 R^2 介於 0.876 - 0.988 之間；在 VIS 波段(380 - 750 nm) 其 R^2 介於 0.985 - 0.999 之間；在 NIR 波段(>750 nm)其 R^2 介於 0.996 - 0.998 之間，各波段量測濁度標準品之 R^2 (MAX, MIN)如表 2.5 所示。由此可知，可見光與近紅外光對於濁度標準品吸收度之相關性較高，在濁度 0 - 500 NTU 之圖譜顯示均有足夠之鑑別度，後續感測模組內部元件選擇方向以 500 - 900 nm 之光源與光電偵測二極體(PD)為主要設計評估方向，結

合參考國內標準方法（NIEA W219.52C）與國際標準方法（USEPA 180.1 與 ISO 7027）優先選取 550、850 nm 兩波段之光源進行後續延伸性實驗探討。

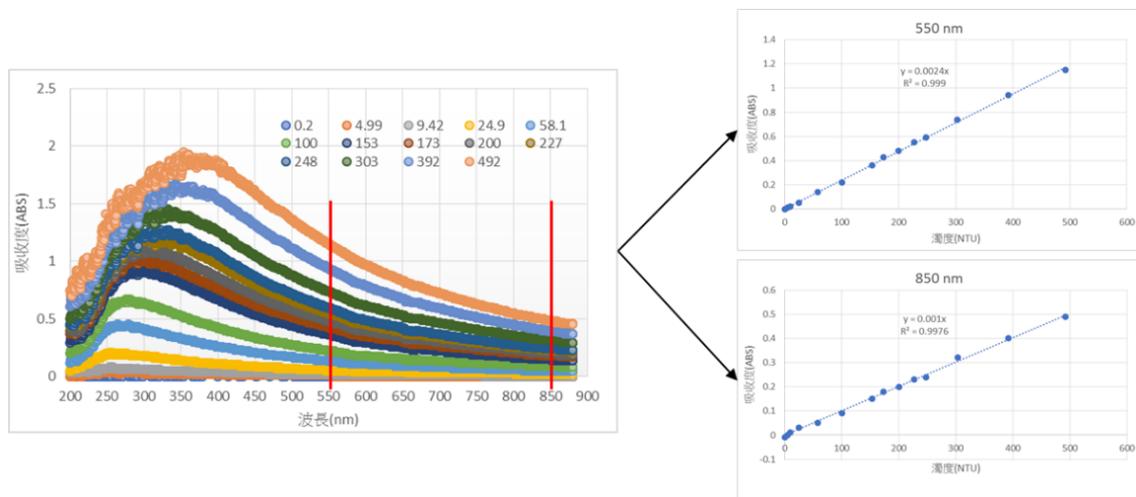


圖 2.38 連續光譜儀量測不同濁度標準品之吸收度

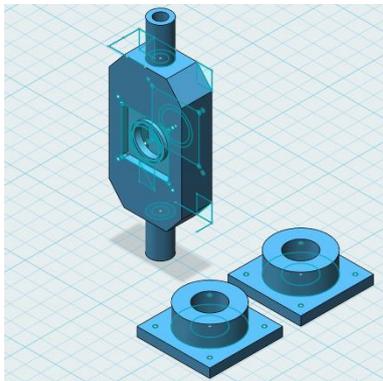
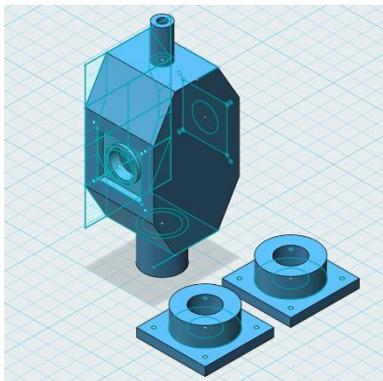
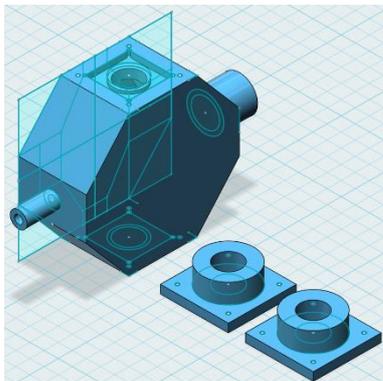
表 2.5 各波段量測濁度標準品之 $R^2_{(MAX, MIN)}$

| | $R^2_{(MAX)}$ | $R^2_{(MIN)}$ |
|----------------------------------|---------------|---------------|
| $\lambda = 200 - 380 \text{ nm}$ | 0.988 | 0.876 |
| $\lambda = 380 - 750 \text{ nm}$ | 0.999 | 0.985 |
| $\lambda = > 750 \text{ nm}$ | 0.998 | 0.996 |

(二) 濁度光學特性建立-不同光徑測試結果

利用連續光譜儀配合不同光徑模具量測各濁度標準品之吸收度實驗，目前實驗所設計的光徑模具為 1、3、5 cm 三種類型，此為初步雛型模具，研究團隊將光學影響因子納入設計理念，例如：光穿透軸心對應平行、石英玻璃方便更換清洗、黑色吸光材質可避免散射干擾以及槽內設計氣泡停留處可避免水樣氣泡的折射干擾等因素，此模具設計圖透過 3D 列印機來實現模具設計，其各光徑模具之設計圖與實體圖如表 2.6 所示。

表 2.6 各光徑模具之設計圖與實體圖

| | 模具設計圖 | 模具實體圖 |
|---------|---|--|
| 光徑: 1cm |  |  |
| 光徑: 3cm |  |  |
| 光徑: 5cm |  |  |

1. 光譜儀配合 1 cm 光徑模具量測各濁度標準品之吸收度

以 1 cm 之光徑模具配合全光譜儀建立濁度檢量線，實驗結果顯示，在波長 200 - 890 nm 之間量測不同濁度標準品皆有明顯的差異，濁度濃度與吸收度成正相關之關係，由下圖 2.39 得知光源於 UV (200 - 380 nm) 波段的感度較差，尤其係在量測高濁度之標準品時誤差幅度更明顯，另外，光源波段在 VIS 與 NIR (380 - 880 nm) 吸收度皆較有良好的鑑別性。

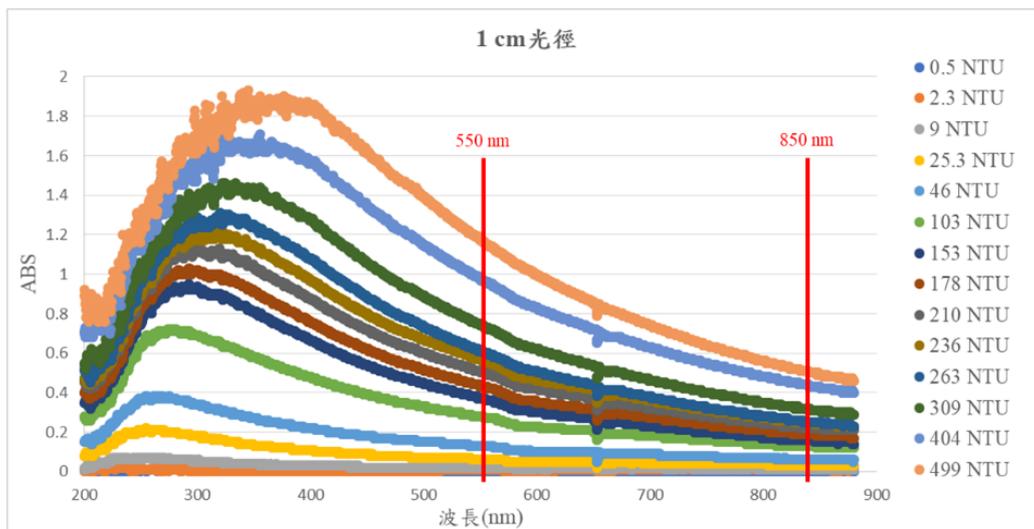


圖 2.39 光譜儀配合 1 cm 光徑模具量測不同濁度標準品之吸收度

圖 2.40 為連續光譜儀配合 1 cm 光徑模具於 550 nm 和 850 nm 量測各濁度標準品之吸收度高濁度檢量線，由圖 2.40 (a) 能觀察出每一單位 NTU 會貢獻 0.002 ABS， R^2 為 0.9916，最低之偵測極限為 4.89 NTU，圖 2.40 (b) 則是每一單位 NTU 會貢獻 0.0009 ABS， R^2 為 0.9896，最低之偵測極限為 11.43 NTU，由上述結果可知波長 550 nm 的再線性優於波長 850 nm 的條件，另外，低濃度濁度標準品於 25 NTU 以下較無鑑別性，高濃度濁度標準品於 500 NTU 皆仍有良好的區分，由此可知 1 cm 光徑之模具較適合因應量測高濁度(100 - 300 NTU)水體。

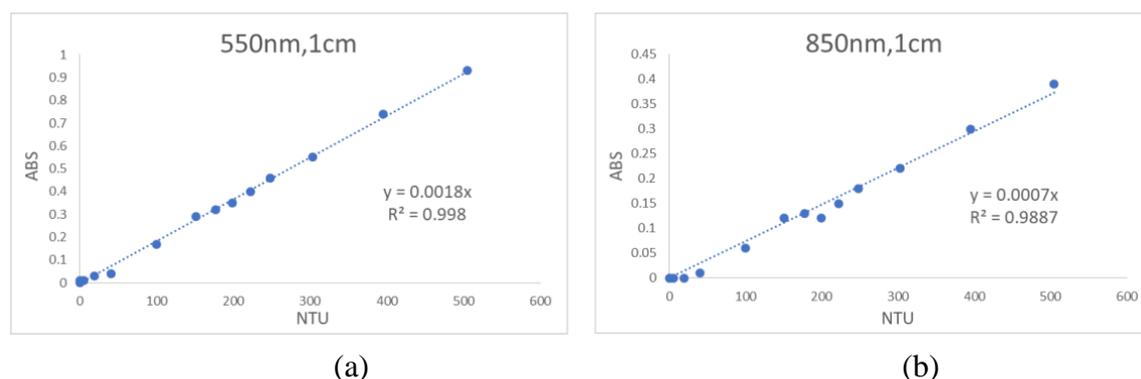


圖 2.40 光譜儀配合 1 cm 光徑模具量測濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm

2. 光譜儀配合 3 cm 光徑模具量測各濁度標準品之吸收度

以 3 cm 之光徑模具配合全光譜儀建立濁度檢量線，由下圖 2.41 得知，在波段 200 - 500 nm 之 ABS 穩定度極差，幾乎失去辨識能力，但在波段 500 - 890 nm 皆有顯著的分辨性，建議往後 3 cm 光徑模具設計光源係以波長 500 - 890 nm 區間為主。

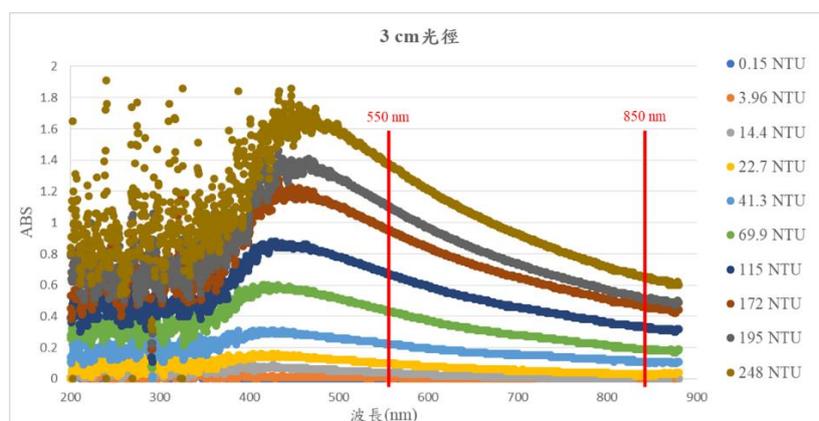


圖 2.41 光譜儀配合 3 cm 光徑模具量測不同濁度標準品之吸收度

圖 2.42 為光譜儀配合 3 cm 光徑模具於 550 nm 和 850 nm 量測各濁度標準品之吸收度檢量線，由圖 2.42 (a) 能觀察出每一單位 NTU 會貢獻 0.0062 ABS， R^2 為 0.9837，最低之偵測極限為 1.59 NTU，圖 2.42 (b)則是每一單位 NTU 會貢獻 0.0028 ABS， R^2 為 0.9966，最低之偵測極限為 3.56 NTU，發現波長 850 nm 的再線性優於波長 550 nm 的條件，波長 550 nm 之最低偵測極限略低於波 850 nm，整體觀察得以清楚了解 3 cm 光徑模具做全光譜測試是相當穩定的。

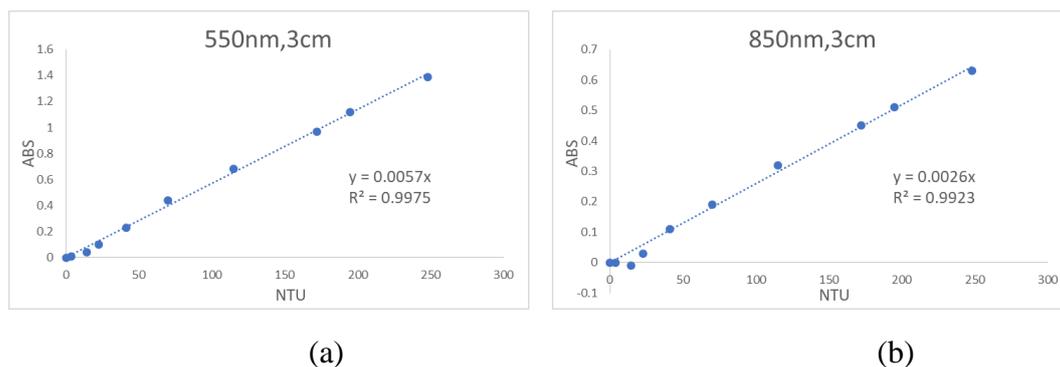


圖 2.42 光譜儀配合 3 cm 光徑模具量測濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm

由下圖 2.43 所示，低濁度檢量線於波長 550 nm 再線性有逐漸回升之趨勢，如圖 2.43 (a)能觀察在波長 550 nm 每一單位 NTU 貢獻 0.0079 ABS， R^2 為 0.995，最低偵測極限為 1.26 NTU；圖 2.43 (b)在波長 850 nm 每一單位 NTU 貢獻 0.0032 ABS， R^2 為 0.992，最低偵測極限為 3.1 NTU，波長 550 與 850 nm 於 3 cm 光徑於建立低濁度標準品(0 - 100 NTU)之檢量線，其線性仍然相當穩定，往後因濁度感測元件係應用於淨水廠之水域，其濁度相對較低，因此 Sensor 的感度也被視為重要的考量因素之一，後續會針對 3 cm 光徑之檢量線進行演算建立，希望透過演算法得以提高該模式之線性回歸。

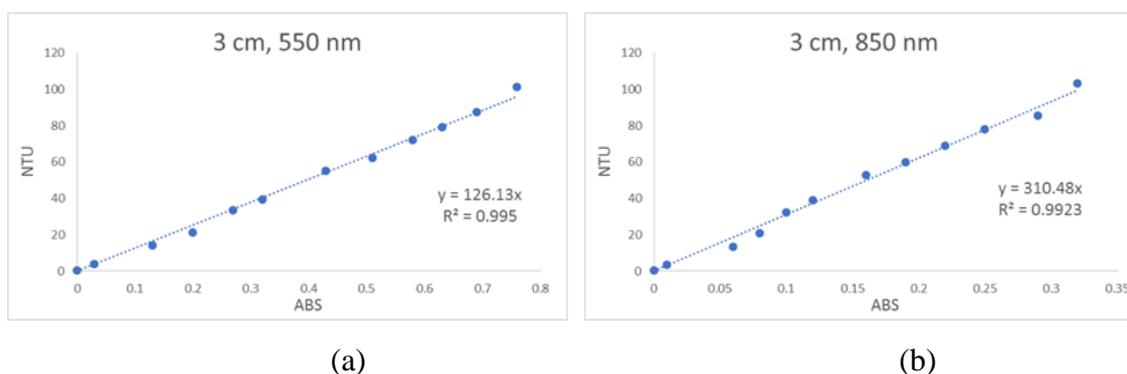


圖 2.43 光譜儀配合 3 cm 光徑模具量測低濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm

3. 光譜儀配合 5 cm 光徑模具量測各濁度標準品之吸收度

以 3 cm 之光徑模具配合全光譜儀建立濁度檢量線，由下圖 2.44 得知，在波段 200 - 500 nm 之 ABS 穩定度極差，幾乎失去辨識能力，且當濁度標準品濃度達 300 NTU 以上時，逐漸影響吸收度的穩定性，導致在波長 550 nm 量測高濃度 300 NTU 以上時開始失真，但在 NIR 波段 700 - 890 nm 皆有顯著的分辨性，建議往後 5 cm 光徑模具設計光源係以 NIR 為主。

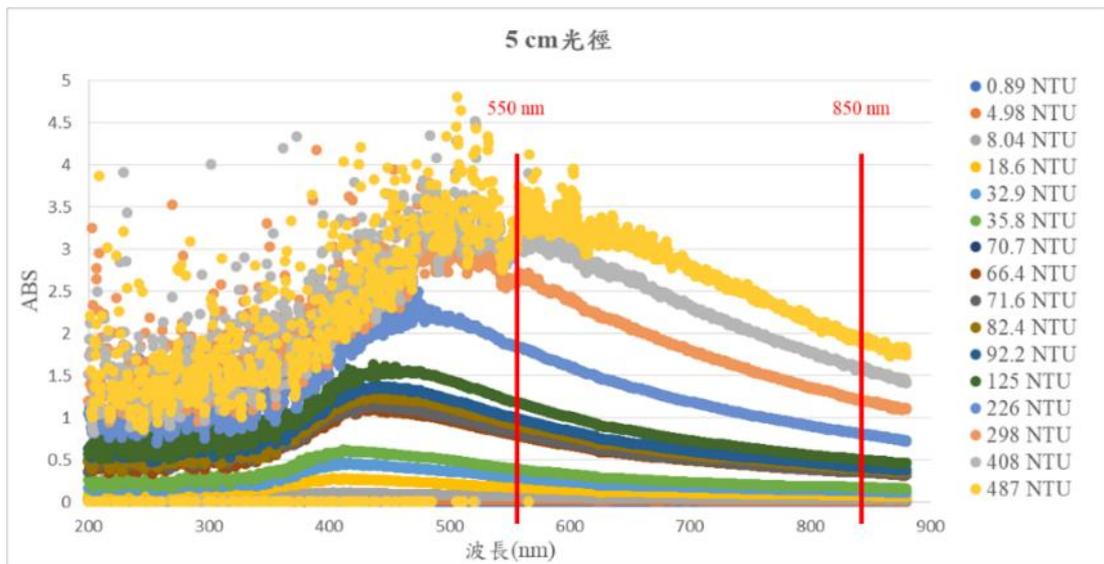


圖 2.44 光譜儀配合 5 cm 光徑模具量測不同濁度標準品之吸收度

下圖 2.45 為光譜儀配合 5 cm 光徑模具於 550 nm 和 850 nm 量測各濁度標準品之吸收度檢量線，由圖 2.45 (a) 能觀察在波長 550 nm 每一單位 NTU 會貢獻 0.0074 ABS， R^2 為 0.9402，最低之偵測極限為 1.35 NTU，另外圖 2.45 (b) 在波長 850 nm 每一單位 NTU 會貢獻 0.0039 ABS， R^2 為 0.9922，最低之偵測極限為 2.56 NTU，發現在濁度 0 - 500 NTU 區間之檢量線波長 850 nm 的再線性略優於波長 550 nm 的條件。

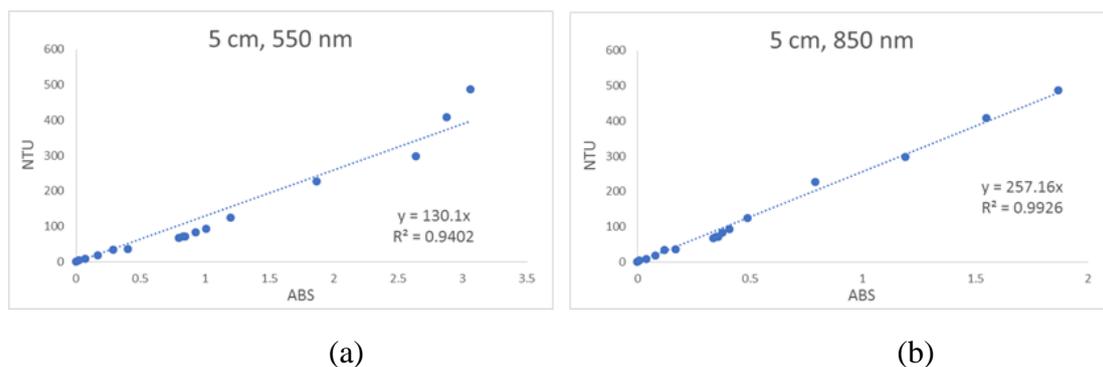


圖 2.45 光譜儀配合 5 cm 光徑模具量測濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm

逐一擷取波長 550 nm 之低濃度檢量線，其再線性有逐漸回升之趨勢，如下圖 2.46 所示。由圖 2.46 (a)能觀察在波長 550 nm 每一單位 NTU 貢獻 0.0113 ABS， R^2 為 0.9886；圖 2.46 (b)在波長 850 nm 每一單位 NTU 貢獻 0.0047 ABS， R^2 為 0.9851，另一方面，波長 550 nm 於低濃度濁度標準品偵測極限為 0.878 NTU，而波長 850 nm 於低濃度濁度標準品偵測極限為 2.11 NTU，發現在濁度 0 - 100 NTU 區間之濁度檢量線，波長 550 nm 的再線性及感度皆略優於波長 850 nm 的條件，5 cm 光徑之模具較適合因應量測低濁度水體(0 - 100 NTU)。

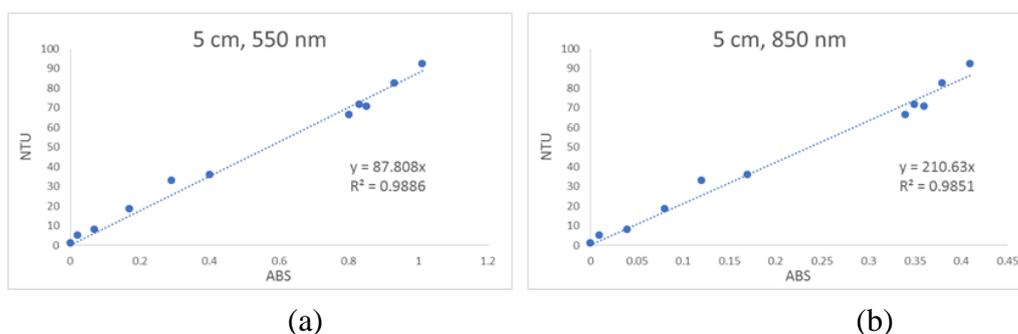


圖 2.46 光譜儀配合 5 cm 光徑模具量測低濃度濁度檢量線 (a) 550 nm; (b)850 nm

綜合上述結果，整理如

表 2.7 所示，連續光譜儀配合 1、3、5 cm 光徑模具量測各濁度標準品之吸收度，以下條列式闡述本項實驗之各項重點：

- 1 cm 光徑之模具量測之最低偵測極限為 5.5 - 20 NTU 之間，其

低濁度檢量線之感度較差，其較適合應用於量測高濁度之水體。

- 5 cm 光徑之模具量測之偵測極限介於 0.88 - 2.56 NTU，而標準品之濁度於 300 NTU 時波長 550 nm 之檢量線開始失真，其檢量線感度較適合因應量測低濁度水體。
- 3 cm 光徑模具設計光源建議以波長 500 - 890 nm 區間為主，其模具最低偵測極限介於 1.26 - 3.57 NTU 之間，且在濁度 300 NTU 仍未發生吸收度失真的現象，認為 3 cm 光徑模具結合 1 cm 與 5 cm 的優點，後續以 3 cm 光徑模具進行延伸性實驗。

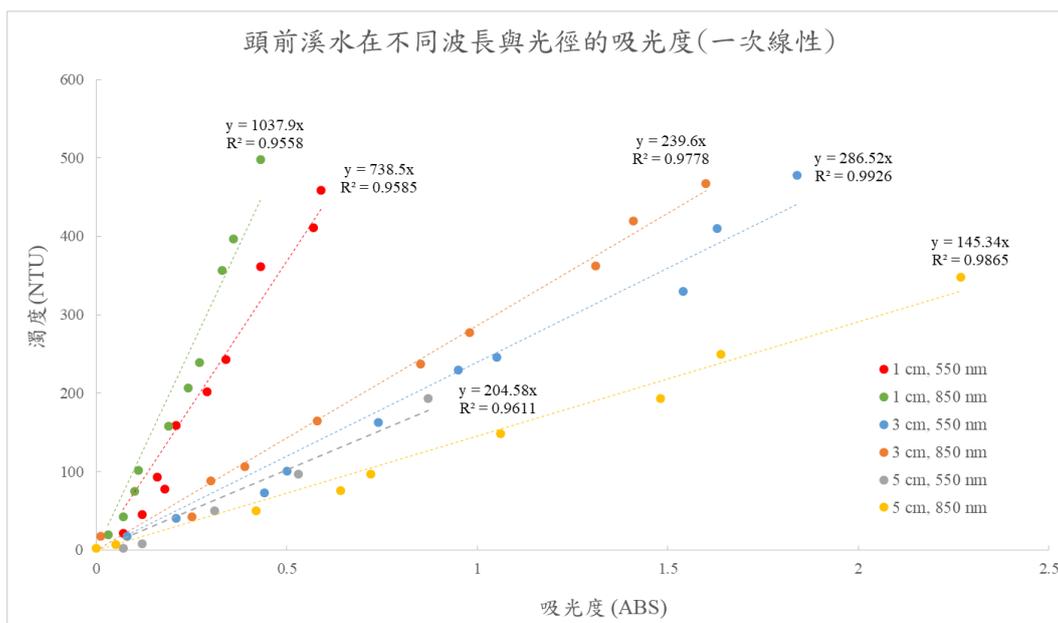
表 2.7 各光徑模具於波長 550 nm 與 850 nm 之檢量線 R² 與最小偵測極限

| 光徑 | 波長 | 檢量線範圍 | R ² | 最小偵測極限(NTU) |
|------|--------|-------------|----------------|-------------|
| 1 cm | 550 nm | 0 - 100 NTU | 0.934 | 6.25 |
| | | 0 - 500 NTU | 0.991 | 5.56 |
| | 850 nm | 0 - 100 NTU | 0.886 | 20 |
| | | 0 - 500 NTU | 0.991 | 14.29 |
| 3 cm | 550 nm | 0 - 100 NTU | 0.995 | 1.26 |
| | | 0 - 500 NTU | 0.983 | 1.61 |
| | 850 nm | 0 - 100 NTU | 0.992 | 3.1 |
| | | 0 - 500 NTU | 0.996 | 3.57 |
| 5 cm | 550 nm | 0 - 100 NTU | 0.988 | 0.88 |
| | | 0 - 500 NTU | 0.940 | 1.35 |
| | 850 nm | 0 - 100 NTU | 0.985 | 2.11 |
| | | 0 - 500 NTU | 0.993 | 2.56 |

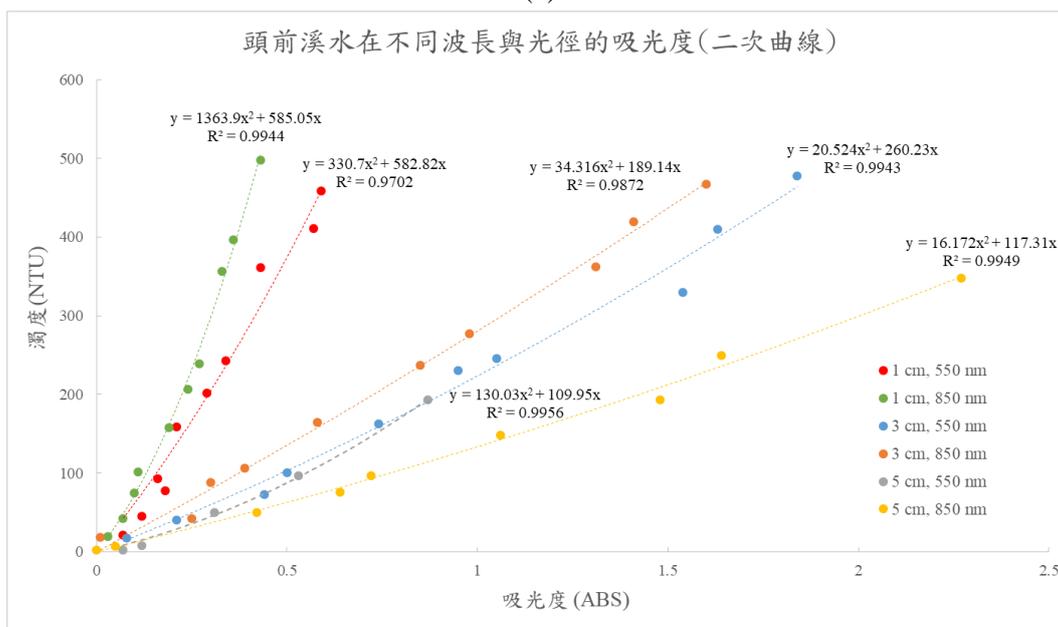
(三) 濁度光學特性建立-以不同光徑量測實際水體(頭前溪)之結果

採集頭前溪(滿雅水廠取水口)溪水與淤泥做為水樣來源，利用淤泥搭配溪水配製不同濁度之樣品，並以 1、3、5 cm 之光徑模具配合全光譜儀建立該水域於波長 550、850 nm 之濁度檢量線，由圖 2.47(a)可觀察光徑距離越大則斜率越高，亦會有較高的感度， R^2 介於 0.955 - 0.992 之間，另外以圖 2.47 (b)得知二次曲線回歸之 R^2 介於 0.970 - 0.99 之間，與一次線性之計算方式相比，各項光徑(1、3、5 cm)及波長(550、850 nm)之線性回歸計算方式皆以二次方程式較佳，其二次曲線回歸之誤差比率為 15 - 35 %，後續建議以不同流域分別建立檢量線，並收集大量樣品進行大數據演算，優化多成分定性定量演算法計算數據之品質，藉此提高各流域濁度檢量線的準確率。

目前濁度法規標準為 USEPA 180.1 與 ISO 7027，採用的光源則以可見光(400 - 600 nm)及近紅外光(850 - 870 nm)為主流，搭配不同的電極來完成不同濃度的測定。在演算法建構目前已完成 1、3、5 cm 光徑於穿透方式(ABS)之評估，並以頭前溪(滿雅淨水廠取水口)溪水與淤泥做為水樣進行測試，其該水域之二次曲線之再現性相當良好。目前針對散射(Scatter)量測方式評估，利用單純的 90 度光散射結果對濁度的貢獻不太明顯，後續在設計時會將訊號放大技術納入考量，下圖 2.48 為濁度 Sensor 開發之後續進程，接下來會以多成分定性定量演算法與微型濁度感測模組設計與製作作為後續工作規劃。



(a)



(b)

圖 2.47 光譜儀配合不同光徑模具量測實際水體之濁度檢量線 (a) 一次線性;
(b)二次曲線

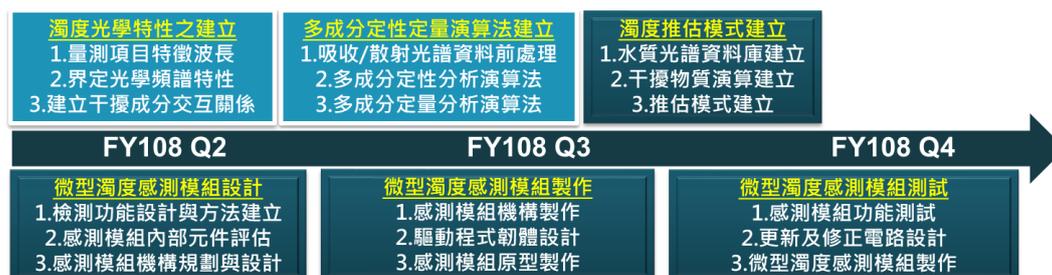


圖 2.48 濁度 Sensor 開發之後續進程

(四) 濁度感測模組功能雛形設計與初步測試結果

1. 濁度感測模組雛形設計

延續本計畫目前之標準品測試、光徑評估與實場水測試結果，提出如下圖 2.49 之濁度感測模組雛形設計，初步擬定入射光源為 550 及 850 nm 之 LED，感測器則以相對應之 VIS 與 IR PD 為訊號擷取來源—目前設定之測試穿透光徑為 6 cm，而散射測試位置為距離光源發射 3 cm 處，整體裝置之測試模具照片如圖 2.50 所示。

2. 濁度感測模組功能初步測試結果

濁度感測模組功能測試分為「散射訊號測試」與「吸收度測試」兩個方向，分述如下：

(1) 濁度感測模組散射訊號測試

圖 2.51 為利用前述濁度感測模組搭配 550 與 850 nmLED 兩種光源之散射訊號測試結果，由圖可知，利用 550 nm LED 為光源之散射訊號，在 0 - 50 NTU 的濃度範圍下針對 VIS 或是 IR PD 均表現出良好之線性結果，而在 50 - 400 NTU 的濃度範圍則呈現了兩種不同的資訊，第一為該濃度範圍之線性斜率與低濃度時不同，第二為其線性效果明顯較低濃度差，兩種 PD 的結果一致；而在 850 nm LED 的對於 IR PD 之實驗結果也呈現了一樣的趨勢，但 VIS PD 對於 850 nm 的散射光則沒有反應，後續不會將此組合納入。

(2) 濁度感測模組吸收度測試

圖 2.52 為利用前述濁度感測模組搭配 550 與 850 nm LED 兩種光源之吸收度測試結果，由圖可知，利用 550 nm LED 為光源之吸收度，無論利用 VIS 或 IR PD 在 0-400 NTU 的濃度範圍均顯示良好之線性結果；而利用 850 nm LED 為光源亦顯示了相同的結果。

(3) 濁度感測模組演算法設計方向

依據上述結果可知，利用濁度感測模組在散射部分的結果顯示，0 - 50 NTU 有良好的表現，但高濃度則有斜率不一與線性度不佳的問題；而在吸收度部分的結果則顯示 0 - 400 NTU 均有線性的表現。但考量 0 - 50 NTU 的線性度散射表現優於吸收度的情況，未來感測模組之設計會考慮單一光源同時搭配散射與穿透模組，在低濃度利用散測而高濃度轉換為吸收度量測之模式進行設計。

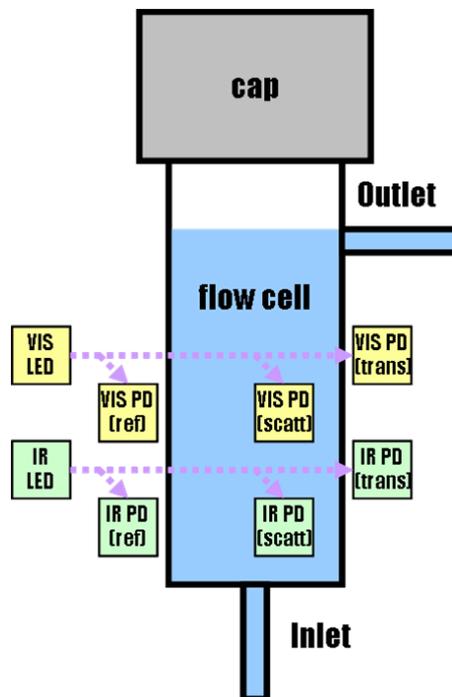


圖 2.49 濁度感測模組雛形設計圖

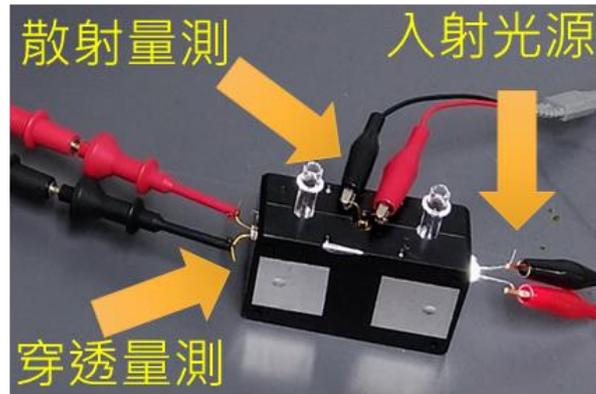
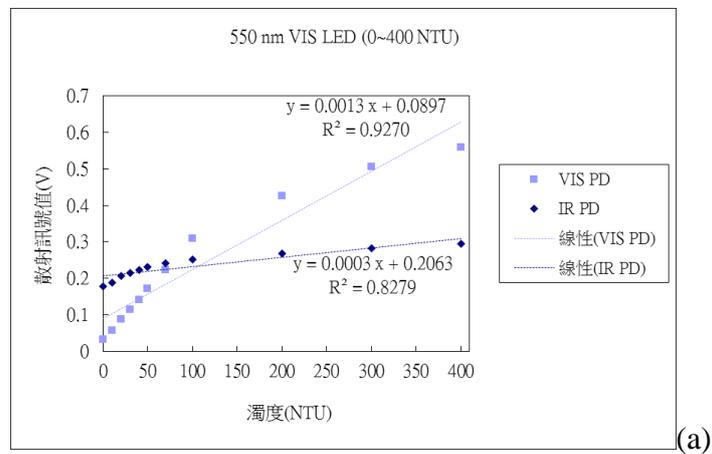
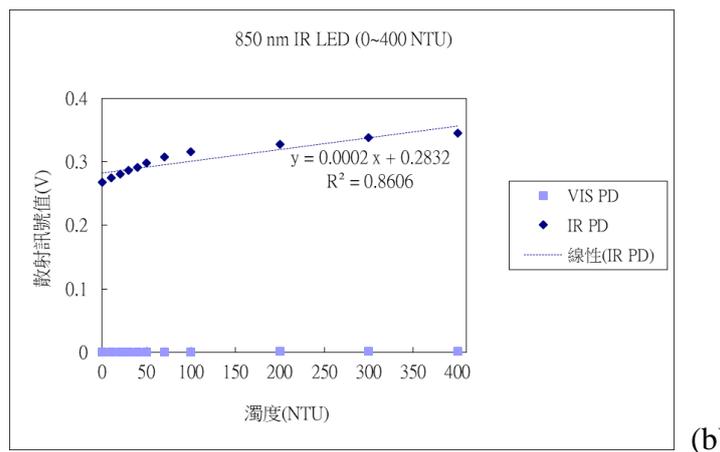


圖 2.50 濁度感測模組雛形實驗模具圖



(a)



(b)

圖 2.51 濁度感測模組散射訊號測試結果 (a) 550 nm LED; (b) 850 nm LED

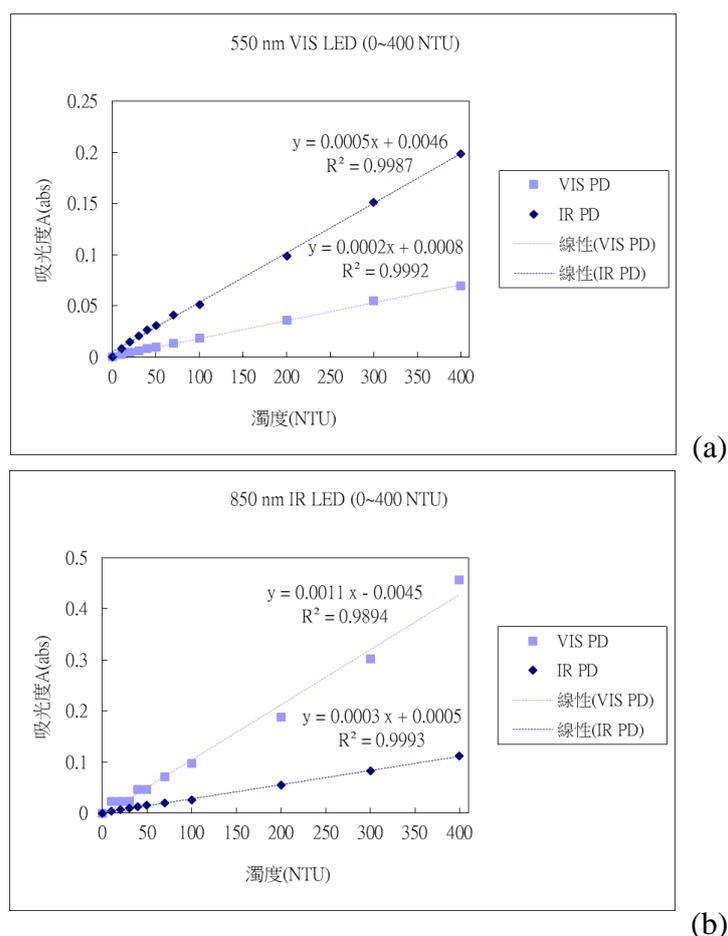


圖 2.52 濁度感測模組吸收度測試結果 (a) 550 nm LED; (b) 850 nm LED

3. 微型濁度感測模組設計

經過前述第一階段濁度感測模組初步功能性測試後，本計畫依據測試之結果，設計出第一版「微型濁度感測模組」，如圖 2.53 所示，本模組之基本資料如下：

- 入射光源：550、850 nm
- 感測器：VIS & IR & Reference PD
- 測試穿透光徑：2.5 cm
- 測試散射位置：1.25 cm

此微型濁度感測模組可同時偵測兩種具代表性的濁度感測光源，分別為 USEPA 180.1 及 ISO 2007 所建議的波段，亦可同時偵測同一水樣之散射光強度與穿透度。

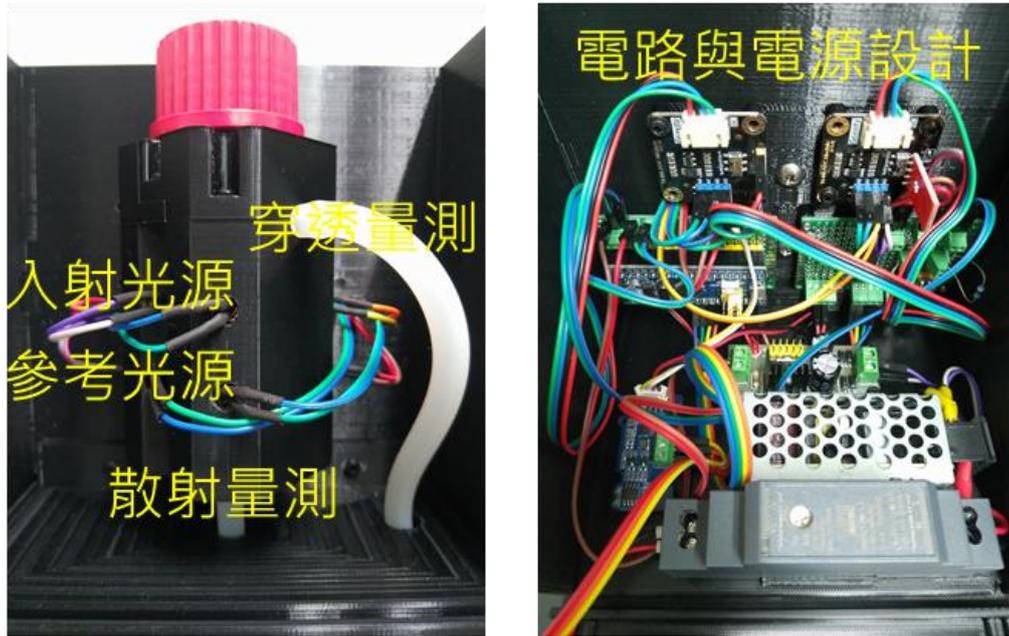


圖 2.53 微型濁度感測模組

4. 微型濁度感測模組之演算方式建立

針對上述所開發之微型濁度感測模組，分別利用每一光源分別可量測到其散射光強度、穿透度與參考光源強度的結果，分別建立了以下四種演算模式，分述如下：

(1) 散射模式 1(Ts1)

利用參考光源與原始設定參考光源強度之比例強度，修正散射光之強度，再進行後續濃度計算。

(2) 散射模式 1(Ts2)

利用散射光與參考光之比例強度，修正散射光之強度，再進行後續濃度計算。

(3) 散射+穿透模式(Tt1)

利用散射光與穿透光之比例強度，修正散射光之強度，再進行後續濃度計算

(4) 穿透模式(Tt2)

單純利用穿透光之吸收度結果計算，即比爾定律(Beer's Law)之計算結果。

5. 微型濁度感測模組之演算方式驗證結果

在建立微型濁度感測模組及其 4 種演算模式之後，本計畫利用靜態與動態兩種方式分別針對標準品、自來水及相對高濁度之溪水進行裝置之驗證，並利用 Hach 2100P 之儀器進行水樣標準值之比對，驗證結果分述如後：

(1) 濁度標準品之建置結果

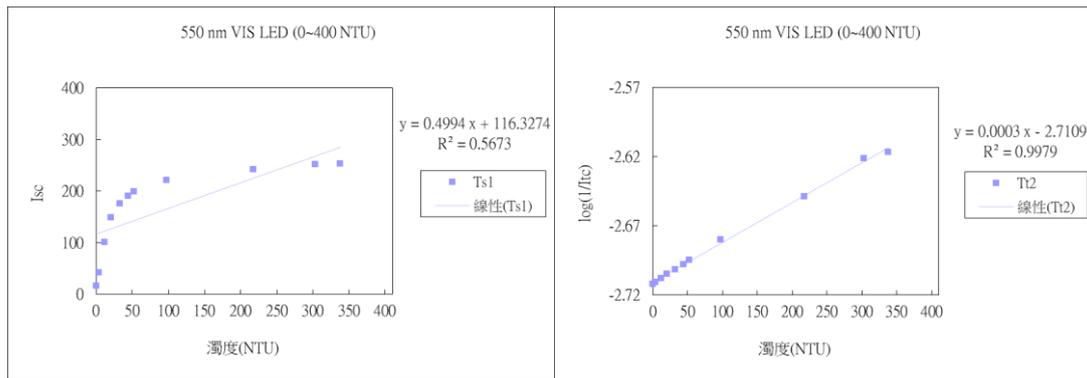
表 2.8~ 表 2.11 及圖 2.54~圖 2.57 分別為利用 VIS 與 IR LED 兩種光源，分別利用 4 種演算模式驗證不同濃度濁度標準品的結果，在靜態與動態的檢量線的比較上，無論利用 VIS 或是 IR LED 所建置的結果，兩者之差異並不明顯，其 4 種演算模式預測的結果濃度都非常接近。

在 4 種不同模式的計算結果顯示，有利用到散射光做為計算基礎的演算法-Ts1、Ts2 及 Tt1，其在低濃度的驗證情況較為準確，而在高濃度的驗證則出現了明顯的偏差；而相較於單純利用比爾定律的 Tt2 演算法，其在低濃度驗證情況偏差較大，尤其是在小於 5 NTU 的情況下尤其明顯，而隨著濃度的增加，其驗證的誤差也相對縮小。

綜合以上之驗證結果，濁度感測模組以「低濃度散射」搭配「高濃度穿透」為設計方向的結果是正確的，另外依據實驗結果，此微型濁度感測模組在實場驗證時，應以不同的濃度建立不同區段之檢量線，本計畫依據實驗結果之誤差推估，檢量線在低濃度（ 0 - 10 NTU ）以散射光強度來建置，相對中間濃度（ 10 - 40 NTU ）以穿透搭配散射光強度建置，而相對高濃度（ 40 - 400 NTU ）部分則以穿透光之吸收度為建置方向，後續進行實場水樣之驗證。

表 2.8 以 VIS 光源與靜態模式建立濁度標準品之結果

| 濁度標準液 (NTU) | HACH | | Ts1 | Ts2 | Tt1 | Tt2 |
|----------------|----------|--|--------|--------|--------|--------|
| | 2100P | | | | | |
| | 標準值(NTU) | | | | | |
| 0 | 0.55 | | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.44 |
| 5 | 3.76 | | 3.92 | 3.92 | 3.90 | 3.92 |
| 10 | 11.8 | | 11.75 | 11.75 | 11.76 | 11.75 |
| 20 | 20.4 | | 25.39 | 25.39 | 25.15 | 21.69 |
| 30 | 32.7 | | 34.90 | 34.90 | 34.78 | 32.07 |
| 40 | 44.6 | | 40.15 | 40.15 | 40.46 | 44.59 |
| 50 | 52.3 | | 50.16 | 50.16 | 48.84 | 51.45 |
| 100 | 97.6 | | 154.21 | 154.21 | 127.56 | 104.26 |
| 200 | 218 | | 248.54 | 248.54 | 231.12 | 215.46 |
| 300 | 303 | | 290.30 | 290.30 | 304.11 | 312.23 |
| 400 | 338 | | 297.24 | 297.24 | 317.42 | 329.42 |



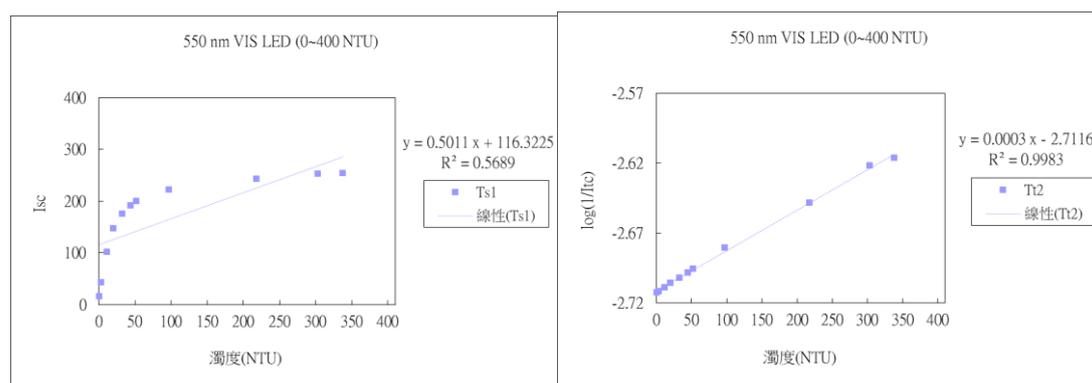
(a)

(b)

圖 2.54 以 VIS 光源與靜態模式建立之濁度標準品檢量線 (a)Ts1; (b)Tt2

表 2.9 以 VIS 光源與動態模式建立濁度標準品之結果

| 濁度標準液 (NTU) | HACH | | Ts1 | Ts2 | Tt1 | Tt2 |
|----------------|----------|--|--------|--------|--------|--------|
| | 2100P | | | | | |
| | 標準值(NTU) | | | | | |
| 0 | 0.55 | | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.97 |
| 5 | 3.76 | | 4.01 | 4.01 | 3.99 | 3.23 |
| 10 | 11.8 | | 11.72 | 11.72 | 11.73 | 11.91 |
| 20 | 20.4 | | 24.99 | 24.99 | 24.75 | 21.28 |
| 30 | 32.7 | | 34.95 | 34.95 | 34.84 | 32.43 |
| 40 | 44.6 | | 40.41 | 40.41 | 40.71 | 44.51 |
| 50 | 52.3 | | 49.62 | 49.62 | 48.48 | 51.20 |
| 100 | 97.6 | | 153.47 | 153.47 | 126.84 | 103.91 |
| 200 | 218 | | 249.34 | 249.34 | 231.96 | 216.52 |
| 300 | 303 | | 290.40 | 290.40 | 303.55 | 310.90 |
| 400 | 338 | | 297.02 | 297.02 | 317.74 | 330.19 |



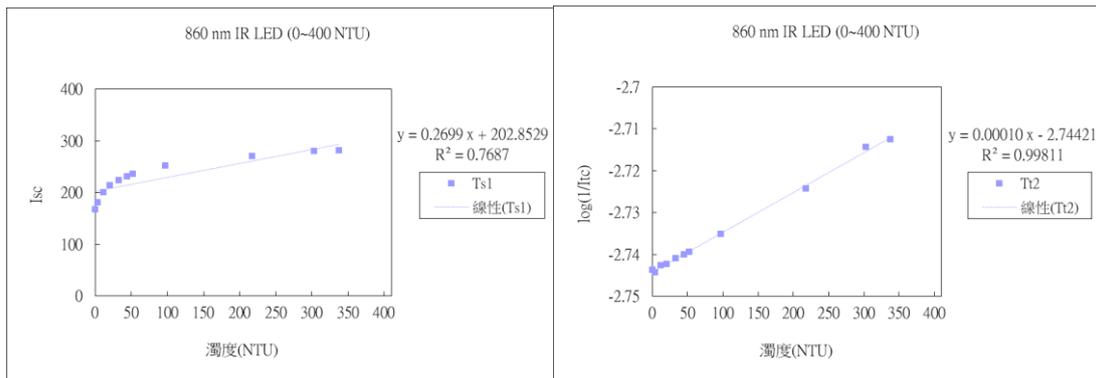
(a)

(b)

圖 2.55 以 VIS 光源與動態模式建立之濁度標準品檢量線 (a)Ts1; (b)Tt2

表 2.10 以 IR 光源與靜態模式建立濁度標準品之結果

| 濁度標準液 (NTU) | HACH | | Ts1 | Ts2 | Tt1 | Tt2 |
|----------------|----------|--|--------|--------|--------|--------|
| | 2100P | | | | | |
| | 標準值(NTU) | | | | | |
| 0 | 0.55 | | -0.01 | -0.01 | 0.04 | 4.10 |
| 5 | 3.76 | | 4.71 | 4.71 | 4.61 | 1.27 |
| 10 | 11.8 | | 11.41 | 11.41 | 11.46 | 10.74 |
| 20 | 20.4 | | 23.71 | 23.71 | 23.42 | 17.64 |
| 30 | 32.7 | | 34.03 | 34.03 | 34.01 | 33.28 |
| 40 | 44.6 | | 42.17 | 42.17 | 42.36 | 44.56 |
| 50 | 52.3 | | 46.68 | 46.68 | 47.31 | 53.41 |
| 100 | 97.6 | | 139.13 | 139.13 | 126.33 | 97.50 |
| 200 | 218 | | 242.51 | 242.51 | 233.04 | 210.27 |
| 300 | 303 | | 299.30 | 299.30 | 305.18 | 313.62 |
| 400 | 338 | | 305.75 | 305.75 | 315.56 | 332.50 |



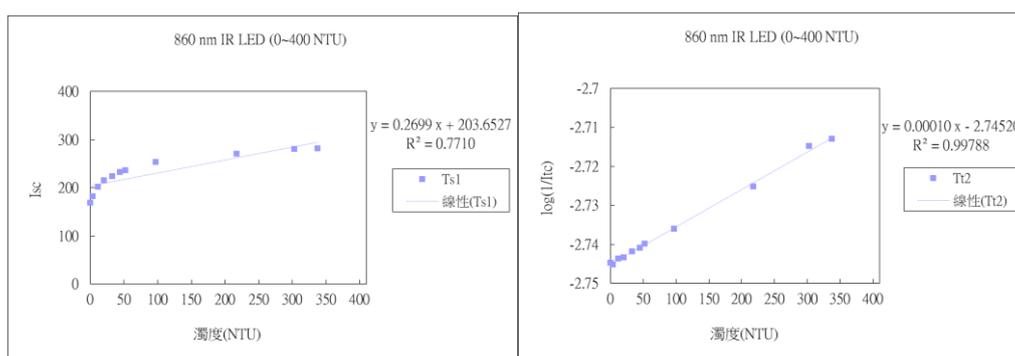
(a)

(b)

圖 2.56 以 IR 光源與靜態模式建立之濁度標準品檢量線 (a)Ts1; (b)Tt2

表 2.11 以 IR 光源與動態模式建立濁度標準品之結果

| 濁度標準液 (NTU) | HACH | | Ts1 | Ts2 | Tt1 | Tt2 |
|----------------|----------|--|--------|--------|--------|--------|
| | 2100P | | | | | |
| | 標準值(NTU) | | | | | |
| 0 | 0.55 | | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 4.09 |
| 5 | 3.76 | | 4.70 | 4.70 | 4.61 | 1.27 |
| 10 | 11.8 | | 11.41 | 11.41 | 11.46 | 10.75 |
| 20 | 20.4 | | 23.74 | 23.74 | 23.42 | 17.80 |
| 30 | 32.7 | | 33.80 | 33.80 | 33.84 | 34.47 |
| 40 | 44.6 | | 42.34 | 42.34 | 42.50 | 43.74 |
| 50 | 52.3 | | 45.03 | 45.03 | 46.73 | 56.44 |
| 100 | 97.6 | | 139.05 | 139.05 | 125.80 | 95.99 |
| 200 | 218 | | 241.90 | 241.90 | 231.70 | 207.16 |
| 300 | 303 | | 299.21 | 299.21 | 305.26 | 313.82 |
| 400 | 338 | | 306.75 | 306.75 | 316.94 | 334.14 |



(a)

(b)

圖 2.57 以 IR 光源與動態模式建立之濁度標準品檢量線 (a)Ts1; (b)Tt2

(2) 實場廢水之驗證結果

圖 2. 58 為分別利用前節所建立之動態與靜態濁度標準品檢量線，針對自來水進行濁度推估之驗證實驗。由圖可知，不論何種光源，前三種模式-Tt1、Tt2 及 Ts1 與實際量測的結果較為接近，而 Ts2 則與實際量測的結果差異較大；而根據表 2. 12 及表 2. 13 的統計的結果顯示，平均誤差與百分比的結果亦可證明此觀點。而在靜態與動態量測的比較上，以動態量測較優，但兩者差異並不大；而在 VIS 與 IR 為量測光源的比較上，則明顯的以 VIS LED 為光源的推估結果較為準確，其在靜態與動態量測上之推估誤差大約為 20%。

圖 2. 59 為分別利用前節所建立之動態與靜態濁度標準品檢量線，針對相對高濁度之溪水進行濁度推估之驗證實驗。由圖可知，不論何種光源，前三種模式-Tt1、Tt2 及 Ts1 與實際量測的結果之差異均較 Ts2 之量測結果差異為大；而根據表 2. 14 及表 2. 15 的統計的結果顯示，Ts2 之推估結果其平均誤差與百分比均為 4 種演算方式之最佳結果，此結果與前段驗證自來水之結果完全相反。而在靜態與動態量測的比較上，仍以動態量測較優，但兩者差異並不大；而在 VIS 與 IR 為量測光源的比較上，則以 IR LED 為光源的推估結果較為準確，但值得一提的是，以 Ts2 為驗證模式的結果顯示，VIS LED 的量測結果雖然誤差較大(5.5%與 4.6%)，仍遠低於環檢所規範之 15%(NIEA W219.52C)，顯示兩種光源均適用於利用此模式來推估相對高濃度之濁度水樣。

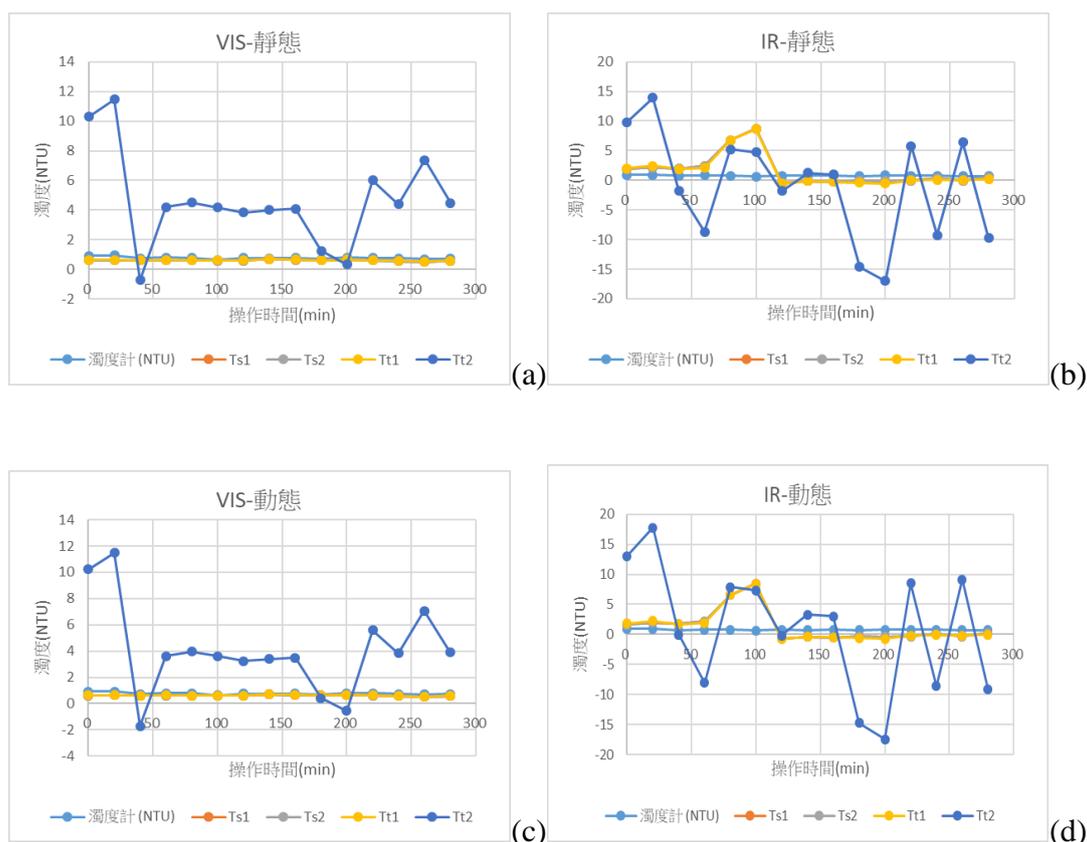


圖 2.58 以不同光源驗證連續自來水之濁度監測結果 (a)VIS-靜態量測; (b) IR-靜態量測; (c) VIS-動態量測; (d) IR-動態量測

表 2.12 以不同光源驗證連續自來水之濁度監測結果-平均誤差統計

| 平均誤差(NTU) | Ts1 | Ts2 | Tt1 | Tt2 |
|-----------|------|------|------|------|
| VIS-靜態 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 4.14 |
| IR-靜態 | 0.94 | 0.94 | 1.04 | 7.33 |
| VIS-動態 | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 3.88 |
| IR-動態 | 1.04 | 1.04 | 1.12 | 8.49 |

表 2.13 以不同光源驗證連續自來水之濁度監測結果-平均誤差百分比統計

| 誤差百分比(%) | Ts1 | Ts2 | Tt1 | Tt2 |
|----------|--------|--------|--------|---------|
| VIS-靜態 | 20.8% | 20.8% | 18.8% | 523.7% |
| IR-靜態 | 120.0% | 120.0% | 132.6% | 947.4% |
| VIS-動態 | 19.6% | 19.6% | 17.8% | 487.8% |
| IR-動態 | 116.6% | 116.6% | 125.4% | 1093.2% |

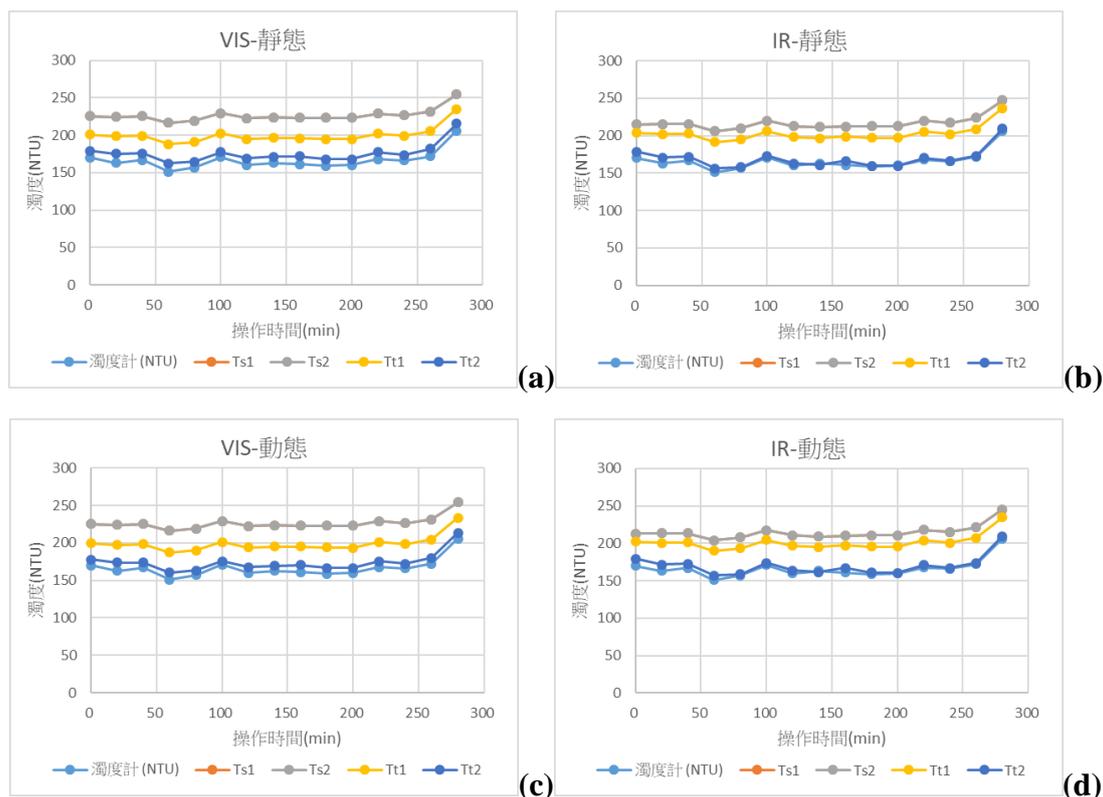


圖 2.59 以不同光源驗證連續溪水之濁度監測結果 (a)VIS-靜態量測; (b) IR-靜態量測; (c) VIS-動態量測; (d) IR-動態量測

表 2.14 以不同光源驗證連續溪水之濁度監測結果-平均誤差統計

| 平均誤差(NTU) | Ts1 | Ts2 | Tt1 | Tt2 |
|-----------|-------|-------|-------|------|
| VIS-靜態 | 60.29 | 60.29 | 33.60 | 9.10 |
| IR-靜態 | 50.51 | 50.51 | 36.43 | 3.16 |
| VIS-動態 | 60.23 | 60.23 | 32.73 | 7.62 |
| IR-動態 | 48.44 | 48.44 | 34.99 | 3.86 |

表 2.15 以不同光源驗證連續溪水之濁度監測結果-平均誤差百分比統計

| 誤差百分比(%) | Ts1 | Ts2 | Tt1 | Tt2 |
|----------|-------|-------|-------|------|
| VIS-靜態 | 36.6% | 36.6% | 20.4% | 5.5% |
| IR-靜態 | 30.6% | 30.6% | 22.1% | 1.9% |
| VIS-動態 | 36.5% | 36.5% | 19.8% | 4.6% |
| IR-動態 | 29.4% | 29.4% | 21.2% | 2.3% |

6. 微型濁度感測模組之演算方式驗證結果

以上述驗證結果為基礎，建議以下條件來設計微型化濁度感測模組之規格：

- (1) 驗證之結果，本計畫研發之感測模組在動態與靜態兩者之推估結果差異不大，顯示兩種量測方式具有一致性；
- (2) 低濃度部分(自來水)建議以 VIS LED / 具備散測(Scatter)光之推估模式(Ts1. Ts2 & Tt1) / 動態方式，這樣的條件量測較佳；
- (3) 相對高濃度部分(NTU = 150 – 200)建議以具備吸收度(Tt2)之演算為主要量測模式，在光源部分，以 IR LED 表現較佳，但 VIS LED 亦可以考慮；
- (4) 目前最佳之設計方式建議以 VIS LED 為燈源，同時搭配散射跟穿透量測。

因此，本計畫建議之微型化濁度感測模組之規格如下：

(1) VIS 濁度檢測模組：

- 量測範圍：0 ~ 400 NTU。
- 解析度：0.01 / 0.1 / 1 NTU。
- 精密度：相對標準差小於 25 %。
- 準確度：介於±2 NTU 或讀值之±20 %中較大者。
- 應答時間 t90：小於 30 秒鐘。

(2) IR 濁度檢測模組：

- 量測範圍：0 ~ 400 FNU/FAU。
- 解析度：0.01 / 0.1 / 1 FNU/FAU。
- 精密度：相對標準差小於 25 %。
- 準確度：介於 ±2 FNU/FAU 或讀值之±20 %中較大者。
- 應答時間 t90：小於 30 秒鐘。

2.1.4 重金屬感測元件晶片化開發

重金屬分析方法有：紫外可分光光度法 (UV)、原子吸收法 (AAS)、原子熒光法 (AFS)、電感耦合等離子體法 (ICP)、X 熒光光譜 (XRF)、電感耦合等離子質譜法 (ICP-MS)。日本和歐洲國家有的採用電感耦合等離子質譜法 (ICP-MS) 分析，但對國內用戶而言儀器成本高；也有採用 X 熒光光譜 (XRF)

分析，優點是無損檢測，可直接分析成品，但檢測精度和重複性不如光譜法。

本計畫以電化學法作為模組設計基礎，利用陽極剝除伏安法分析水中重金屬離子，同時具有定性分析及定量分析功能，且與其他常用的化學分析方法相比，具有較低的偵測極限及分析靈敏度佳。電路板設計以三電極法為基礎，透過數位/類比訊號產生器微晶片輸出固定頻率、階梯漸進式方波電壓，在工作電極端使水中離子反應後，由對電極 Counter electrode (CE)產生電流，經過電流電壓轉換器將電流轉換為電壓，再透過類比/數位訊號轉換器讀取電壓 ADC 值，最後由運算放大器電壓電流轉換公式： $V=-IR$ 得到電流值。

在前期計畫執行過程中，發現感測器量測不穩定，主要因素為定量不穩定導致電極浸泡面積不一致，以及前一次量測水樣排放不完全，而導致後續量測產生累積效應。因此本年度以網版印刷電極設計與製作新的感測模組，縮小反應槽體積與固定電極反應面積，以提高感測器量測準確率與穩定性。

一、設計規劃

(一) 網版印刷電極

網版印刷電極的製作為利用電腦製版在基材上印製出有細微孔洞的網版，再將油墨擠壓透過網版而印製在目標載體上，如圖 2. 60。網版印刷電極利用網印技術即可製造出電極面積一致的三電極系統，可精準控制工作電極與參考電極間的距離、輔助電極面積控制，以解決電極反應面積與電極間距控制問題，量測準確率與穩定性較傳統三電極好，如圖 2. 61。而在反應過程中會產生些許電極材料損耗，網印電極因電極塗層較薄，使壽命較短。

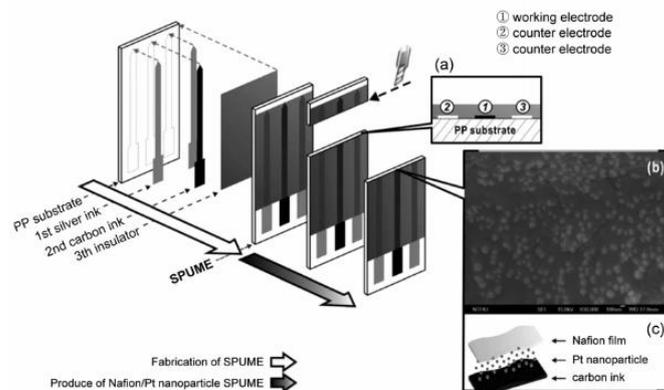


圖 2. 60 網版印刷電極製備流程說明示意圖

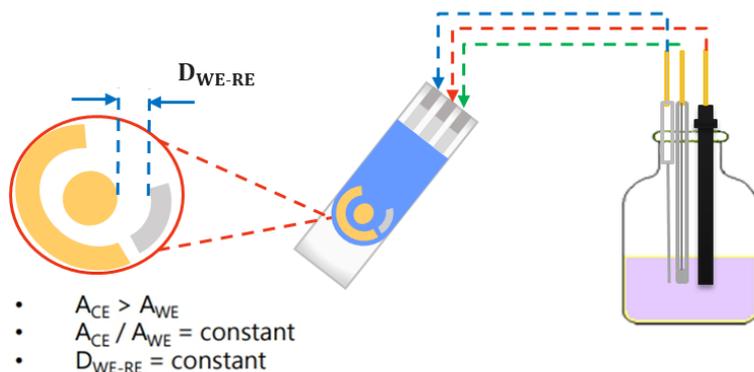


圖 2.61 網版印刷電極三電極系統示意圖

(二) 電化學分析方法最佳操作條件建立

電化學方法分析時會因不同電極、待測物、緩衝溶液、電壓等操作條件，而產生不同的分析效果。最佳操作條件建立步驟如下：

1. 電極工作電位視窗與待測物氧化還原電位確認

以循環伏安法(CV)大範圍掃描，圖譜分析可以得到電極工作視窗與待測物氧化還原電位，可從電極工作電位視窗上限與待測物氧化電位得到清洗與剝除電位限制，而從電極工作電位視窗下限與待測物還原電位得到沉積電位選擇範圍。

2. 電解質組合

電化學反應中電解質可穩定離子強度，主要分為高濃度惰性電解質、緩衝酸鹼值電解質與掩蔽劑等種類。考量計畫使用環境之現場水樣，我們選用緩衝酸鹼值的電解質溶液。而選擇適合的電解質種類、濃度與 pH 值可降低檢測水樣中其他物質的干擾。

3. 操作電壓條件建立

剝除伏安法可分為預濃縮與剝除兩步驟：預濃縮時使用的沉積電位與時間可影響電極是否析氫與待測物是否能夠沉積完全；剝除方法可分為線性(LSV)、微分脈衝(DPV)與方波(SWV)三種，為增加靈敏度且反應時間考量選用方波伏安法。在剝除伏安法的前後增加一清洗電壓，可穩定電化學反應基線。

4. 可用性測試

以市售儀器操作前述建立之最佳操作條件，進行實驗室標準品測試，以建立標準品檢量線。後續取現場水樣，並以外添加方

式與標準品檢量線比較，確認電化學分析方法的可用性。

5. 整合測試

將電化學分析方法、電路板與系統設計組合後，做實驗室標準品與實場水樣測試，做相互配合調整整合，已完成模組雛形並規劃量產方法。

(三) 晶片化感測模組系統設計

反應槽設計目的主要在於降低歐姆電位降(IR potential drop)、改善質傳、熱傳效果等，設計包含電極之組對與排列、陰陽極的隔離以及電解質溶液之流動狀況。一般電化學感測系統主要可以分為批次式與流動分析法兩種，批次式為將當次水樣進入反應槽後，待反應完成停止反應同時將溶液排出，反應過程中槽內待測物濃度因反應變化；流動注射分析方法為能將水樣藉由流動的方式流經電極表面進行偵測，理想狀態下槽內待測物濃度固定。

前期研究由於電極體積較大，以現場添加的緩衝溶液量評估，僅能做到批次式反應。但現場槽體無法攪拌的狀態下，溶液濃度在反應過程中不均勻分布導致量測穩定性不佳，且每一次進料前後沒有清理槽體的步驟，易導致前一次溶液殘留影響後續檢測。

流動分析法主要可分為壁面射流(Wall-Jet)與流經過形式(Flow-through)，Wall-Jet 是溶液流動方向與電極垂直，溶液直接衝擊電極表面後散開，如圖 2. 62(a)所示；Flow-through 溶液方向與電極方向平行，流經過電極表面，如圖 2. 62 (b)所示。

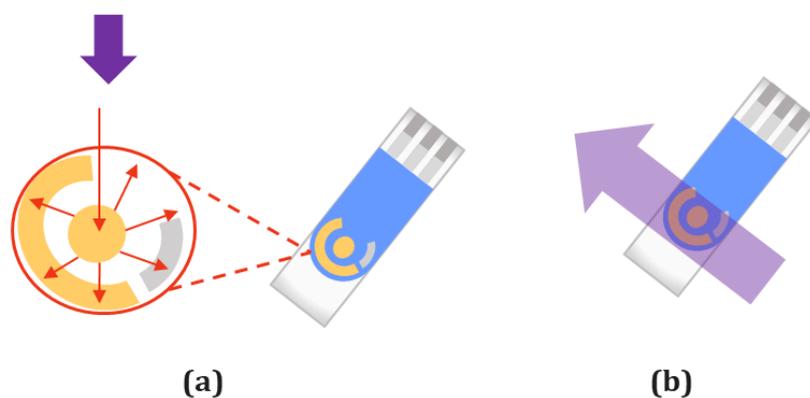


圖 2. 62 流動分析方法示意圖，(a) Wall-Jet、(b) Flow-through

(四) 恆電位儀電路設計基礎原理

對於每個電化學感測器都需要一個信號處理裝置，即是恆電位儀(Potentiostat)，恆電位儀的目的是要用來維持電化學感測器在工作電極與參考電極之前一個電化學電位(V_{cell})，進而控制電化學反應平衡，並於工作電極與對電極之間感測器電流輸出，基本電路原理如圖 2.63 的運算放大器與感測電極組成的示意圖加以瞭解。

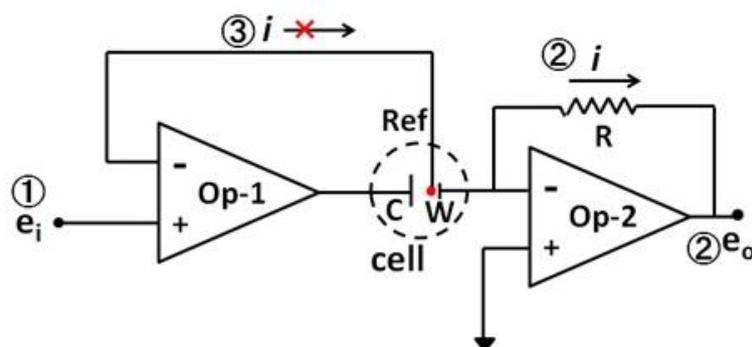


圖 2.63 恆電位儀的基本電路設計圖

運算放大器是由一個帶有 + (同相輸入端) 和 - (反相輸入端)的兩個輸入端，和一個輸出端的三角形符號來表示。運算放大器的特點為有很大的直流電流增益、高輸入阻抗、低輸出阻抗及很高放大倍數的放大器。通常可以通過從輸出側回饋到輸入側進行各種運算。因此，在兩個輸入端沒有電流的流入和流出（因為輸入阻抗非常大），以及兩個輸入端具有相同的電壓（兩個輸入端子之間的電位差為零）。

恆電位儀的基本功能可以總結成三個基本點：

1. 參照參考電極來控制調節工作電極的電位

從外部施加的電壓 e_i 同時也是施加到參考電極的電壓（因為圖中 Op-1 的兩個輸入端子的電位相同）。另一方面，工作電極的電位為接地電位（圖中 Op-2 的 + 輸入端接地，- 輸入端為浮置，但由於兩個輸入端的電位相同，因此電位等同於接地電位。這被稱為虛擬接地）。也就是說，參照參考電極工作電極的電位為 $-e_i$ 。

2. 測量流過工作電極的電流

輸出電壓與 Op-2 中流過工作電極的電流成正比，測量流過工作電極的電流即可實現。

3. 無電流流向參考電極

參考電極單獨連接在 Op-1 的 - 輸入端。由於輸入端的阻抗極高，因而無電流流過。

二、目標達成情形

(一) 網印電極選擇

市面上網版印刷有各種不同的製程，選取了三種不同製程的金網印電極以銅標準品做測試。

1. 油墨印刷製程

國際電化學大廠 DropSens 所出的金網印電極有兩種不同類型的金絲網印刷油墨，一種採用高溫工藝（約 900°C）固化，另一種採用低溫工藝（約 150°C）。圖 2. 64 兩個不同溫度的表面 SEM 圖中，可以注意到低溫處理的表面較粗糙。

以 5 mg/L Cu^{2+} 標準品做簡單電極實用性測試如圖 2. 65，發現高溫製程電極在前幾次使用時，會出現無法辨認的背景峰值，未來量產電極前處理不易。而低溫製程的電極有明顯銅氧化峰，且不需前處理。

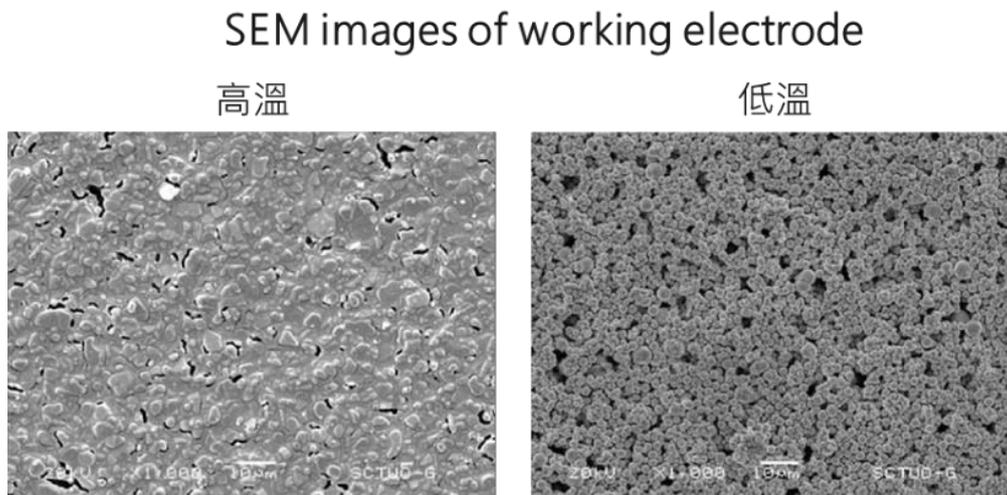


圖 2. 64 DropSens 金電極 SEM 圖

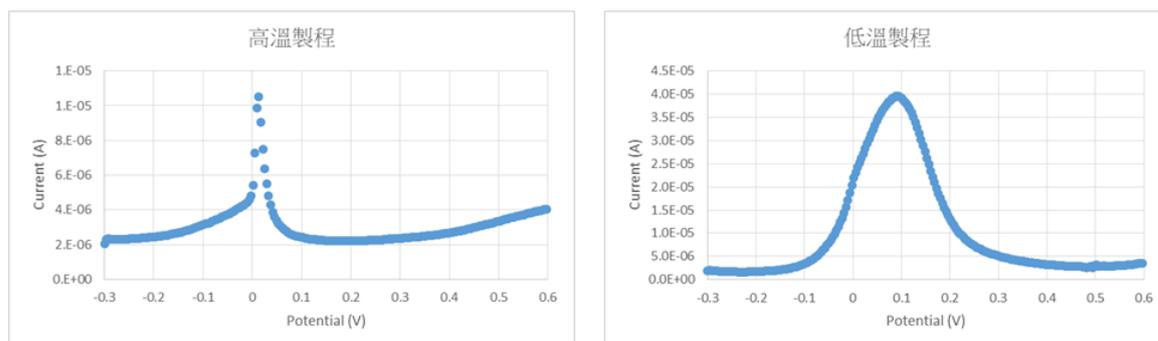


圖 2.65 油墨網印電極檢測銅

2. 半導體石刻製程

國內瑞霸生技利用半導體蝕刻製程製作擁有更微小表面顆粒的金網印電極，以提升檢測靈敏度，表面 SEM 如圖 2.66。以 5 mg/L Cu^{2+} 標準品測試發現左邊會有超過可量測濃度時出現的未完全氧化峰如圖 2.67，推測此種電極較適合檢測微量濃度，若未來仍以放流水標準為目標可能不適用。

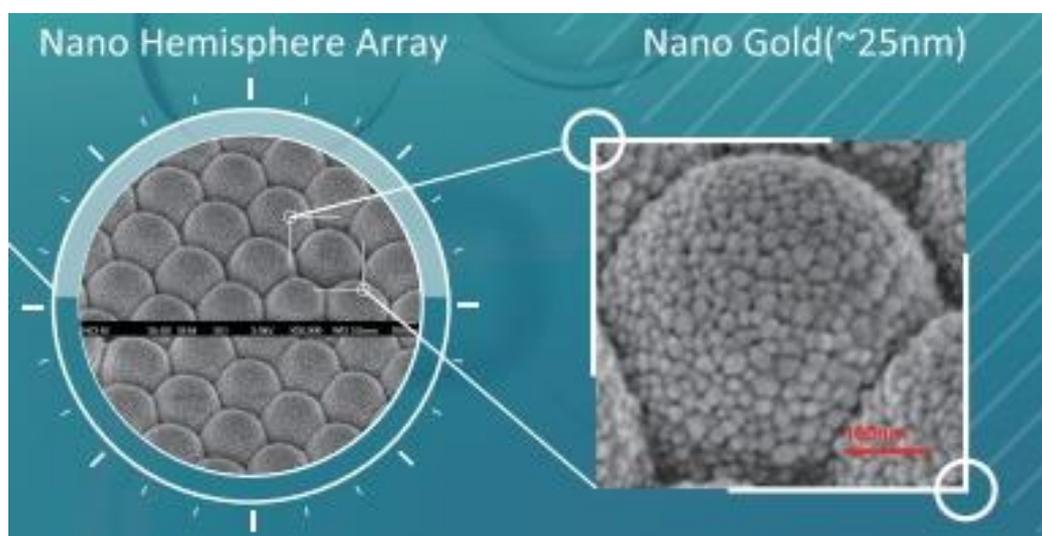


圖 2.66 瑞霸生技金電極 SEM 圖

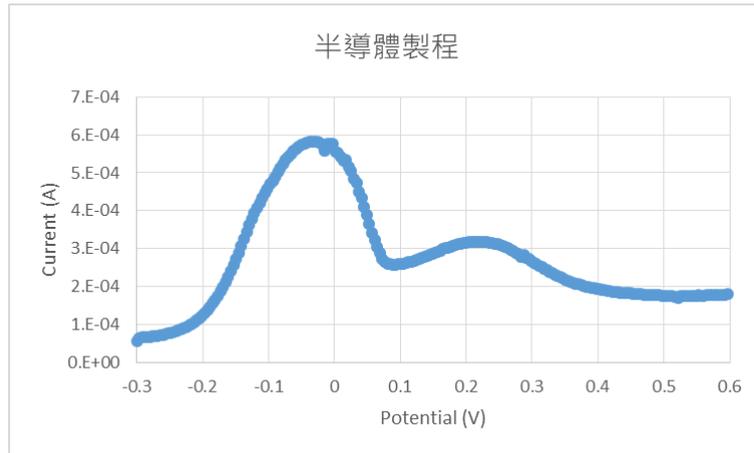


圖 2.67 半導體蝕刻製程電極檢測銅

(二) 流動系統/批次系統比較

前期計畫執行時，當機台安裝於較高濃度 Cu^{2+} 的水樣處，發現連續檢測數次峰電流值會持續飆高，如圖 2.68 (a)，由於先前實驗室測試時，於檢測間均使用 DI 水清洗，故無此現象發生，推測為現場水樣會在電極表面殘留未排淨之高濃度液珠影響後續檢測。

使用蠕動幫浦檢測 5 mg/L Cu^{2+} 標準品，發現在流動系統下，高濃度連續檢測的圖形都非常穩定如圖 2.68 (b)，確認流動式檢測的確可以解決水樣殘留的問題，後續將以流動式系統做反應槽設計。

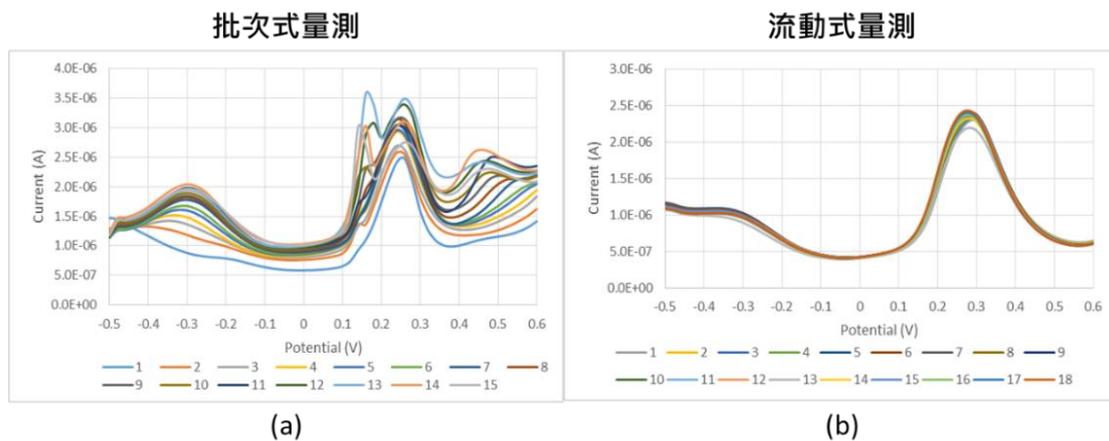


圖 2.68 高濃度 Cu^{2+} 連續檢測，(a) 批次式、(b) 流動式

(三) 流動系統反應槽設計

1. Flow-through

由於槽體製作的難易度，首先嘗試製作了 Flow-through 的晶

片化槽體，如圖 2. 69。本槽體設計在實際機台擺放方式會讓水路以下進上出的方式流通，但水樣進反應槽前須先與緩衝溶液混合，在 Flow-through 的反應槽設計上會較為不通順，且在電極表面擾動的效果不佳。



圖 2. 69 Flow-through 反應槽

2. Well-Jet

將混合的螺旋管改為微流道設計如下圖 2. 70，在微流道中混合均勻後垂直到電極表面在從電極上方溢流口排出。改為微流道設計後，混合均勻所需時間短，以兩邊均 1.6 mL/min 的流速混合均勻僅需小於 20 秒的時間，若實際量測所需消耗的緩衝溶液量約 2.5 mL，與現在實際場域緩衝溶液消耗量相近。



圖 2. 70 微流道反應槽

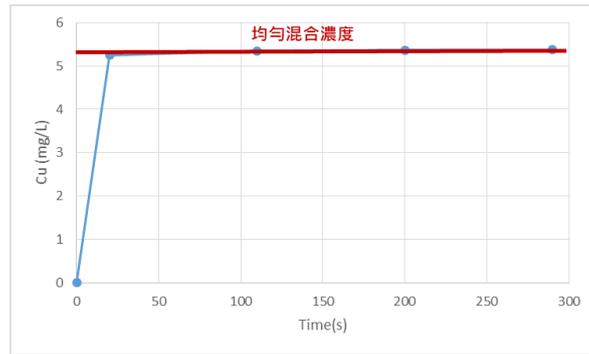


圖 2.71 微流道反應槽混合時間

(四) 電化學電路板功能

1. 硬體設計

主要控制器為 MCU STM32，MCU 負責的有類比 IO 控制讀取、抽水馬達控制、電池低電壓偵測、串列埠通訊、RS485 通訊，如下圖 2.72。串列埠通訊可藉由外部 NB-IOT 模組進行資料傳輸，可將量測資料透過 4G LTE NB-IOT 傳送到雲端做資料計算及統計。RS485 通訊可以提供 Modbus 協定，方便工業應用做系統整合。



圖 2.72 電化學電路板硬體

2. NB-IoT

NB-IoT 的網絡覆蓋為業界最佳，能在低連結品質下維持最高性能，可打造超高效平台，讓透過電池提供電力的裝置維持長時間運作。NB-IoT 雲端系統由 Device Manage、Storage、WEB Server 所構成。其中 WEB Server 可提供 UI 介面進行資料下載或是觀看設備狀態。

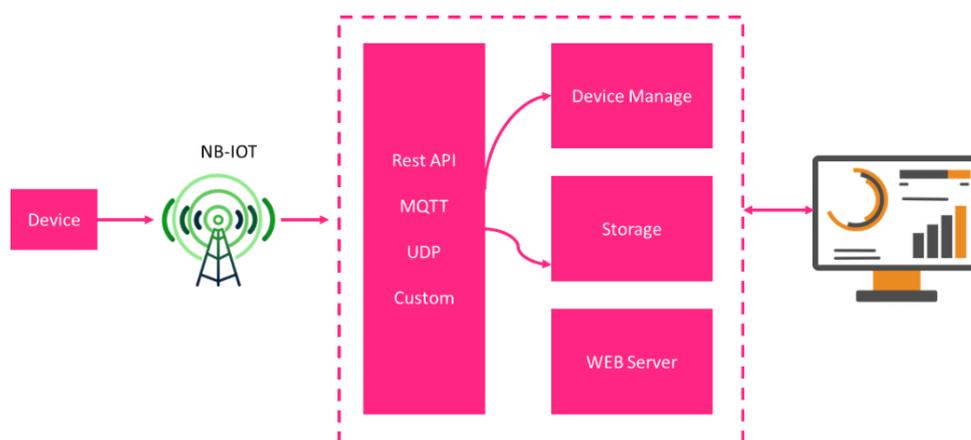


圖 2.73 NB-IOT Cloud Diagram

(五) 標準檢量線建立

1. Cu^{2+} 檢量線建立

本試驗以 Cu^{2+} 放流水標準(3 mg/L)為檢測目標如圖 2.74。電化學操作條件為①活化清洗步驟: 施加 0.6 V 正偏壓 5 s, ②沉積步驟: 施加 -0.2 V 還原電壓 15 s, ③剝除步驟: 以方波伏安法 (SWV)於 -0.2 ~ 0.6 V 進行剝除, ④清洗步驟: 施加 0.6 V 正偏壓 5 s 以確保電極表面無待測物殘留。試驗結果發現 0.5 - 5 mg/L 可建立標準檢量線, R^2 值為 0.9923。若需調整檢測範圍可微調沉積時間, 以達到不同場域檢測需求。

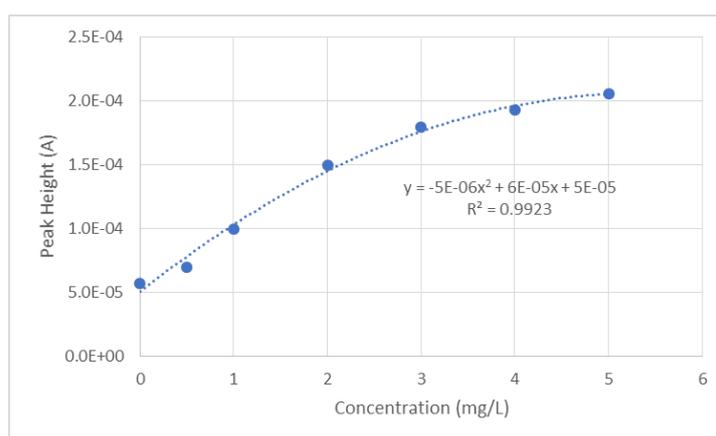


圖 2.74 Cu^{2+} 標準檢量線

2. Pb^{2+} 檢量線建立

本試驗以 Pb^{2+} 放流水標準(1 mg/L)為檢測目標如圖 2.75。電化學操作條件為①活化清洗步驟: 施加 0.6 V 正偏壓 5 s, ②沉積步驟: 施加 -0.5 V 還原電壓 10 s, ③剝除步驟: 以方波伏安法

(SWV)於 $-0.5 \sim 0.6 \text{ V}$ 進行剝除，④清洗步驟: 施加 0.6 V 正偏壓 5 s 以確保電極表面無待測物殘留。試驗結果發現 $0.5 - 3 \text{ mg/L}$ 可建立標準檢量線， R^2 值為 0.9785 。而 Pb^{2+} 量測之電位範圍較 Cu^{2+} 大，使電極可使用壽命較短。

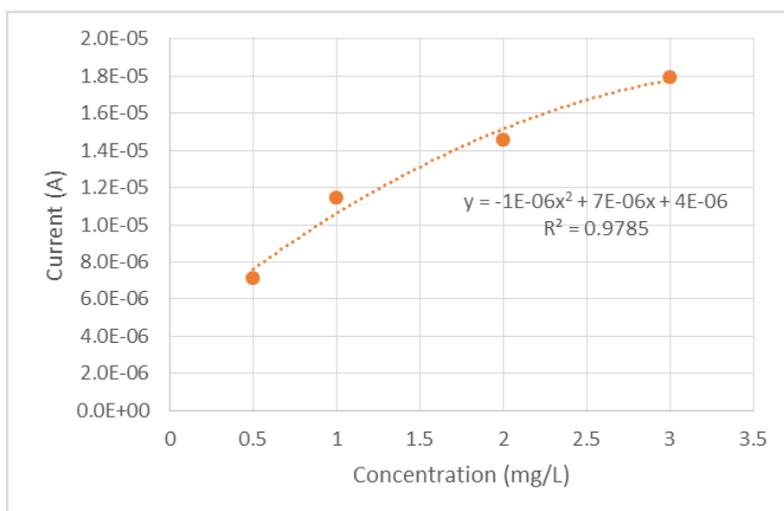


圖 2.75 Pb^{2+} 標準檢量線

(六) 穩定性測試

本試驗以 2 mg/L Cu^{2+} 標準品進行連續 12 次量測，計算量測值之標準差(Standard Deviation, S.D.)，量測結果如下圖 2.76。電流訊號之標準偏差為 $1.553992658 \mu\text{A}$ ，電流訊號平均值為 $140.5425 \mu\text{A}$ ，計算後即可得精密度為 1.106% 。本計劃之操作方法可有效符合品保品管制度，即精密度小於相對標準差 5% 以內，提升未來電化學水質感測應用規格化使用。

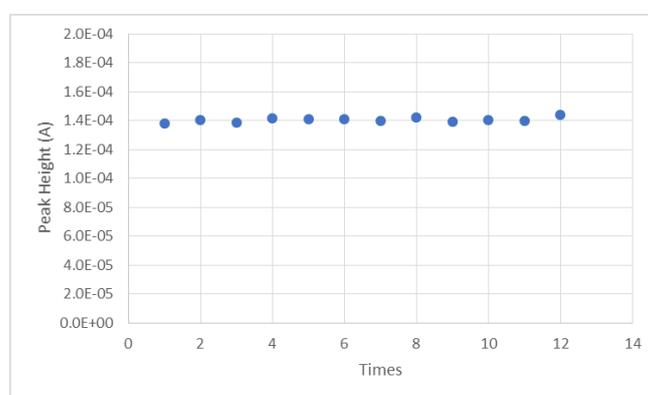


圖 2.76 穩定性測試

(七) 實場水測試

於 11/12 至桃園區布建點位 S-4 與 S-5 取水回實驗室進行水樣分析與晶片型重金屬模組實際場域水體測試。S-4 以 ICP 儀器分析實際 Cu^{2+} 濃度為 0.743 mg/L，以晶片型重金屬模組測試得到的峰電流值為 0.00010162 A，使用先前建立之標準檢量線回推得到濃度值為 0.747 mg/L，誤差 0.51%。S-5 以 ICP 儀器分析實際 Cu^{2+} 濃度為 0.354 mg/L，低於標準檢量線故外添加 1 mg/L 之標準品，測試得到的峰電流值為 0.00013174 A，回推之濃度值為 1.489 mg/L，誤差為 10.69%。檢測之誤差均小於 15%，新研發之晶片型重金屬模組有一定的可發展性。

表 2.16 晶片型重金屬模組實地場域測試數據

| Sample | ICP分析濃度值(mg/L) | 實際量測峰電流值(A) | 回推之Cu濃度(mg/L) | 誤差 |
|-------------|----------------|-------------|---------------|--------|
| 11/12 S-4 | 0.743 | 0.00010162 | 0.747 | 0.51% |
| S-5外添加1mg/L | 1.345 | 0.00013174 | 1.489 | 10.69% |

2.1.5 抽換式物聯網無線通訊模組開發

抽換式物聯網通訊模組的設計目的在於能夠依據實際應用情境，快速更換不同的通訊技術模組，在過去本計畫已經成功開發 4G、LoRa 通訊技術模組，近年來興起的第五代行動通訊技術(5th generation mobile networks 或 5th generation wireless systems，簡稱 5G)是最新一代蜂窩行動通訊技術，其中包含了寬頻(wide band)及窄頻(narrow band)領域。5G 寬頻的效能目標是高資料速率、減少延遲、節省能源、降低成本、提高系統容量和大規模裝置連接。資料傳輸速率最高可達 10 Gbit/s，比有線網路還要快，也比 4G 網路快 100 倍；網路延遲相較於 4G 的 30-70 毫秒，5G 寬頻可低於 1 毫秒的高速反應，由於資料傳輸更快，5G 寬頻網路將不僅僅為手機提供服務，還有機會成為一般性的家庭和辦公網路提供商，與有線固網提供商競爭。然而 5G 寬頻使用的 30~300GHz 毫米波很容易被大氣中的氣體吸收，也比微波輻射的範圍更小，因此必須透過建構大量的蜂巢狀基地台來增加涵蓋範圍，提供商建置成本高也就代表了使用者必須付出更高的網路費用，在偏鄉郊區環境也會因為不容易建構高密度基地台而使得通訊效果大打折扣，種種因素使得 5G 寬頻的使用情境受到限制。

然而在環境感測物聯網應用，需要的是無論市區、郊區甚至山區、渠道的

大範圍通訊，且使用成本低，由於傳輸資料量少且取樣週期長，反而不需要高速低延遲的寬頻網路。因此 5G 通訊為了滿足物聯網應用的全面性，其內涵也定義了窄頻通訊為這類物聯網裝置提供解決方案，其中 NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) 已成為此領域的主流通訊技術。本年度計畫即以 NB-IoT 技術進行開發新款抽換式通訊模組，NB-IoT 網路是以 LTE 架構為基礎的窄頻通訊，是一種專為物聯網打造的電信級蜂窩網絡連接技術，顧名思義，NB-IoT 所占用的帶寬很窄 (僅 180KHz)，且使用授權頻段可與電信業者現有網絡共存，並且能夠直接部署在現有網路下，大幅降低部署成本，主要具有以下幾項特點：

(一) 覆蓋範圍大

相較於 GSM、LTE 等網絡，NB-IoT 收發能力整體增強了 20 dB，因此信號的傳輸覆蓋範圍更大 (理想狀況下能覆蓋 35 km)，且經由縮小帶寬提升功率頻譜密度，及重復發送獲得時間分集增益等機制，更有助穿牆能力，提升建築物內、地下室等場所的通訊能力。

(二) 連線數量多

相較於現有 GSM、LTE 技術，物聯網應用特性對於傳輸延遲較不敏感，以及頻寬較窄資源利用率更高，提升頻譜密度，因此同一基站下可負載多達 50~100 倍的連線數量，每個小區域可以達到五萬個連線數。

(三) 低功耗

NB-IoT 終端設備若發射頻率低，可利用 PSM、eDRX 低功耗模式技術使 99% 的時間內均處在幾乎不耗電的休眠狀態，故可長達十年的理論待機時間。

(四) 低成本

通訊硬體相較於 LTE 簡化，加上軟體通訊協定簡化，因此大幅降低了 NB-IoT 模組成本，最低市場量產成本小於 5 美元。

本計畫開發之抽換式 NB-IoT 無線通訊模組，圖 2.77 為電路架構，電路設計以工業標準進行，提升各種應用環境的穩定性。無線射頻前端採用美國高通晶片模組；電源採用直流電輸入因此可適用電池供電，電壓輸入範圍可達 DC 5 ~ 18 V，並採用低功耗切換式轉換技術提升效率並降低待機電流，電路具有自復式保險元件及防逆接、防突波電壓保護設計；核心使用一組低功耗嵌入式單

晶片處理器，負責協調周邊與通訊協定等運作；周邊電路使用低時脈震盪器，並結合 PLL 鎖相迴路震盪電路產生高頻主頻，相互執行時脈校正，藉此可以確保系統運作時高效能，並在睡眠時降到最低功耗；按鍵開關及 LED 燈號提供功能設定、運作狀態顯示使用。

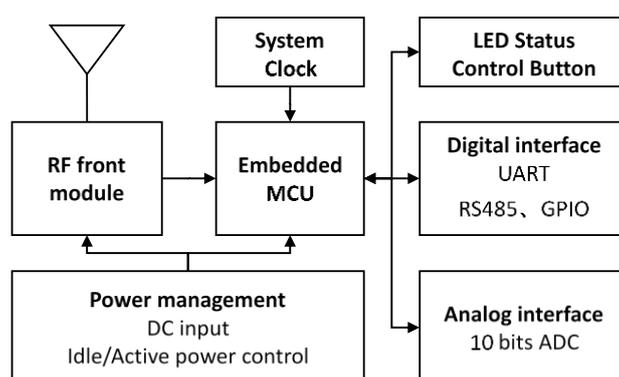


圖 2.77 抽換式 NBIoT 通訊模組電路架構

電路上負責協調周邊工作的嵌入式單晶片使用 Microchip 生產之 AVR ATxmega64A3U，這是一顆具有運作穩定、低耗電、高效能等特性之 8 位元單晶片 RISC 核心處理器，但因部分指令集及資料匯流排為 16 位元，因此又歸類為 8/16 位元處理器，內建有 ADC、DAC、SPI、UART、I2C 等豐富 I/O 介面，64 K bytes Flash 程式空間、4 K bytes 記憶體單元，2 K Bytes EEPROM，運算速度可達 32 MIPS，加上豐富的指令集使得處理速度超越一般 8 位元處理器，高度整合的設計也讓周邊幾乎不需要再其他元件即可運作，市場價格小於 2 美元，且自身低功耗小於 50 mW，更符合低功耗的需求，其內部等校電路架構如圖 2.78 所示。

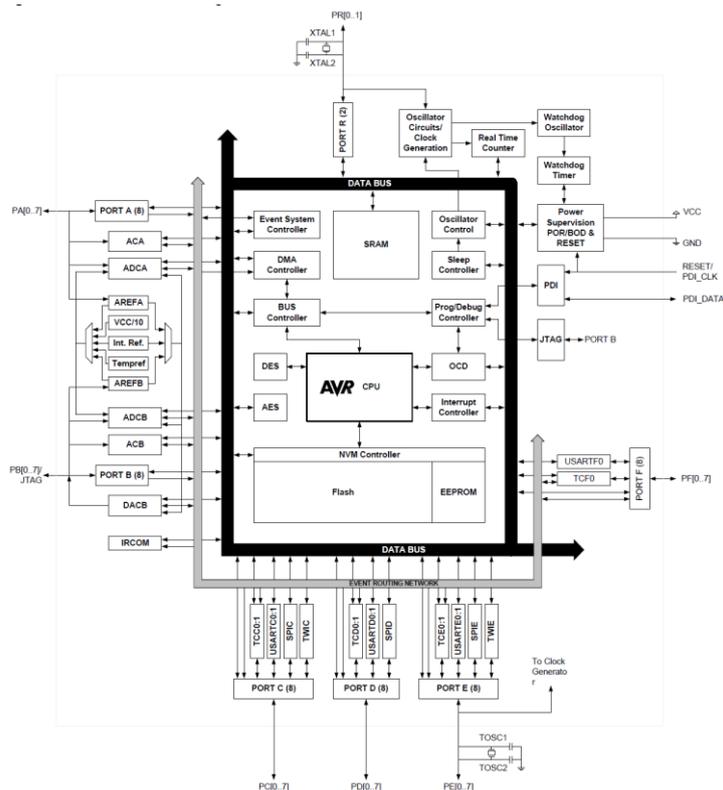


圖 2.78 AVR ATxmega64A3U 晶片內部等校電路架構

電路上設計 RS485 收發器提供參數設定需求時使用，此為工控領域常見的有線通訊介面，僅需二條線、傳輸距離長且不易受干擾，電路設計上採用美國德州儀器生產的 SN65HVD35 全雙工驅動收發晶片，最高可實現 256 節點併聯，具有 15 KV ESD 抵抗能力，最高 1 Mbps 傳輸速率，1 μ A 待機電流。

電源管理上設計為 5 ~ 18 VDC 大範圍輸入環境，可確保電源條件變動時的穩定性，並且可在睡眠時降低靜態電流到微安培等級，降低通訊模組的平均功耗。電路上採用美商 Linear Technology 生產之 LT8608，這是一顆低功耗 DC/DC 切換式穩壓集成晶片，最高輸出電流可達 1.5 A，最低 1.7 μ A 的極低靜態電流；晶片內含所有必要的 MOSFET 元件，能減少外接元件的需求；低漣波 Burst Mode 能維持高效率至極低的輸出電流，同時讓輸出漣波小於 10 mV；內部補償具有峰值電流模式拓撲，可使用小型電感，達到快速暫態響應和良好的迴路穩定性，並減少電路板布局面積。

無線射頻方案採用美國高通 MDM9206 晶片，支援 Cat-M1 和 Cat-NB1 協定，並同時支持 Cat-M1、Cat-NB1、E-GPRS 三種標準，Cat-M1 擁有較大的頻寬傳輸量，在時延比較敏感的應用中可擁有較好的表現；Cat-NB1 則成本優勢明顯，在時延不敏感、數據輸出相對低的應用環境中特別適合使用。

通訊模組與感測器之連接介面接腳相容於過去發展之 LoRa、4G 等通訊模組，因此可以直接抽換使用，具備有 VCC、UART Tx、UART Rx、DIO、GND 等 I/O，其中 DIO 用作喚醒使用，當感測器在發送資料前可透過此 I/O 喚醒通訊模組，待資料傳輸完成後模組將自動進入睡眠，節省不必要的能源浪費；內建 RS485 端子提供布建維運人員可透過此進行模組參數調整設定；模組上並保留類比數位轉換介面(ADC)，可作為未來擴充需求的預備。設計完成之電路如圖 2.79。

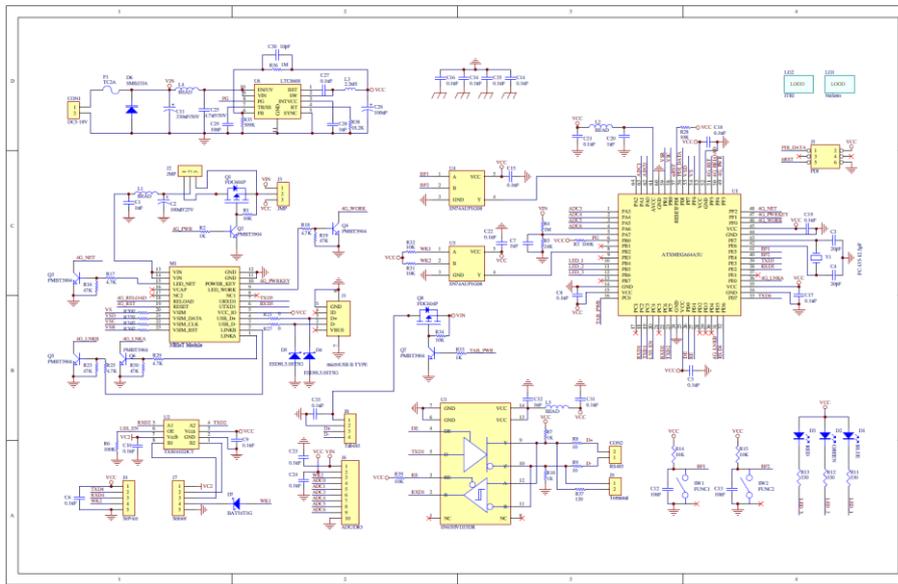


圖 2.79 抽換式 NB-IoT 通訊模組電路圖

前端水質感測模組連接好介面後，只需將感測到的資料透過通訊封包送交給通訊模組後即可，通訊模組在收到資料封包後，則回傳一個確認封包給感測模組交代資料完整性，隨後通訊模組便開始自主進行無線通訊發送作業。通訊模組會將收到的感測資料包裝為無線通訊格式後，自動進行網路連線、傳送、確認亦或是失敗重發等工作；若於設定時間內沒有收到感測資料，通訊模組亦會主動發送一組經過標記的心跳封包至後端資料中心，告知後端平台通訊存活狀態以及感測器失效狀況，作為系統管理的輔助資訊。另外網路失效時，通訊模組會自動嘗試重新連線，當網路恢復後即回復功能，減少人力維護的需求。

電路板佈局上採用雙面板結構，設計尺寸同先前成果之 LoRa、4G 抽換式通訊模組名片大小，孔位、尺寸、按鍵、燈號、接線位置皆相同，完全相容於過去成果，設計模擬圖如圖 2.80 所示，實體成果如圖 2.81 所示。

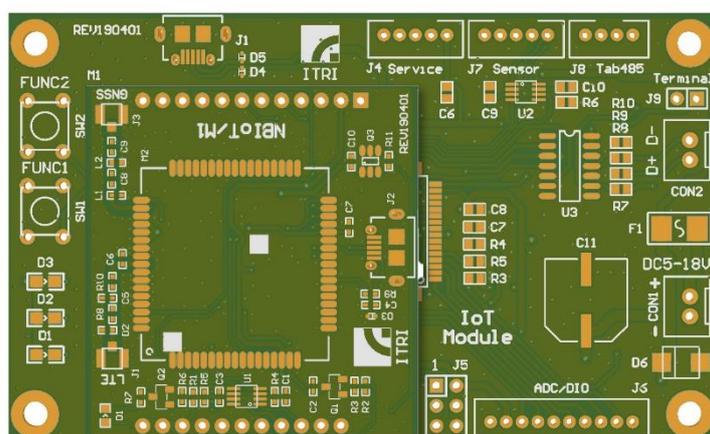


圖 2.80 抽換式 NBloT 通訊模組設計模擬圖

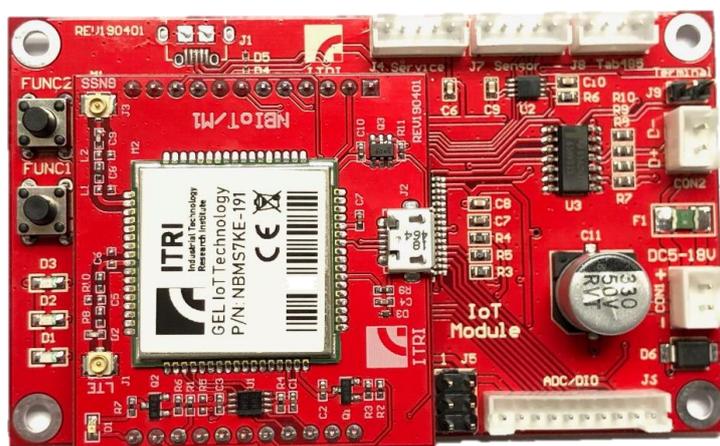


圖 2.81 抽換式 NBloT 通訊模組實體圖

為提高上線後的穩定性並減少維護人力，模組加入了自我修復的機制，在硬體層面上設計有獨立的看門狗計數器，當系統處理器當機時，看門狗計數器會持續累計直到逾時觸發硬體重置，強迫處理器重新啟動；若處理器已運作正常但通訊傳送資料持續失敗時，程式會自動透過測試封包檢查與公眾網域名稱伺服器(domain name server, DNS)之間的溝通，如果這部分也持續失敗則會再次強制硬體重新開機，接著初始化通訊相關設定參數，待通訊恢復連線後隨即重新啟動資料傳輸工作，藉此確保模組自我修復工作並且可長期持續運作，相關機程序如圖 2.82 所示。

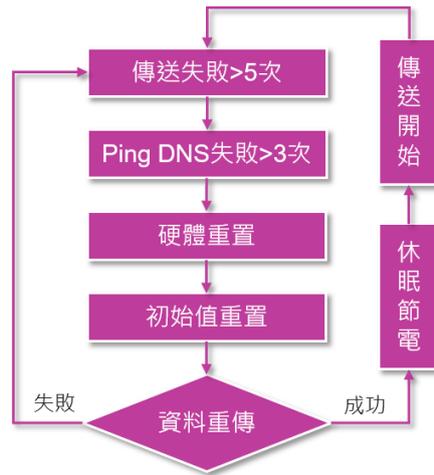


圖 2.82 通訊失敗重啟機制程序

在模組的耗電量上，由於電路設計時即考量到盡可能地降低功耗，無論是使用的元件、電源管理架構、輸出入架構皆為低耗電設計，即使完全不睡眠狀態下平均耗電量也低於 0.5 W，但為求各種供電條件下的省電需求，仍然設計有三種運作模式，分別為關閉睡眠、輕睡眠、深睡眠三種：關閉睡眠模組處於持續運作的狀態，可隨時接收資料封包並且快速處理發送資料，在 12 V 電源下耗電量約為 15 mA；輕睡眠則會在模組未動作一段時間後，自我將核心處理器進入睡眠狀態，但射頻區塊則持續與網路連結沒有斷開，只透過降頻運作節省能耗，模組雖必須透過喚醒才能處理資料封包，但仍可快速處理發送資料，此狀態下耗電量約 0.7 mA；深睡眠會在模組未動作一段時間後，將核心處理器與射頻區塊都進入睡眠狀態，網路連線會斷開但網路連線參數則會維持，並告知基地台保留網路位址讓下次醒過來時可以快速聯網，模組必須透過喚醒才能處理資料封包，且醒過來後必須等待數秒至數十秒重新連線網路，喚醒後必須花較多時間去回復到可發送資料的狀態，但此睡眠狀態下耗電量可低 0.05 mA 以下，幾乎為不耗電的狀態。透過多樣化的省電機制，讓通訊模組可以適應各式各樣的感測器應用條件。

本年度實場布建，搭配使用中華電信 NB-IoT 服務，在所有布建位置皆可順利通訊，透過 CMP 網路連線管理平台(圖 2.83)可管理使用的 SIM 卡門號啟用狀態、資料流量、連線狀態、IP 位址等，並在需要時可遠端執行診斷。另可透過本計畫開發的粗資料查詢工具(圖 2.84)讓維運人員可以在應用網頁平台都斷線的狀況時，仍可查詢資料中心的原始資料運作狀態，協助第一時間判斷資料流快速處理突發事件。



圖 2.83 CMP 網路連線管理平台

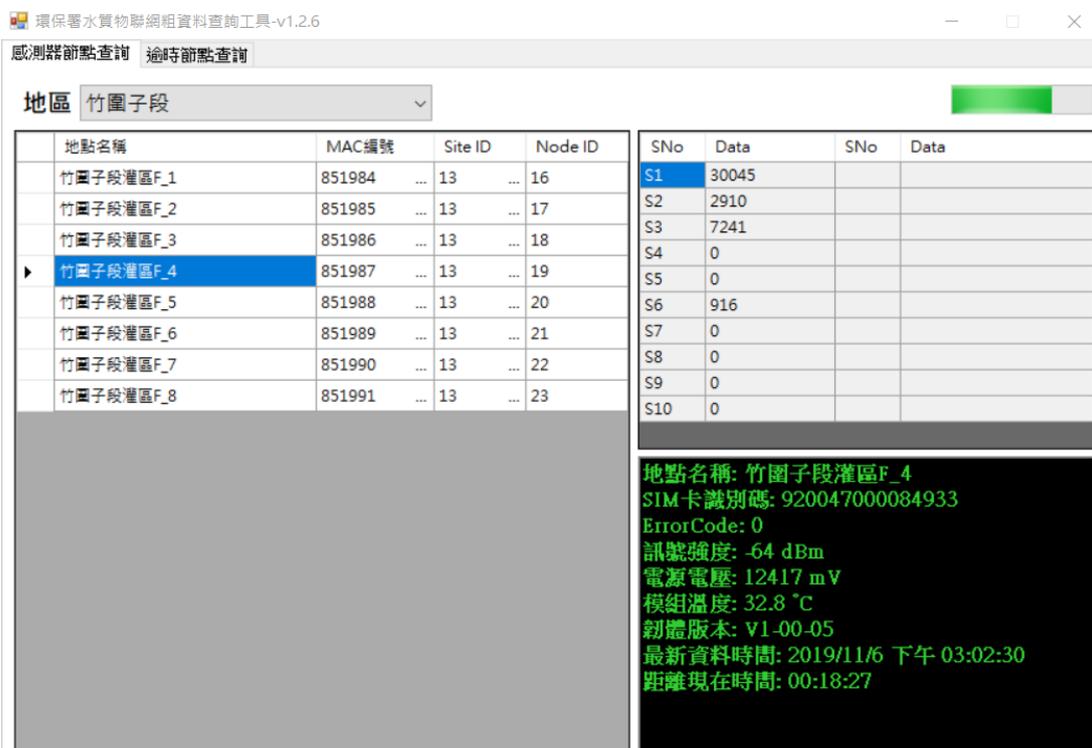


圖 2.84 粗資料查詢工具

2.2 設計與整合水質感測器及原型機

目前重要的水質監測項目主要為架設於實驗室中的大型分析儀器，卻面臨不易搬遷至現場進行即時監測與造價十分昂貴之問題。而現地監測主要是以流動注入分析法設計的全自動流動分析儀，雖有自動化採樣、分析快速、高精確度及低偵測極限等特性，但其系統龐大且造價昂貴導致應用性降低。近來市面上亦有可在野外進行之自動化水質監測系統，但造價十分可觀。因此，若要達成可於野外輕易架設與廣佈之目的，水質監測系統需具備易搬運、高靈活性且可自動化即時監測水質之特性外，在價格上更需大幅降低至一定水準，有鑑於此，在系統端的設計勢必還有大幅改善空間。

因此，本計畫兼顧合適成本，以系統之即時性、便利性與自動化等功能為設計主軸，提出 3 種可應用於不同場域及感測應用之原型機，以 pH、溫度、電導度三合一感測模組為主要基本配置，搭配前處理、通訊等模組，設計包括固定接觸式、固定非接觸式、浮動接觸式等應用載具，選擇性搭配整合 CODs、重金屬離子濃度感測模組，或者是新興研發之餘氯、濁度，以及溶氧量感測模組，以應用於各種不同之水質情境，擴增更多用途，優化整體監測應用情境。

2.2.1 固定接觸式新興研發模組原型機

一、工作項說明

依可能的應用場域及水質感測需要，以上述研發之感測元件水質偵測項目，包括餘氯、濁度及重金屬感測模組，搭配改進之 pH、溫度、電導度三合一感測模組，組裝成具備不同感測項目、水樣汲取、不同電源供電方式，及不同通訊方式的水質感測器。為了提高系統的靈活性及校驗方便，固定接觸式新興模組原型機主要控制電路以電子積木式電路為出發點。

二、原理及方法

電路設計時，為了供應穩定正、負電壓源給各個運算放大器、各量測模組、驅動電路及 IC，加入 Dual-rail Supply Voltage Circuit 輸入 12 伏特電壓給此電路進行分壓，分成穩定 5 V 及 -5 V，使各個 IC 在運作時可以達到最佳效果，也不會因為電路設計太多運算放大器使電源供應不足問題，利用此電路解決了此項問題，使電壓更加穩定。

針對感測器所在之測槽體加入水位偵測功能，可以自動感測槽體滿水

時間點，可避免溢流情況產生，以及取樣過程中無法抽取水體時，亦可當作系統裝置錯誤之警訊提醒。對於無線通訊技術，本計畫團隊過去已成功開發符合水質物聯網監測技術需求之 LoRa 無線通訊模組，以及 3G/4G 行動網路技術，並在實際場域應用得到良好的狀況與可靠度，且在開發設計初即考量抽換式需求，方便未來因應情境抽換不同的通訊技術。

三、目標達成情況

電路設計時，為了供應穩定正、負電壓源給各個運算放大器、各量測模組、驅動電路及 IC，加入 Dual-rail Supply Voltage Circuit 輸入 12 伏特電壓給此電路進行分壓，分成穩定 5 V 及 -5 V，使各個 IC 在運作時可以達到最佳效果，也不會因為電路設計太多運算放大器使電源供應不足問題，利用此電路解決了此項問題，使電壓更加穩定。而為減少感測模組量測電路板的數量，本計畫將酸鹼值、溫度，以及電導度量測電路整合於主電路板中。另外，加強量測端接地隔離設計，以改善電路雜訊干擾，並簡化電路架構，減少元件使用數量，同時縮小電路面積，且系統加入斷電功能，不量測時可以達到省電目的。

針對感測器所在之檢測槽體加入水位偵測功能，可以自動感測槽體滿水時間點，可避免溢流情況產生，以及取樣過程中無法抽取水體時，亦可當作系統裝置錯誤之警訊提醒。此外，因 107 年度在系統組裝過程中，發現組裝人員易將感測器與連接線接錯方向，導致電路板或者是感測模組的損壞，因此在連接埠加入防呆裝置，以避免導線接錯的情況產生。

對於無線通訊技術，本計畫團隊過去已成功開發符合水質物聯網監測技術需求之 LoRa 無線通訊模組，以及 3G/4G 行動網路技術，並在實際場域應用得到良好的狀況與可靠度，且在開發設計初即考量抽換式需求，方便未來因應情境抽換不同的通訊技術。

107 年研發的固定接觸式模組，於場域測試中，電池續電量、感測模組更換，及水管路清潔等工作事項，因系統裝置內部機構配置設計複雜，造成現場維運工作極為複雜，因此除上述電路優化、水位計，以及模組對接等，108 年原型機針對內部機構進行優化，亦對接新研發之感測模組，如圖 2.85。而 107 年與 108 年研發之原型機實體比較如圖 2.86 所示。

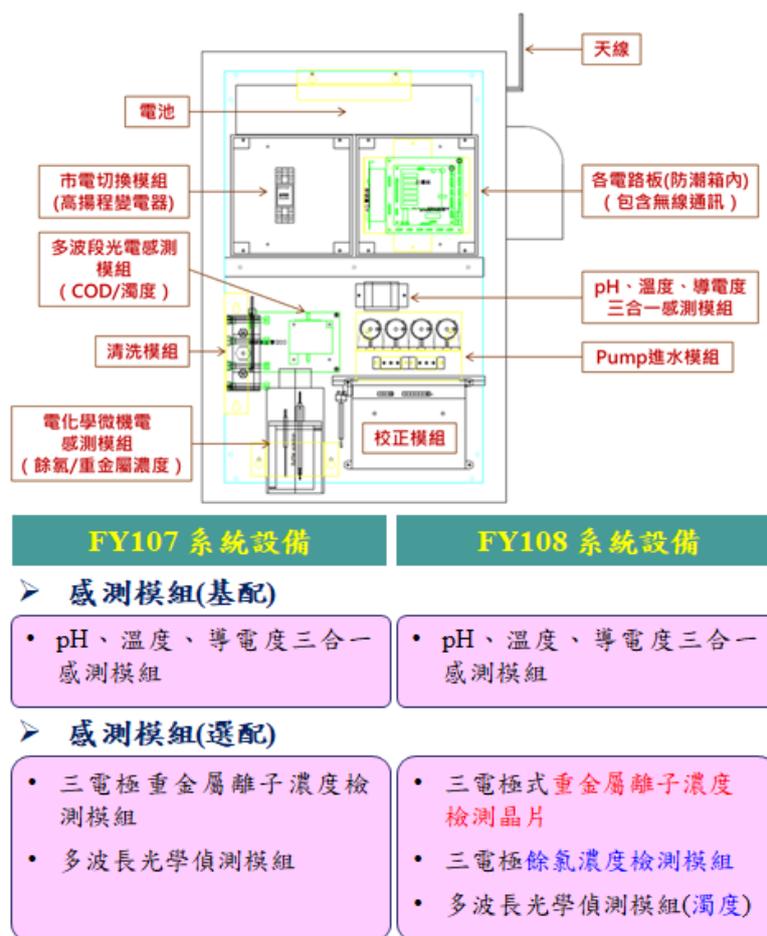


圖 2.85 107 年與 108 年研發模組原型機之比較

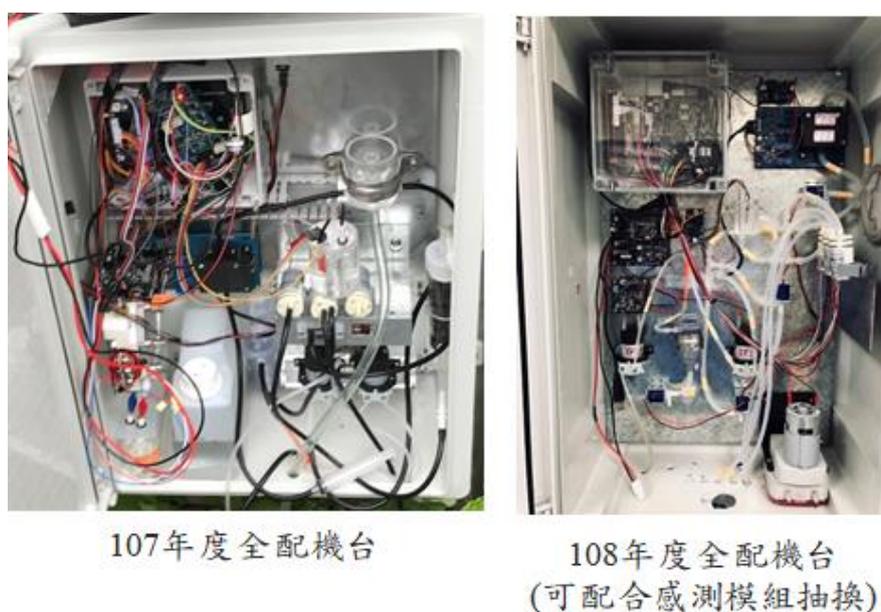


圖 2.86 107 年與 108 年研發模組實體原型機之比較

四、結論與建議

團隊將在 10 月 31 日前完成 3 台整合不同感測應用之原型機，於 3 種可應用場域進行測試驗證。

此外，為因應後續新興研發感測模組可以廣泛應用於各式系統，除感測模組增加工業用連接頭(Modbus)外，固定式原型機主電路板也將進行修正感測模組對接方式，以及場域測試驗證，確認感測模組易於與固定式機台對接，以及進行量測與接收，提供固定式機台未來對接採用相同工業用連接頭的市售感測模組，讓固定式機台能依據場域水質監測需求，更換不同之水質感測模組。

2.2.2 固定非接觸式新興研發模組原型機

一、工作項說明

固定式新興模組原型機係以酸鹼值、溫度，以及電導度三合一感測模組基本水質感測模組，選擇性搭配整合包括餘氯、濁度以及重金屬感測模組，組裝成具備不同感測項目、水樣汲取、不同電源供電方式，以及不同通訊方式的水質感測器，可應用於各種水質監測應用場域。

但本計畫製作之水質感測模組整合多種小尺寸元件，一旦阻塞，會導致水流通量明顯降低，而縮短感測模組的使用壽命，造成操作成本增加。除採用水樣進行前處理，降低阻塞問題，亦規劃浸水式系統裝置設計與製作，透過步進馬達齒輪組或者是伸縮汽缸將感測模組浸入實場水體量測。

為了提高系統的靈活性及校驗方便，固定非接觸式新興模組原型機主要控制電路採用固定接觸式新興模組原型機的電子積木式控制電路設計原型。在完成量測後應立即將量測數據透過無線傳輸方式往後端平台傳送。

二、原理及方法

本計畫將分別採用步進馬達齒輪組或者是伸縮桿零組件建置固定非接觸式原型機，將感測模組浸入水體中進行量測，量測完成後再將感測模組清潔收回至裝置內部。

步進馬達 (Stepper motor, Step motor)係採用採用開迴路控制 (Open-loop control) 處理且以脈波信號切換電流觸發器，讓步進馬達可正確地依比例追隨脈波信號而轉動，達成精確的位置和速度控制，達到極佳穩定性。透過控制器發出運轉指令，傳送需求速度以及運轉量的指令脈波信號。

傳送的運轉指令脈波信號為間斷性方形波信號，再來提供電力以保證馬達按指令運轉，驅動器會隨控制器傳送來的脈波信號來控制電力，由電流通順序的來激磁迴路，並控制提供給馬達的電力以驅動迴路，最後馬達本體將電力轉化為動力，並按指令需求脈波數運轉，讓步進馬達的精準帶動著線不讓收線與放線拉扯產生斷裂的情況。其控制原理如圖 2.87 所示。

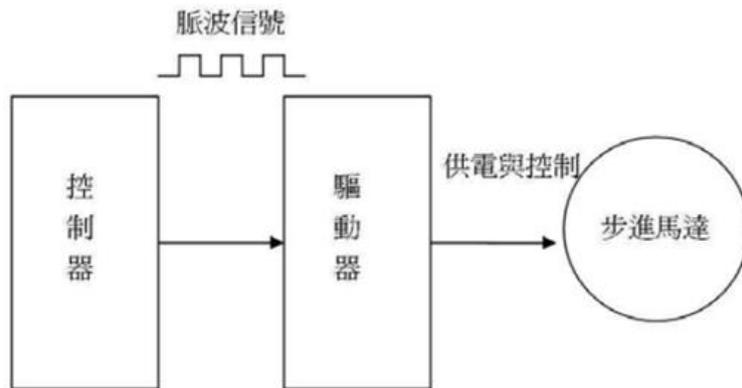


圖 2.87 步進馬達控制原理

電動推杆，又名線性推杆，它是一種機電一體的零配件產品，工作原理是將電動機的旋轉運動轉變為推杆的直線往復運動的電力驅動裝置，如圖 2.88 所示。可用於各種簡單或複雜的工藝流程中做為執行機械使用，以實現遠距離控制、集中控制或自動控制。其特點在於設計新穎精緻、體積小、精度高、完全同步、自鎖性能好、乾淨，電動機直接驅動，毋需使用管路的氣壓系統或油壓動力。

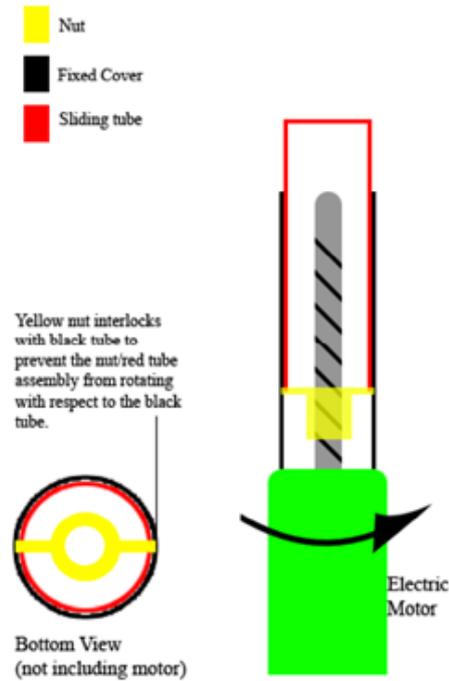


圖 2.88 電動推桿作動原理

三、目標達成情形

為了提高系統的靈活性及校驗方便，並避免阻塞，導致水流通量明顯降低，而縮短感測模組的使用壽命，造成操作成本增加，固定非接觸式新興模組原型機分別採用步進馬達齒輪組或者是伸縮桿零組件建置，將感測模組浸入水體中量測，量測完成後再將感測模組清潔收回至裝置內部。

首先採用步進馬達齒輪組，並將感測模組浸入水體中進行量測，量測完成後再將感測模組清潔收回至裝置內部。如圖 2.89 所示，將線材放入讓馬達 1 帶動線材，設定正反轉帶動伺服馬達左右移動，讓現才能規律左右移動，以免線材會同位收線，在驅動馬達 2 讓集線槽能定速轉動，以馬達 2 為主軸讓線能規律且平整的收集。實體測試架設如圖 2.90 示。

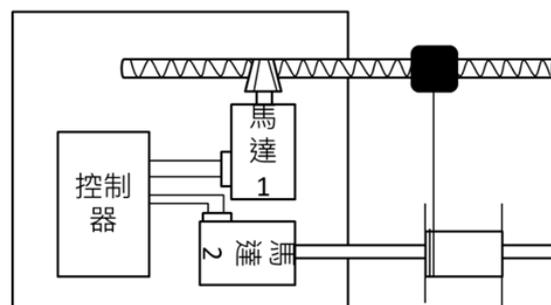


圖 2.89 感測模組自動收放浸入水體進行量測之機構初步構想

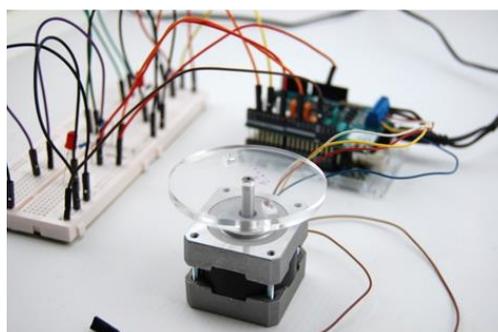


圖 2.90 感測模組自動收放浸入水體進行量測之機構初步實體架設

固定非接觸式新興模組原型機亦會利用伸縮桿零組件將感測模組浸入水體中進行量測，量測完成後再將感測模組清潔收回至裝置內部。而透過主控制電路，當處於開關設於正轉時，馬達控制電路會偵測到正轉訊號，並告知主控制電路目前的狀態，觸發主控制電路正轉程式指令去切換繼電器 1 與繼電器 2 使馬達正轉，如圖 2.91 中，繼電器的黑線並達到速度上的控制，相反地，如果開關調至反轉，也會偵測到反轉訊號，接著觸發主控制電路反轉程式指令去切換繼電器 1 與繼電器 2 使馬達反轉，如圖 2.91 中的紅線去完成反轉時的速度控制。

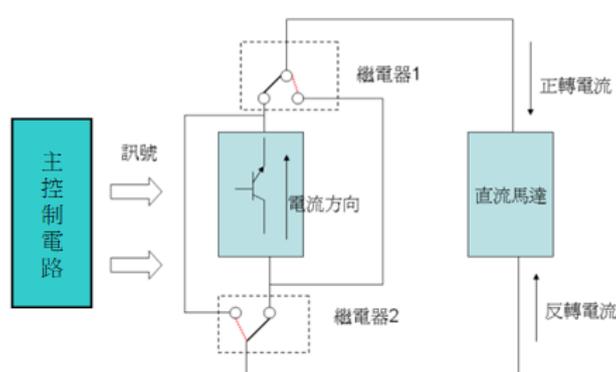


圖 2.91 外接式馬達控制器示意圖

圖 2.92 馬達下方接這兩個二極體，稱之為『飛輪二極體』，透過飛輪二極體去確保正反轉時馬達電路能正常的運作，防止電壓在正負切換時電流方向的不同導致馬達燒毀的保護元件。繼電器是使用台製的 3P 繼電器，通過偵測電路的正反轉經過主控制電路的計算將切換繼電器的常閉或常開接點，以達到控制電流方向，進而使推桿馬達有正反轉的功用。實體架設圖 2.93 所示。

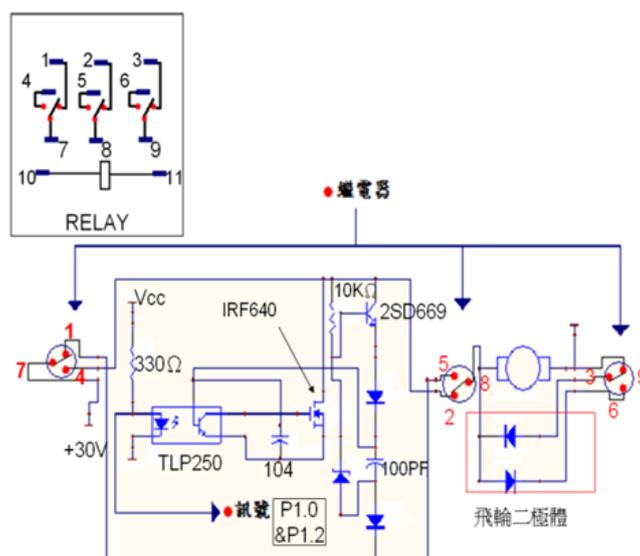


圖 2.92 外接式馬達控制器電路圖

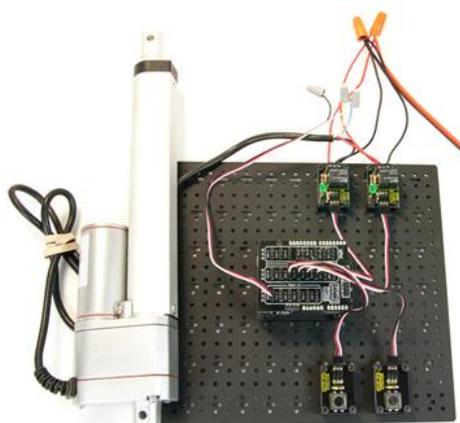


圖 2.93 利用控制程式作動電動推桿機構進行取樣測試

固定非接觸式新興模組原型機分別採用步進馬達齒輪組或者是伸縮桿零組件建置，透過測試可比較兩種不同機構之優缺點：

- (一) 電動推桿具有可靠的超載自動保護性能，即使超負荷或運行至行程終點時，電機照樣正常運轉，卻不會燒毀或損壞其他機件。
- (二) 電動推桿可以帶負荷啟動，而馬達齒輪組卻很困難。
- (三) 電動推桿在其額定的推、拉力範圍內，其推、拉力可無級調節，所以驅動裡範圍廣，而馬達齒輪組則無法辦到。
- (四) 電動推桿採用齒輪軸傳動，動作靈敏，運行平穩，能有效地緩解外來的衝擊力，行程控制準確，馬達齒輪組則不能做到。

- (五) 電動推桿採用全封閉結構，體積小，便於安裝維修。在惡劣的環境下不吸塵、不進水、內部不銹蝕，使用壽命比馬達齒輪組長久。
- (六) 維修方便，在特殊情況下，電動推桿只需更換即可，而馬達齒輪組需先慢慢查明故障原因，再進行仔細維修，這將影響全部工作的正常運行。

表 2.17 步進馬達齒輪組與伸縮桿組比較表

| | 步進馬達齒輪組 | 伸縮桿組 |
|----------|---------|--------------|
| 超載自動保護 | 無 | 有 |
| 帶負荷啟動 | 不可 | 可 |
| 推/拉力無級調節 | 不可 | 可 |
| 運作穩定性 | 較差 | 穩定 |
| 耐用性 | 無封裝，易鏽蝕 | 全封裝，可於各種情境使用 |
| 維修難易度 | 難 | 易 |
| 重量 | 輕 | 重 |

透過組件測試驗證，確認步進馬達齒輪組與伸縮桿零組件的優缺點後，本計畫將以伸縮桿零組件來建置固定非接觸式新興模組原型機，其機構設計如下圖 2.94 所示。

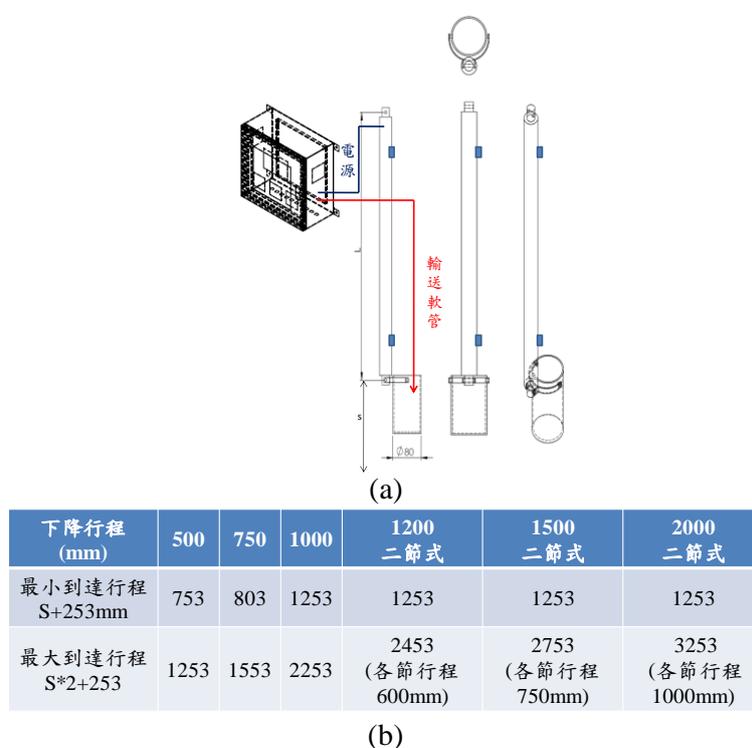


圖 2.94 伸縮桿(a) 採樣方式及 (b) 長度

操作方式為啟動下降電源至定點停止，深入欲採水體中，接觸水體時取樣瓶傾倒至固定角度，便於水樣進入；啟動上升電源，伸縮桿回至定點，上升時取樣瓶回復直立，啟動採水樣泵並進行水樣偵測。

本計畫採用伸縮桿零組件來組裝固定非接觸式新興模組原型機，其控制流程如圖 2.95 所示。並依照機構設計進行組裝測試，其原型機實體如圖 2.96 所示，且完成 3 台原型機進行實驗室測試驗證。

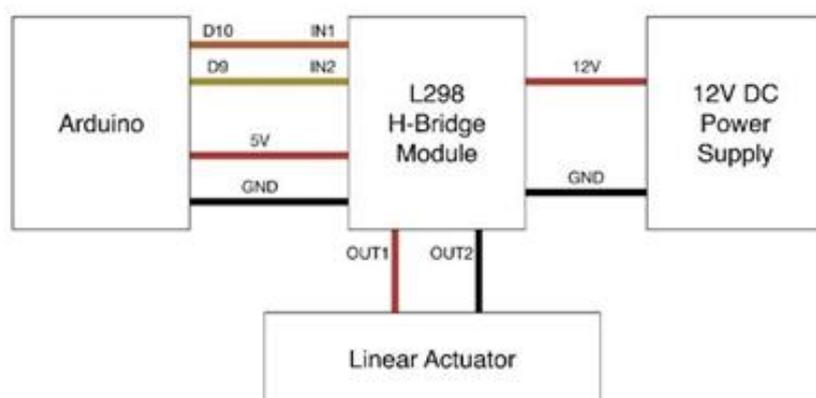


圖 2.95 伸縮桿控制流程圖

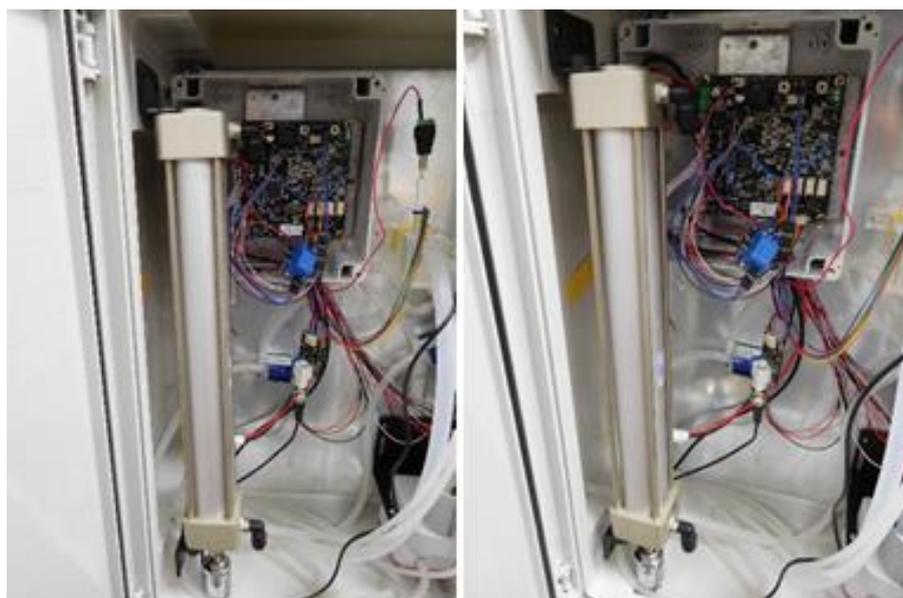


圖 2.96 以電動伸縮桿自動收放浸入水體之機構實體架設

本計畫在完成 3 台原型機實驗室測試驗證後，分別架設於竹東圳、工研院中興院區管路渠道，以及湖口工業區進行實場測試，其測試結果如圖所示，酸鹼度、電導度以及溫度與標準儀器量測的平均精確度/誤差分別為 $\pm\text{pH}0.15$ 、 $\pm 10.3\%$ 與 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，如圖 2.97 至圖 2.99。

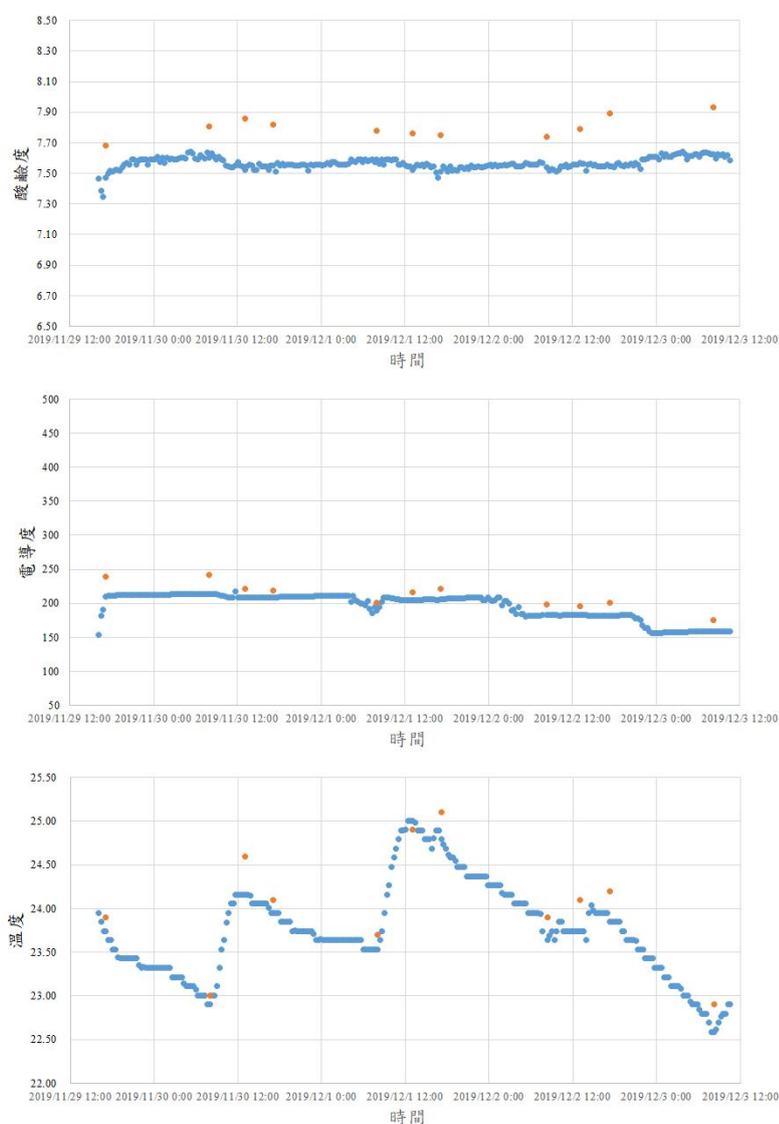


圖 2.97 3 台固定非接觸式原型機架設於竹東圳進行實場水質長時間監測

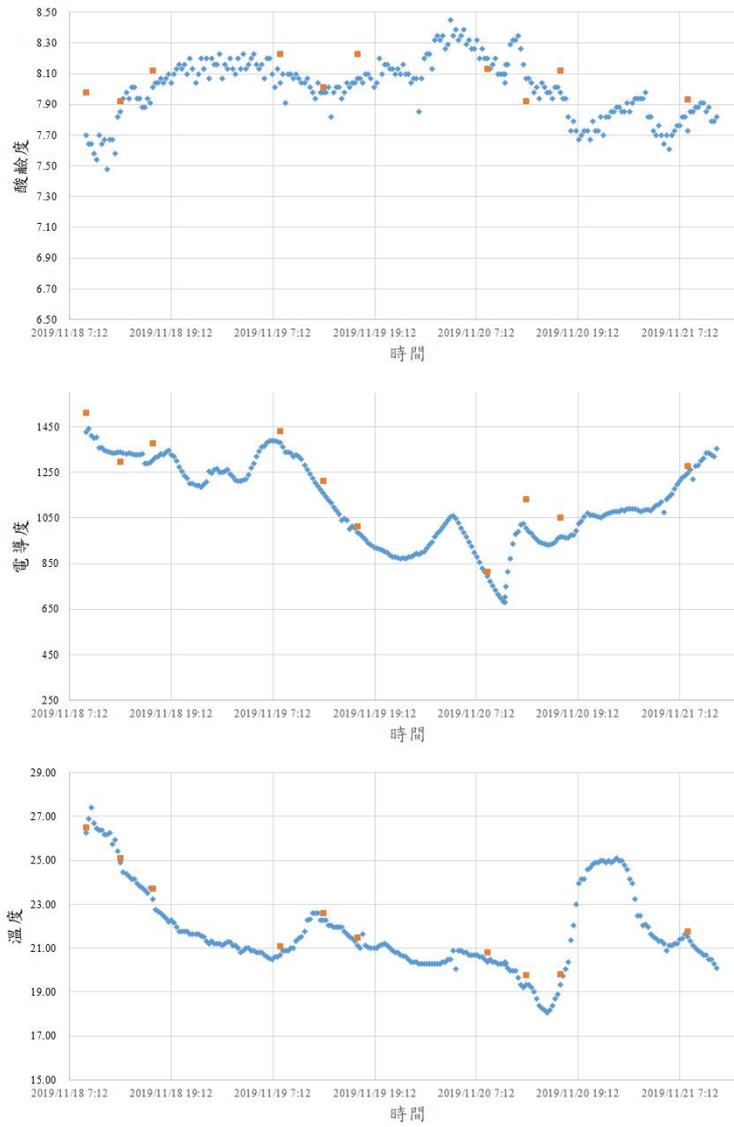


圖 2.98 3 台固定非接觸式原型機架設於工研院中興院區管路渠道進行實場水質長時間監測



圖 2.99 3 台固定非接觸式原型機架設於湖口工業區進行實場水質長時間監測

2.2.3 浮動接觸式新興研發模組原型機

本節搭配 107 年計畫開發之浮動式感測模組為基礎，透過結合具量產能力的協力單位開發，組裝成具備不同感測項目、兩種感測接觸方式、不同電源供電方式或不同通訊方式的水質感測器，可應用於例如灌溉用水水質安全監測、上水水源水質、簡易自來水水處理、工業區下水道系統超排或偷排異常監控、廢污水處理或環境水體水質等場域之水質變化感測等多元週邊創新裝置產品。

本創新浮動式載具以快速抽換防水模組為設計方向，以漂流式及錨錠式應用情境設計兩種版本，其中感測器具備溫度、酸鹼度及導電度三項監測項目，並且搭配溶氧監測項目，後續可外掛太陽能板提供能源使用壽命，以加值本署水質感測物聯網之深度與推動；除此之外，設備亦具備 GIS 地理資訊系統、即時水質感測資料展示平台、歷時水質及分區段資料統計功能，相關系統、功能及平台以視覺化方式展示數據資訊，以利使用。本工作已於 9 月完成漂流式與錨錠式各 3 套設備並輔以實際場域驗證測試應用。

一、設備系統介紹

(一) 即時水質感測元件

使用市售感測器，可偵對單一水質感測項進行解析，並使用使用高性能微控制器，透過 LTE 無線傳輸技術即時監測水質品質，其數據可直接運用在各物聯網平台（如表 2.18）。

表 2.18 市售即時水質感測元件

| 感測項 | 圖片 | 品牌型號 | 偵測極限 |
|-----|---|--|------------------------------------|
| pH |  | Atlas/EZO™ pH Circuit | silver chloride pH Probe/pH0 to 14 |
| 導電度 |  | Atlas/Conductivity K 10 Kit (#EC-KIT-10) | 5 μS/cm to 200,000 μS/cm |
| DO |  | Atlas/EZO™ Dissolved Oxygen Circuit | 0 ~ 20.0 mg/L |
| 溫度 |  | Sensirion/SHT30 | -40 - 125 °C |

(二) LTE 無線技術

採用標準 mini-PCIe 接口設計，方便安裝及售後維修等特性。使用 LTE Cat.1 可支持最大下行速率 10 Mbps 和最大上行速率 5 Mbps，亦可向後相容 EDGE 和 SM/GPRS 網絡，具有低功耗與高機械強度

，可在高低溫較苛刻的環境下穩定工作，並內嵌豐富的網絡協議配備 GNSS 接收機，提供任意地點進行快速準確定位的應用。

(三) 高性能微控制器

具備運算頻率 80MHz 的 ARM Cortex-M4 處理器內核，內建浮點運算單元與進階週邊，電源管理模式「FlexPowerControl」可依據微控制器驅動的周邊設備種類，設定不同的電源管理模式來實現低功耗。感測資料透過微處理器的 SD 插槽介面，可大量將資料儲存在 SD Card 中。

(四) 電源變壓設計

使用交換式電源供應器，具備短路、過負載以及過電壓的保護種類，並有 Class II 隔離級別的穩壓設計，可將 AC 電源轉成 DC。

(五) 感測器模組化與擴充性

模組化設計採用低功率消耗的 MSP430，使用 I2C 串列通訊匯流排整合多種感測器，並透過 UART 做資料傳輸，依據實際應用的需求，可擴充多達六種感測項目。

(六) 鋰電池儲能系統

採用 18650 鋰電池，特性為體積小、循環充放電壽命長、安全性高及充電快速。內載電池保護線路及獨立溫度檢查電路，可做電池過充保護、電池過放保護及高精度的溫度補償與保護。即時偵測電池充放電過程，每分鐘紀錄電池的電壓、充電電流及電池包總電壓，可對於異常電池進行檢討與修正，保持系統之效能與可靠性。

(七) 外殼設計

使用 IP66 等級 ABS 塑膠材質防水箱，箱體大小約 120 mm × 150 mm × 100 mm，重量約 3 kg；水質感測接頭使用外迫式電纜固定頭，將本體置於基板上，以螺帽固定，再將電線套入夾緊圈，最後以迫緊頭將其迫緊固定，即可達到防水、防塵之功能，省力、簡捷（如圖 2.100 及圖 2.101）。

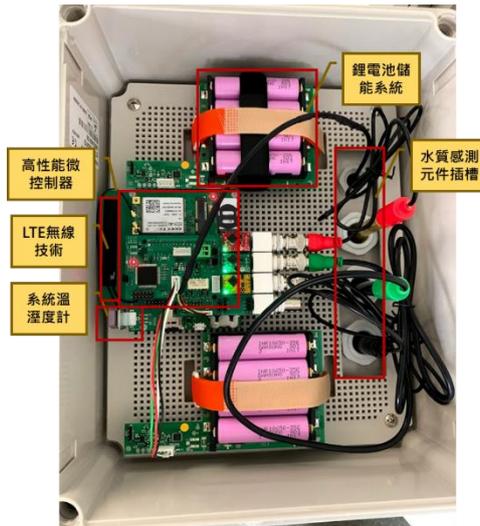


圖 2.100 簡易版雛形測試機內部組件設計

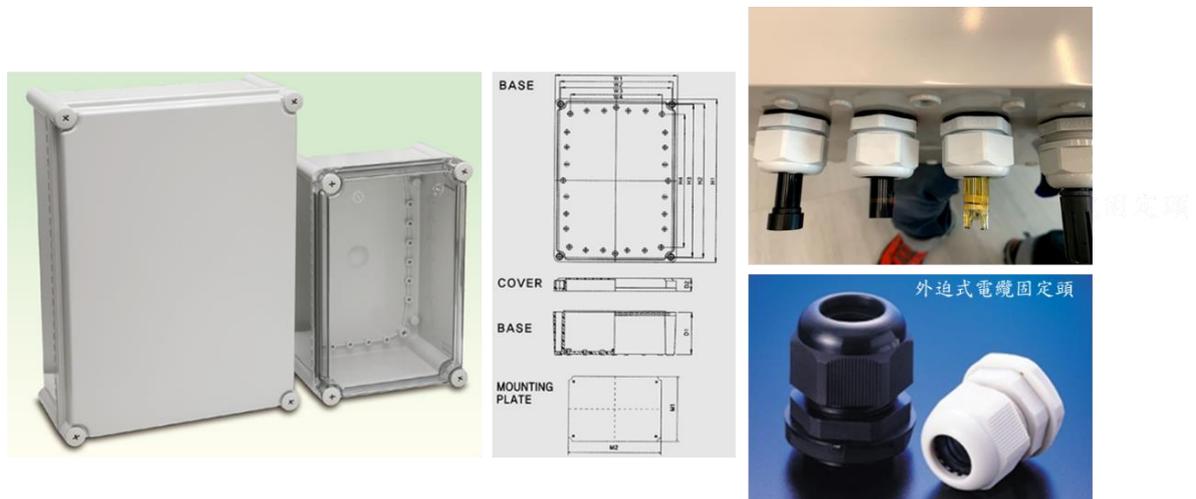


圖 2.101 外殼設計

二、監測設備應用方式

新浮動式載具以快速抽換防水模組為設計方向，設計成「錨錠式」及「漂流式」應用情境設計兩種版本，提供多樣性場域使用，其中錨錠式可長時間於定點監測（至少可連續監測 2 週），協助水質基線建立及污染熱區時間鑑定；漂流式-可沿水體上游至下游（至少可高頻連續監測 5 小時），作為因應突發污染事件，辨別污染物質排入點之基礎工具（圖 2.102）。

錨錠式 長時間快速水質監測

- 應用場域：水庫、養殖埤塘、河川、農渠
- 配合太陽能板可持續監測至少1週
- 資料蒐集頻率：1筆 / 分鐘



漂流式 高解析度水質足跡

- 應用場域：排水道、河川
- 連續8小時高頻率監測
- 資料蒐集頻率：1筆 / 10秒



圖 2.102 漂流式與錨錠式外觀與應用情境

三、感測器穩定性實驗

pH 與溶氧及導電度水質感測器穩定性實驗，目的為比對本設備與手持式數據在不同區間之差異，建立特性基線及演算法修正，實驗結果如下（圖 2.103~圖 2.105）：

（一）pH 實驗

1. 初始標準液校正：感測器浸泡於 pH 4、pH 7、pH 10 標準液，準確度高且穩定性佳。
2. 長時間量測強酸：調配 pH 2.3 溶液，將市售感測器泡入並量測 12 小時，準確度與穩定性佳。
3. 長時間量測弱鹼：調配 pH 7.9 溶液，將市售感測器泡入並量測 12 小時，穩定性雖高，然較手持式量測結果高出 pH 0.5-0.8 左右。後續會再調配不同鹼性的樣品測試，若在鹼性水質實驗結果數據都出會出現一定的差距，將採用線上校正演算程序進行感測器調整。
4. 酸鹼值切換：將市售測器於 pH 2.3 與 pH 7.9 變換，可知濃度變化量測準確度高，若於真實水域受到短時間污染可看出變化性。

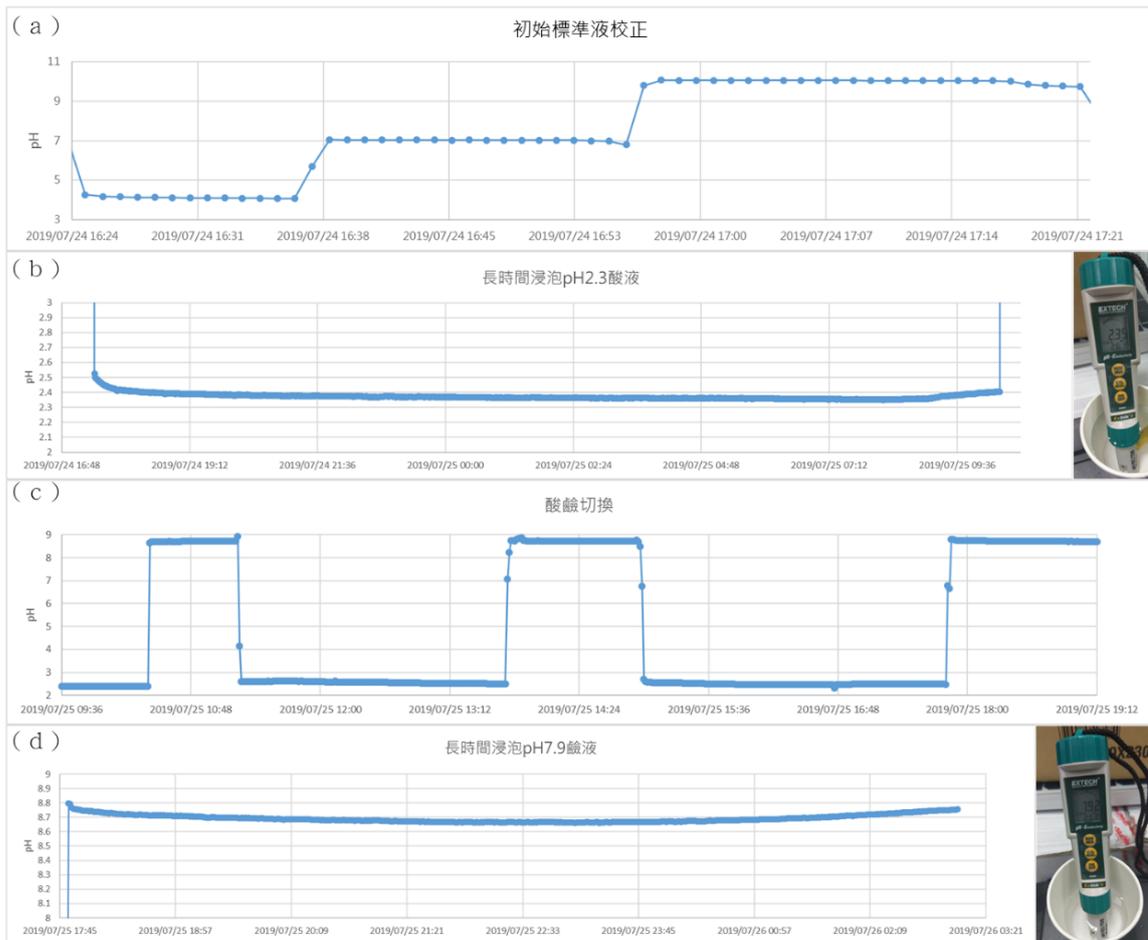


圖 2.103 pH 感測器穩定及準確性實驗

(二) 溶氧實驗

1. 長時間溶氧測試：將市售溶氧感測器長期浸泡於溶氧 6 mg/L 左右的魚缸，因溶氧受到環境干擾較大，雖有小幅度的波動變化，但整體實驗結果可知其數據準確度與穩定度皆落於合理範圍。

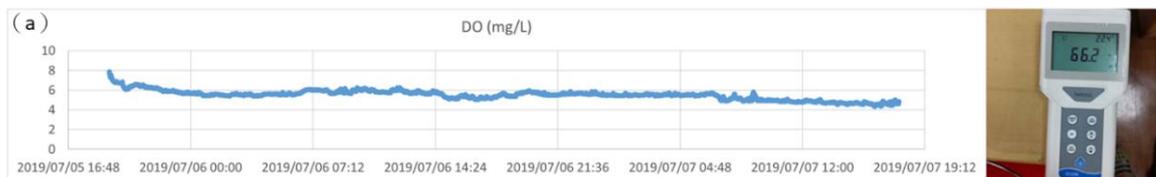


圖 2.104 溶氧感測器穩定及準確性實驗

(三) 導電度實驗

1. 初始標準液校正：感測器浸泡於 EC 84、EC 1413、EC 12880 標準液，準確度高且穩定性佳。
2. 長時間盲樣實驗 1：使用鹽巴調配 EC 98 溶液，並將市售感測器泡入並量測 6 小時，準確度與穩定性佳。
3. 長時間盲樣實驗 2：使用鹽巴調配 EC 620 溶液，並將市售感測器泡入並量測 9 小時，準確度與穩定性佳。

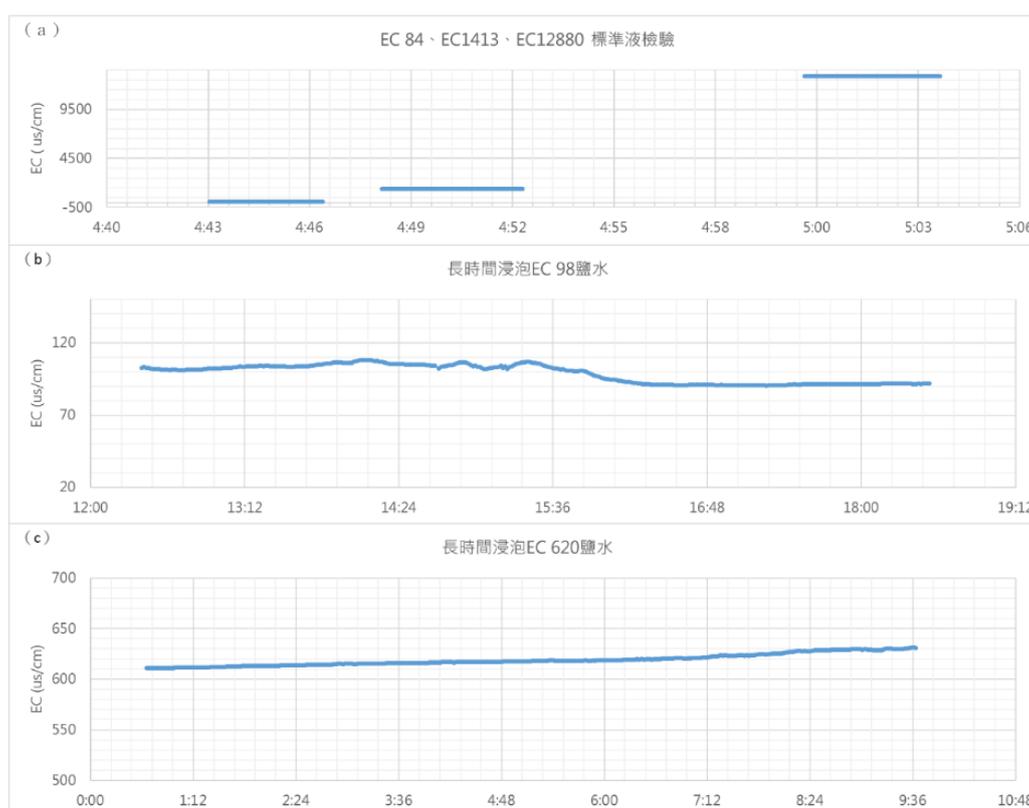


圖 2.105 導電度感測器穩定及準確性實驗

四、場域驗證

(一) 大稻埕死魚場域測試

近期夏季氣溫時常連續數日超過 36 度，為死魚事件易發生時段，故本計畫於 7 月 22 與 23 日至大稻埕碼頭進行實際場域測試，除確認溶氧狀態外，也確認在自然環境下設備將會遭遇到環境問題。早上放置監測設備量測溶氧約為 0.9 mg/L，屬極低溶氧狀態，不久即有死魚出現；於當天下午 2 點至 5 點時為午後雷陣雨，雨後使得溶氧

DO 基線上升 2 mg/L，之後溶氧數據受到不明擾動，直到隔日下午 1 點因量測品質衰弱，數據不具參考性而結束實驗，現場有大量漂浮物堆積於設備周圍，故後續測試將加裝可攜式攝影機，實時比對數據擾動時間對應之場域狀況。整體結果，除市售 pH 感測器與手持感測器數值依然出現一定的差異外，其他感測項的準確度皆穩定且準確（圖 2.106）。

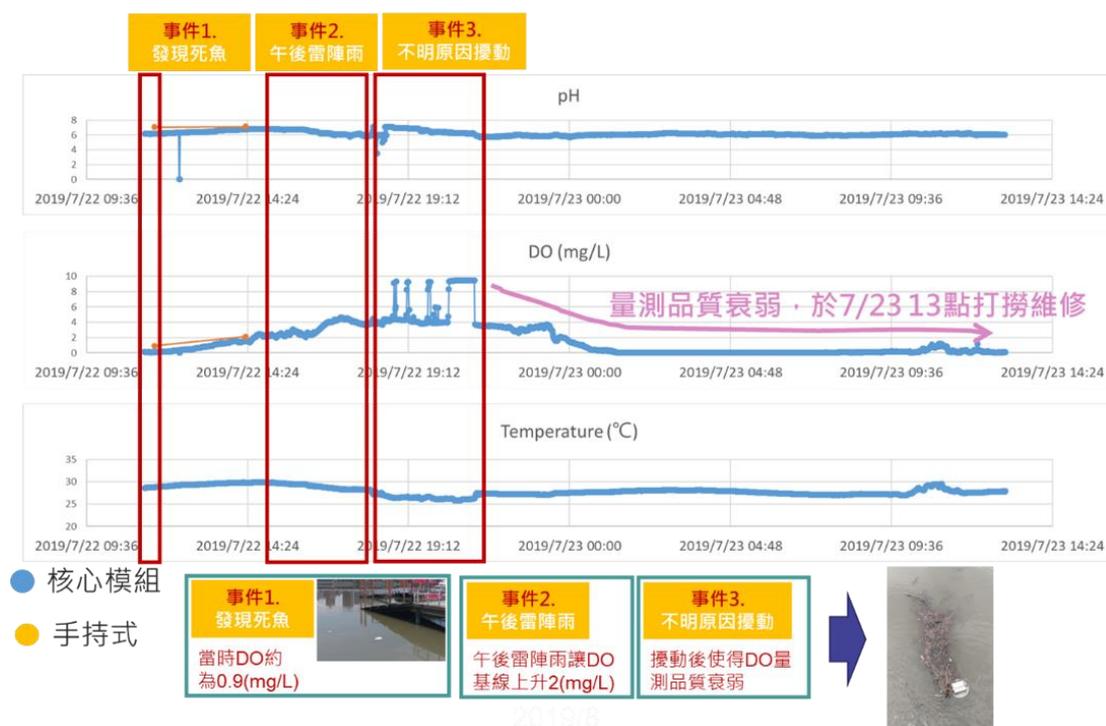


圖 2.106 大稻埕死魚場域測試

(二) 工研院生態池測試

本計畫於 8 月 12 開始至工研院生態池進行場域測試，感測器數據回傳頻率為每分鐘 1 筆，手持量測頻率為每日 1 ~ 2 次，於 09/16~10/12 三週未維運連續監測結果，完整率可達 96%，各測項準確度 85% 以上，表現良好，整體設備機構穩定，可以太陽能供電不需更換電池，感測元件無須更換，且無進水或遭到水中生物破壞等問題（圖 2.107、表 2.19）。

pH 整體數值界於 7~7.2 區間，白天時段較夜間高；DO 整體數值界於 1 ~ 6 區間，白天日照强度高時可高達 5 ~ 6 左右，夜間則因耗氧反應，會降至 1 左右；若出現強降雨時，pH 與 DO 皆會受到

明顯的擾動。8/24 颱風過後，導致太陽能板接線脫落，並影響往後幾日的蓄電能力，8/26 新增 EC 感測項（具有電阻隔離），並將所有感測項進行溫度補償，後續將持續觀察數據變化性與調整太陽能板角度，以提供最大蓄電量與量測品質（圖 2.108）。



圖 2.107 工研院生態池場域測試圖

表 2.19 工研院生態池場域測試結果(1/2)

| | | | | |
|-------|-------------|------|-----|-----|
| 統計時間 | 09/16~10/12 | | | |
| 數據完整率 | 91.86% | | | |
| 感測項 | pH | Temp | EC | DO |
| 數據品質 | 99% | 96% | 84% | 86% |

數據品質計算方式：1-((手持感測數值-青蛙數值)/手持感測數值)

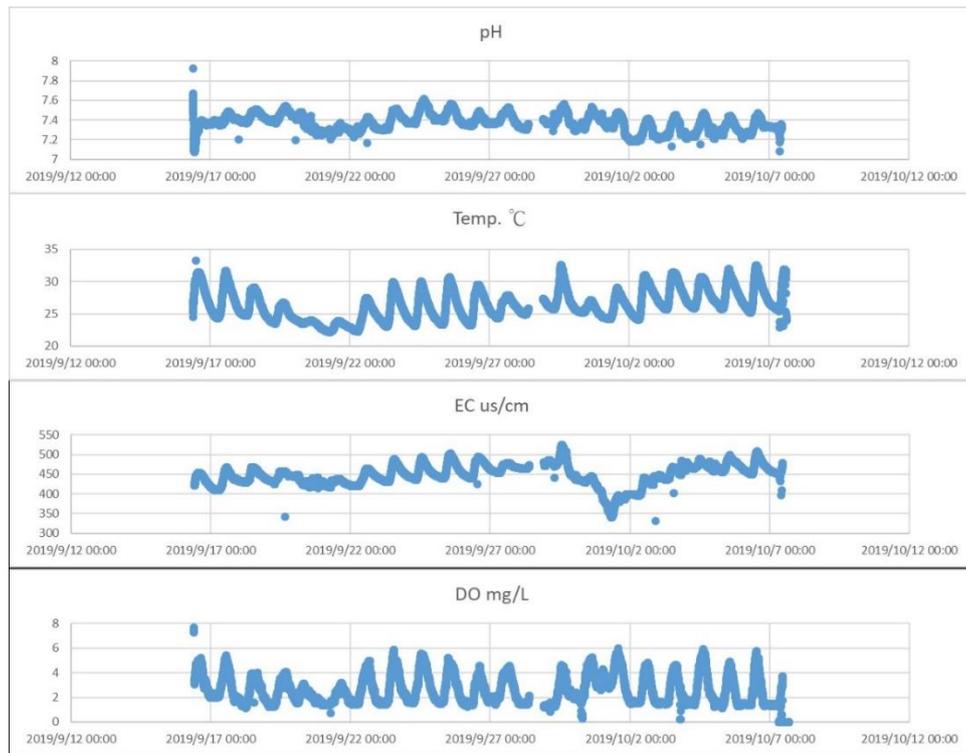


圖 2.108 工研院生態池場域測試結果(2/2)

(三) 新竹芎林鹿寮坑溪

8/27 開始農渠測試 (圖 2.110), 統計 8/27 17:00~8/31 01:01 期間之數據完整率與數據品質皆表現良好。pH 約在 7.5 ~ 8.5 之間; EC 約在 250 ~ 280 之間; DO 約在 5 ~ 8 之間, 然太陽能板放置位置有遮蔽物, 導致白天充電不足, 約 2.5 天耗盡導致斷電, 將調整太陽能板朝南邊方向, 平衡日照時間後持續觀察 (表 2.20、圖 2.110)。



圖 2.109 芎林鹿寮坑溪測試圖

表 2.20 芎林鹿寮坑溪場域測試結果(1/2)

| | | | | |
|-------|-------------|------|------|------|
| 統計時間 | 10/25-11/12 | | | |
| 數據完整率 | 98% | | | |
| 感測項 | pH | Temp | EC | DO |
| 數據品質 | 99% | 97 % | 99 % | 98 % |

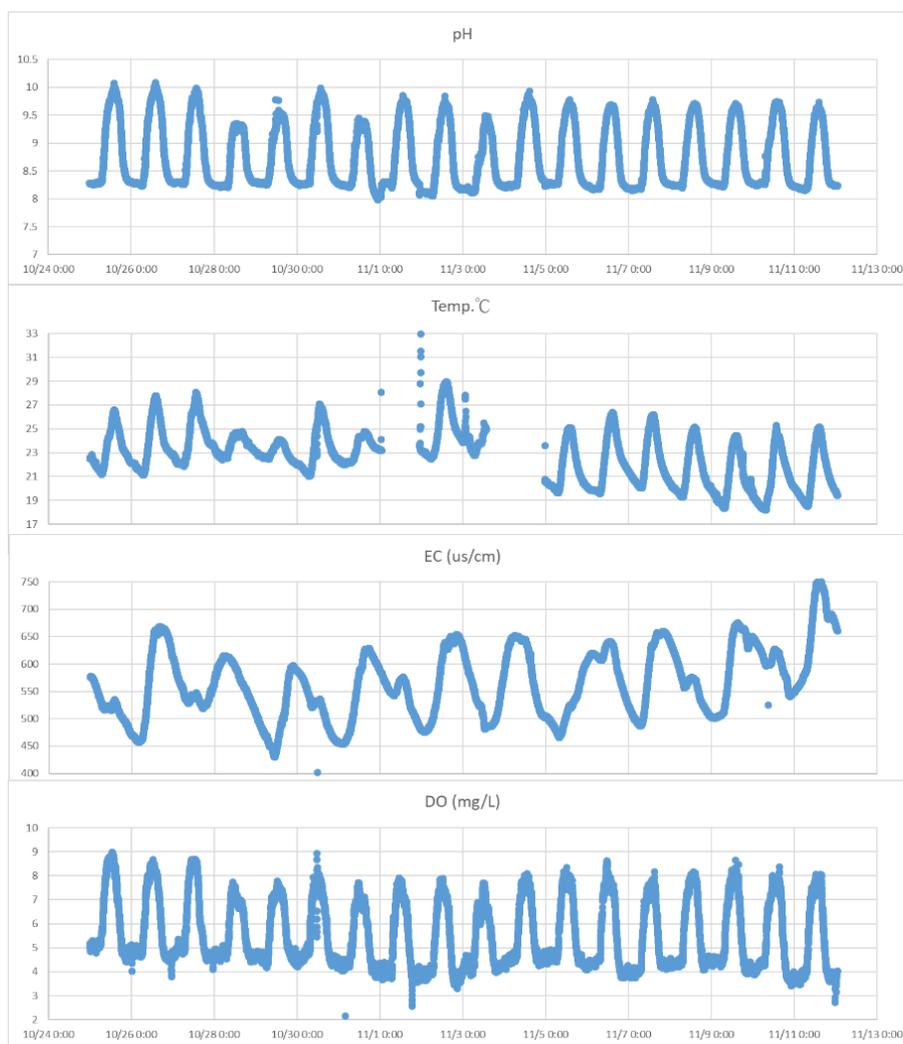


圖 2.110 芎林鹿寮坑溪測試圖(2/2)

(四) 新竹香山河川

因布建位置為鹽水港溪，屬感潮河段，每日有兩次漲退潮時段，潮差約 2 公尺。

本計畫布建點位為台元紡織廠廢水出水口處，測試綁繩於岸邊固定與重錘錨錠兩種方案，實驗結果得知，於滿潮時，設備均會淹沒於水裡，數據會斷線約 2 小時後又會恢復電力，但設備仍在原地，後續將測試非感潮河段之場域，提供河川布建的規範與環境限制等條件（圖 2.111）。



圖 2.111 新竹香山河川場域測試

2.2.4 固定式三合一水質感測器

一、工作項說明

有鑑於近年來線上水質分析及採樣技術之精進，同時大數據處理與無線傳輸技術的進步，使得開發一體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸與物聯網功能之新一代水質監測設備成為可行之技術開發應用方向，國外亦開始發展相關創新應用，如瑞士開發的水質監測鱒魚及日本開發之水質監測蓮花等。本計畫將以開發之 pH、溫度、電導度三合一感測模組為基礎，以不同設計方式運用於各情境水質監測，以提供高效的解決方案，成為下一階段在智慧城市的環境管理應用趨勢。

107 年度研發建置之固定式水質監測站，監測項目包括：pH、溫度、導電度、銅離子及 SCOD，現場抽水至箱體內測量，並配有前處理、通訊等模組。主要用於長期掌握污染潛勢地區之水體品質，以即時數據分析達到溯源及預警等功能，然其設置時間長，投入資源較高的特性下，使用上仍有其侷限性。故本計畫特以 pH、溫度、電導度三合一感測模組建構連續監測裝置，主要採以電極式感測方法，測量水質基本項目，達到自動連續監測及數據傳輸目的。有別於本計畫建置之固定式水質監測站，不具有銅離子及 SCOD 等感測項，故可以壓低耗電量及維運人力。

此外，固定式三合一水質感測裝置適用於布建於水質可能異常區域、雨污水放流口及河川沿線各排放口。可先透過本裝置大量布建及資料分析，作為水質異常處之初步篩選，再針對異常區域加裝固定式水質監測站。

二、原理及方法

固定式三合一水質感測器，係採用 pH、溫度、電導度三合一感測模組，配合水樣處理模組，根據未來水質感測模組之使用水量，進行過濾單元之客製化設計，依據不同使用情境，規劃適合之過濾單元面積與大小，形成標準化產品，以利後續推廣與應用。除可有效達到減少懸浮微粒之功能外，由於過濾單元可吸附微生物加以濾除，可減低後續生物膜滋長問題。

本計畫為達到水質參數量測準確性與穩定性，以及延長維運時間，將清洗與校正程序加入固定式三合一水質感測器，除了透過水樣處理模組減少懸浮顆粒以及降低微生物附著外，也經由清洗程序將油漬與附著之微生物去除，減少油漬附著與生物膜的滋生，維持感測器表面清潔，確保量測

的穩定性，其清洗方式包括噴嘴沖洗、震動清洗，以及氣泡清洗，而實施方式如下圖 2.112 所示。除了量測穩定性外，也透過校正程序修正感測器之檢量線，以提高量測的準確性，而校正程序如下圖 2.113 所示。

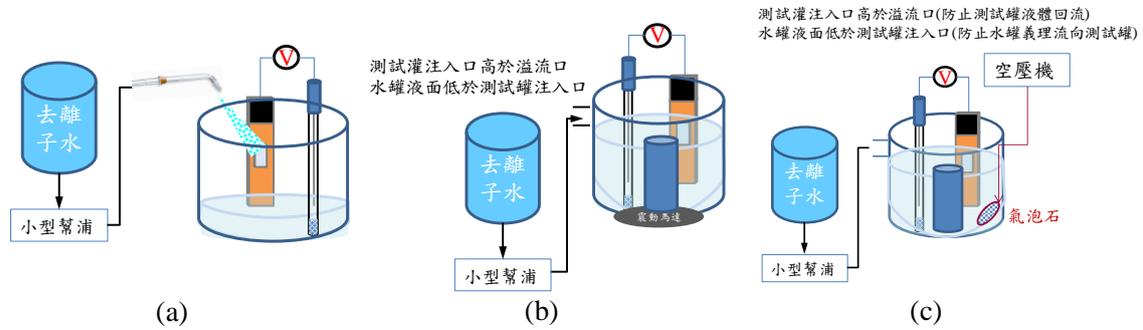


圖 2.112 感測器清洗方式包括：(a)噴嘴沖洗、(b)震動沖洗，及(c)氣泡沖洗。

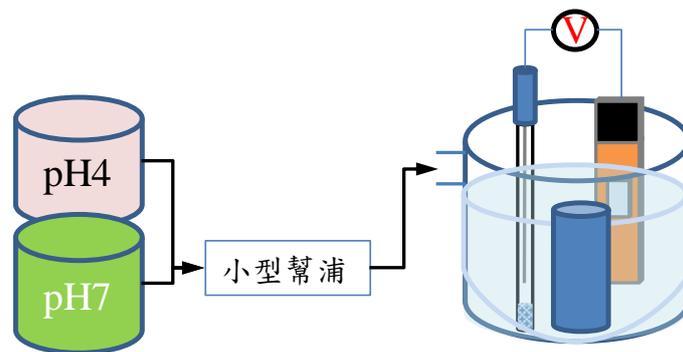


圖 2.113 感測器校正程序

三、目標達成情形

為達到水質參數量測準確性與穩定性，以及延長維運時間，將清洗與校正程序加入固定式三合一水質感測器，而清洗方式包括噴嘴沖洗、震動清洗，以及氣泡清洗。其中，震動與氣泡清洗在驗證過程中，發現分別會對感測模組造成移動，以及微氣泡產生附著在感測器表面，造成感測器的量測不準確，因此這兩種清洗方式不納入感測器中。而噴嘴沖洗方式，透過不同的小型幫浦與噴頭搭配，實驗架設如圖 2.114 所示，以現用 Kamoer 小型幫浦搭配注射針頭，可使水柱噴洗至一平面攤開成合適面積($15 \times 25 \text{ mm}^2$)達成清洗功能(如圖 2.115 所示)。

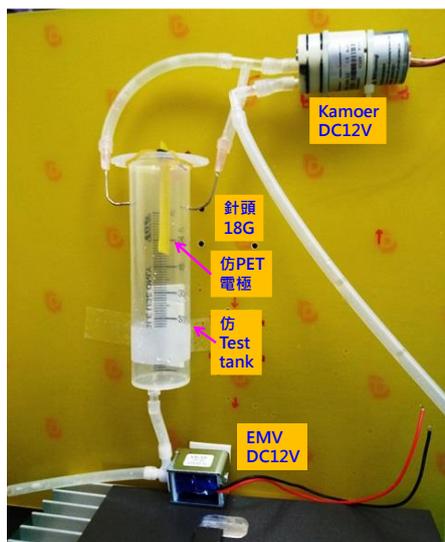


圖 2.114 固定式感測器清洗程序測試架設

• 加壓幫浦

• 噴頭

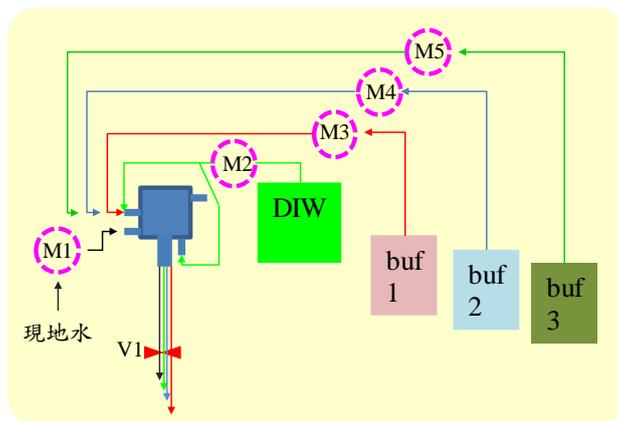
| | (1) CurieJet P22L | (2) Kamoer | (a) Coola沖牙機噴頭 | (b) 注射針頭 | 可清洗面積 | (1) | (2) |
|------|---|---|---|--|--------------------|-------|-------|
| size | 25*25*12.5 | 50*25*25 |  |  | (a) | 10*10 | — |
| | 5V 0.5W | 6-12V 3W | | | (b) | 2*2 | 15*25 |
| | 40mL/min | 240mL/min (12V) | | | 單位：mm ² | | |
| |  |  | | | | | |

圖 2.115 各種小型幫浦搭配不同沖洗噴頭可達成之清洗面積

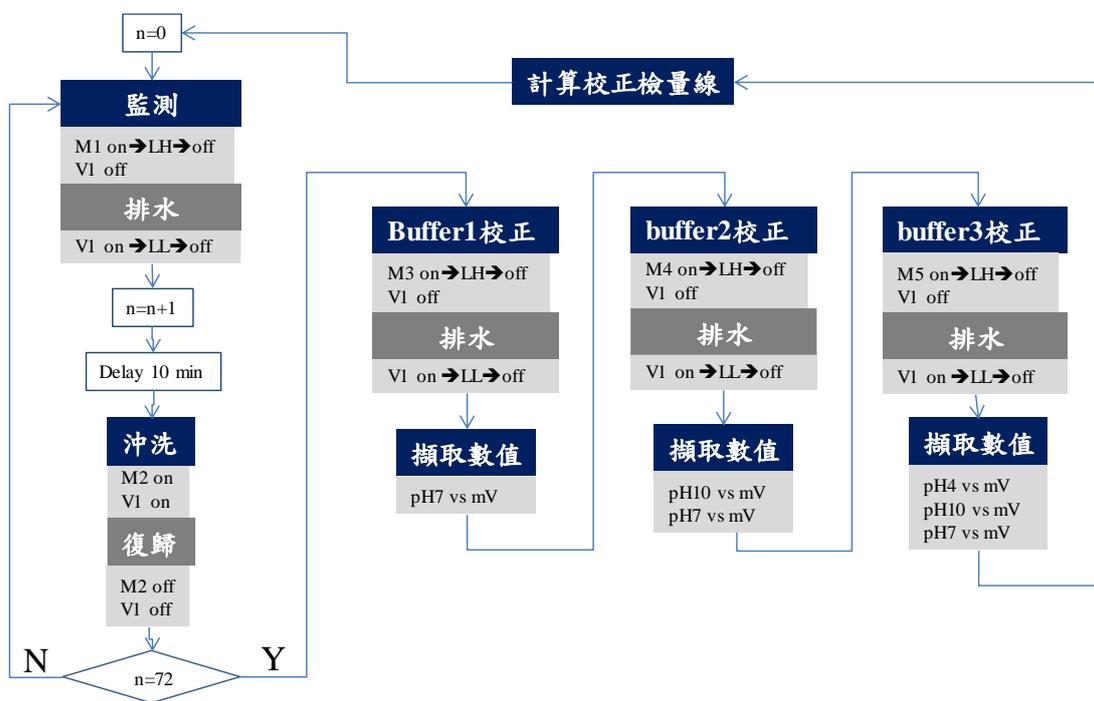
固定式三合一感測器整合清洗與校正流程，清洗液與標準液不回收的情況下，其作動與流程圖示如圖 2.116 所示，其清洗與校正之用量如表 2.21 所示，而整個固定式感測器之實體架設如圖 2.117 所示。

而固定式三合一感測器的控制流程如表 2.22 所示，目前已完成控制程式撰寫。

相同地，固定式三合一感測器亦透過小量製作進行驗證，並針對各項製程進行改善以期提高產品量率。圖 2.118 所示為固定式三合一感測器小量生產製作與驗證測試，以確保固定式三合一感測器的製作能在實驗室通過長時間測試驗證，不應在實地檢測過程中發生感測器重大異常。



(a)



(b)

圖 2.116 固定式三合一感測器整合清洗與校正流程：(a)作動示意圖，以及(b)流程示意圖

表 2.21 清洗與校正之用量

| | DIW | pH7 | pH10 | pH4 |
|---------|------|-----|------|-----|
| 每次用量 mL | 5 | 25 | 25 | 25 |
| 每天次數 | 72 | 1 | 1 | 1 |
| 每天用量 mL | 360 | 25 | 25 | 25 |
| 兩週用量 mL | 5040 | 350 | 350 | 350 |



圖 2.117 固定式三合一感測器實體架設圖

表 2.22 固定式三合一感測器取樣、量測、清洗，以及校正流程控制

| task | 監測 | 清洗 | 校正 | 校正 | 校正 |
|---|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|
| BOP \ 水體 | 現地水 | DIW | Buf. 1 | Buf. 2 | Buf. 3 |
| M1 (DC12V) | On→LH→off | Off | Off | Off | Off |
| M2 (DC6-12V) | Off | On | Off | Off | Off |
| M3 (DC12V) | Off | Off | On→LH→off | Off | Off |
| M4 (DC12V) | Off | Off | Off | On→LH→off | Off |
| M5 (DC12V) | Off | Off | Off | Off | On→LH→off |
| V1 (DC12V) | Off | On | Off | Off | Off |
| Level sensor LH: level high ; LL: level low | | | | | |
| 動作完成復歸 | | | | | |
| M1~5 | Off | | | | |
| V1 | On→LL→off | Off | On→LL→off | On→LL→off | On→LL→off |



(a)



(b)



(c)

圖 2.118 固定式三合一感測器(a) 小量製作組裝、(b) 測試驗證，以及(c) 實場水樣長時間測試驗證。

因固定式三合一感測器陸續移交進行布建，布建場域包含桃園老街溪流流域與工廠、新竹科學園區與香山工業區，以及雲林工業區，因先行於新竹科學園區與香山工業區進行布建，以做為固定式三合一感測器實地場域測試驗證工作。至 7 月底布建以來，歷經利奇馬颱風與白鹿颱風，布建之固定式三合一感測器仍可正常運作，而碰到相關問題如表 2.23 所示，而後續解決方案如下：

- 加裝 PVC 管，先行過濾漂流雜物
- 更換裝置之過濾材料，提高過濾效果
- 調整水位計設定，以增加取樣幫浦驅動時間
- 調整清洗頻率，減少微細顆粒附著
- 感測器過於污穢，則派員進行手動清洗

表 2.23 實地測試所發生問題

| 實地測試所發生問題 | 實際照片 |
|------------|--|
| 系統內部管路彎折堵塞 |  |
| 感測晶片過髒 |  |
| 檢測槽進水孔堵塞 |  |
| 過濾器移位 |  |
| 過濾器過髒 |  |

後續布建機台維運所發生的相關事件，也一一彙整統計並建立異常錯誤代碼(Error Code)，例如：實場無法取樣，錯誤代碼為 256，再者是系統異常無法正常排除水樣或是校正液，錯誤代碼為 512；而錯誤代碼的建立能夠做為後端平台進行人員派遣之依據，也能讓現場維運人員得知目前該布建機台應做如何處置，減少維運時間。階段統計彙整錯誤代碼的次數及其原因，錯誤代碼 256 的發生原因一般為實場水位過低，以及過濾器堵塞或者是移位；錯誤代碼 512 的產生大部分為水管道或是進水口堵塞、閥門損壞，以及感測器水位計損壞，其中以感測晶片損壞佔 75%，主要發生在導電度偏高的區域，除了帶有電導性較高的微細顆粒沈積，在水位計電極間形成電路通路，造成誤判檢測槽中殘留水樣外，另外就是水位計電極被嚴重侵蝕，造成無法進行水位判斷，如圖 2.119 所示，因此造成維運人員需經常清潔或是更換感測器。

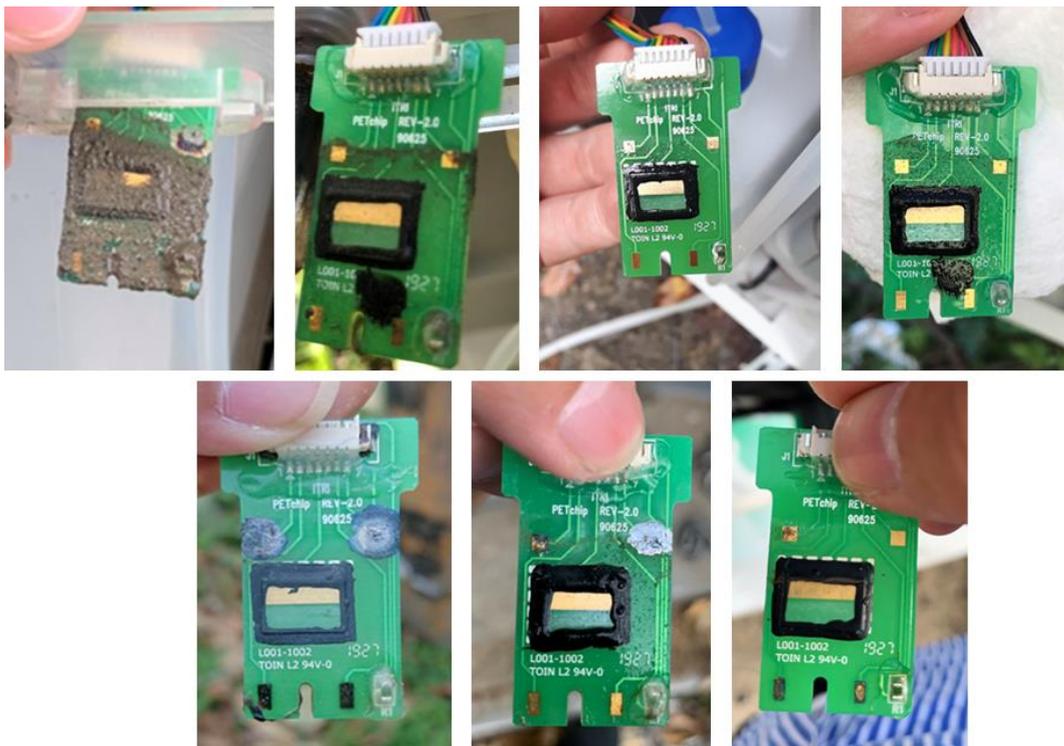


圖 2.119 布建機台發生錯誤代碼 512 時，感測器經常所發生的問題實體照片

本計畫所研發的固定式三合一感測器，因應新增加自動清洗與校正程序，以及維運工作更為簡便，因此將使用介面完善以利維運工作，其使用介面如圖 2.120 所示。



(a)



(b)

圖 2.120 固定式三合一感測器使用者介面：(a) 各項基本參數設定，以及(b) 校正工作使用介面。

2.2.5 移動式三合一水質感測器

本計畫所研發之酸鹼值、溫度及電導度三合一感測模組，由於具備體積小及量測快速優勢，採用 Arduino 模組元件進行開發，以模組化方式可做為移動式快速檢測裝置，有別於市售單一檢測項之手持水質檢測儀，在野地採集水樣數據僅需攜帶 1 台機器即可完成工作。且兼具低成本及量測穩定性與準確性，適合提供給河川巡守隊隨身攜帶，針對疑似污染水體立即檢測，此外，由於酸鹼值、溫度及電導度三合一感測模組具有模組化的特性，並採用 Arduino 模組元件進行開發，適合作為公民科學及創客使用，可針對不同的使用需求，再擴充其他電極式感測項目，結合民眾感興趣的議題，如與 Pokemon 同行驗水質，鼓勵並教育大眾如何蒐集水質數據，達到全民巡守的功效。

本計畫所研發之酸鹼值、溫度及導電度三合一感測模組之設計與爆炸示圖如圖 2.121 與圖 2.122 所示。主要檢測項目為溫度、電導度與酸鹼值。

移動式三合一感測模組中，針對酸鹼值進行電路量測架構改善，增加其量測穩定性，並整合放大電路元件，縮小電路面積；電導度則是改善頻率震盪方式以及整合放大電路元件，提高電路穩定性與縮小電路面積，並加入自動調整放大電路功能，增加導電量測範圍；而溫度感測器則是簡化電路架構，以減少元件使用數量。其電路設計如圖 2.123 所示。

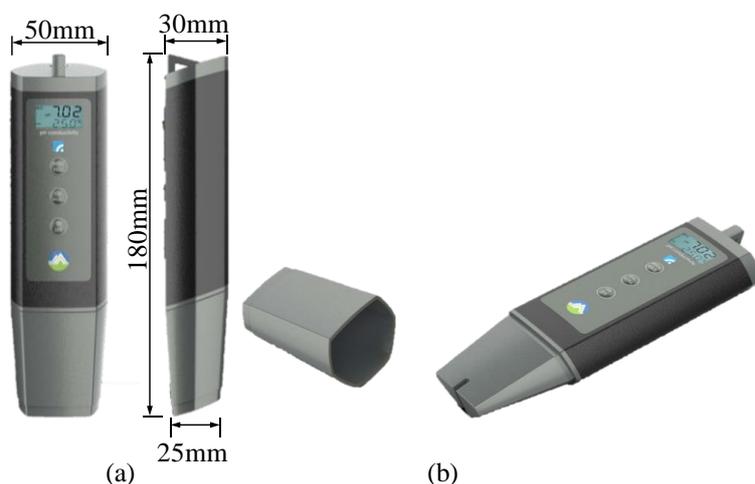


圖 2.121 移動式三合一感測模組外觀設計與尺寸

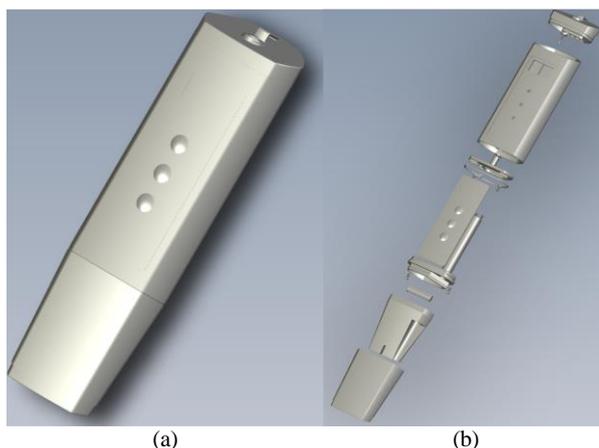


圖 2.122 移動式三合一感測模組爆炸示圖

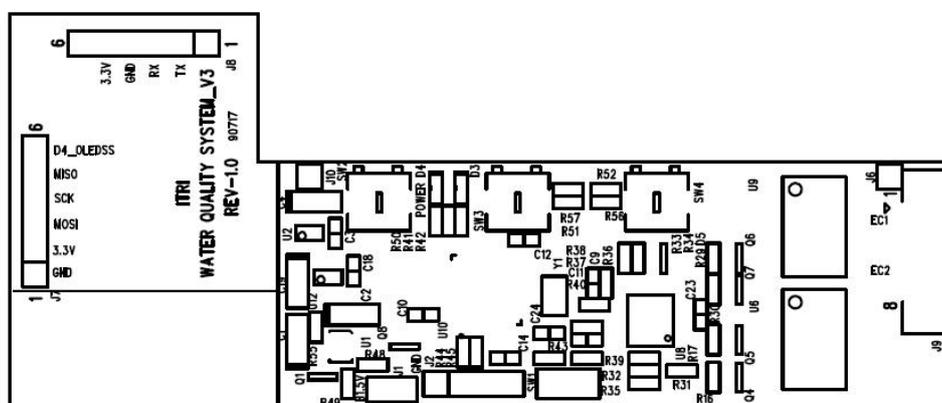


圖 2.123 移動式三合一感測模組電路設計圖

而移動式三合一感測模組之使用手冊目前正在建立中，目前已確定完成為校正程序之執行。校正程序的執行，首先先選擇酸鹼值校正模式，並以去離子水清洗探頭，輕輕將探頭表面水分吸乾，將探頭放入 pH 7 標準液完成校正後(感測器內部擷取數據後發出訊號)再以清洗探頭，以及輕將探頭表面水分吸乾，再次將探頭放入 pH 10 標準液，完成校正後(內部擷取數據後發出訊號)以去離子水清洗探頭與輕將探頭表面水分吸乾，並透過感測器內部計算出酸鹼值校正曲線；後續再手動切換到電導度校正模式，分別浸入 1115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 與 310 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 標準液進行校正，均以去離子水清洗探頭並輕拭探頭，而由感測器內部計算出電導度校正曲線，並切換至量測模式進行待測物量測，使用完畢後使用完畢，以去離子水清洗探頭，將探頭蓋子蓋上。

本計畫所研發之酸鹼值、溫度及電導度三合一感測模組之電路與感測器實體圖如圖 2.124 示。電路面積為 70 mm \times 40 mm，厚度為 1.6 mm；而移動式感測器實體尺寸為 180 mm \times 50 mm \times 30 mm (最薄處為 25 mm)，使用 4 顆 4 號

乾電池，含電池重量為 750 公克。校正程序與量測資料可透過按鈕進行控制，相關資訊則透過 128×64 OLED 呈現。為了後續大量製作，電路以及外殼製作亦建立相關標準製程與品質管制手冊。電路跟外殼大量製作實體照片如圖 2.125 所示。

啟動、校正與量測程序的執行，在啟動後首先執行酸鹼值校正模式，分別以 pH 7 與 pH 10 標準液完成校正取得酸鹼值檢量線；後續再切換到電導度校正模式，分別浸入 $1115 \mu\text{S}/\text{cm}$ 與 $310 \mu\text{S}/\text{cm}$ 標準液進行校正以取得電導度檢量線，最後切換至量測模式進行待測物量測，使用完畢後使用完畢，再以去離子水清洗探頭，將探頭蓋子蓋上。其流程與控制方式如下圖 2.126 所示。

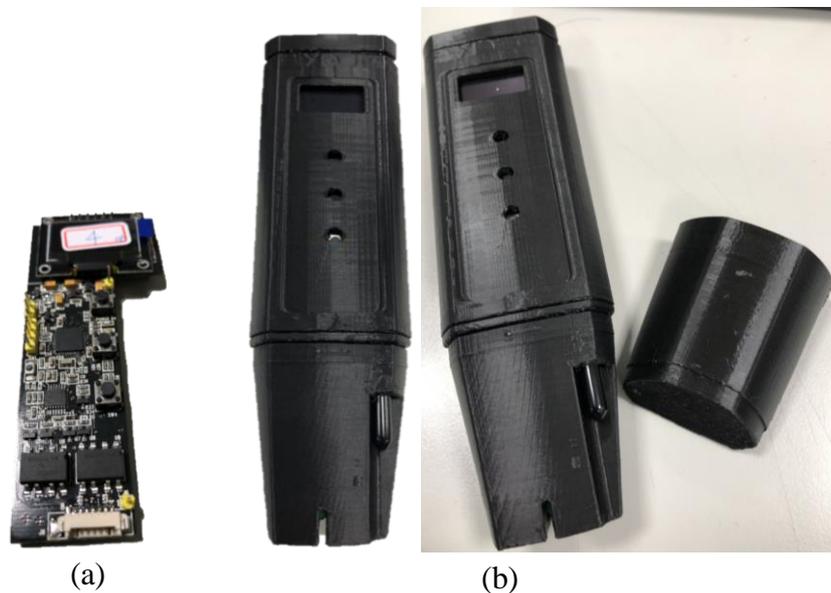


圖 2.124 移動式三合一感測模組 (a)電路與 (b) 感測器實體圖



圖 2.125 (a)電路跟 (b) 外殼大量製作的實體照片



圖 2.126 移動式三合一感測模組啟動、校正與量測程序流程以及控制方式

移動式三合一感測模組可結合 APP 使用，透過現場感測水質數值後，可立即回傳連續監測數據至 APP，設計 APP 功能包括：GPS 定位系統、數據照片收集裝置、藍芽通訊系統、拍照等功能，並可製作趨勢圖，大幅將低採樣成本與維護費用。目前已規劃 APP 功能包括：

- 透過藍牙連接水質感測器，接收 pH/EC/Temp 的資料並顯示
- GPS 位置
- 拍照功能，上傳照片功能
- 資料與現有後台整合串接

依照上述規劃要求，後續移動式三合一感測模組 APP 之架構如圖 2.127 所示，且要求感測器與 APP 配對連結完成後才能進行校正與量測程序，以避免量測資料因人為疏忽而無法傳送至資料庫。其水質檢測 APP UI 畫面規劃與實際使用情況如下圖 2.128 所示。

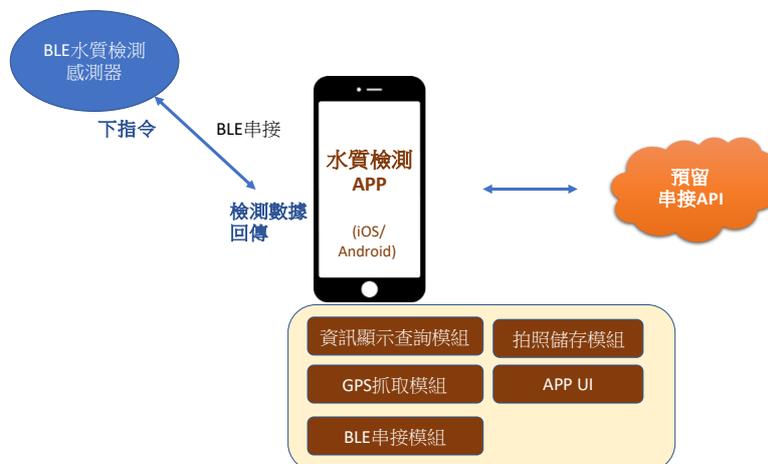


圖 2.127 移動式三合一感測模組 APP 架構

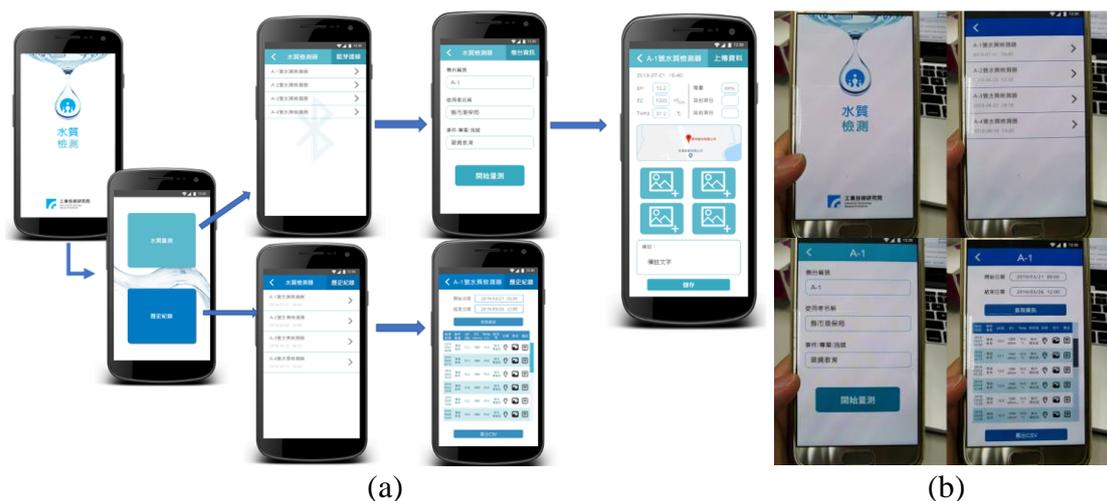


圖 2.128 水質檢測 APP UI (a)畫面規劃與 (b) 實際使用情況

本計畫於 9 月底前完成 50 個移動式三合一感測器製作，規劃供給稽查人員或河川巡守隊使用，以測試驗證移動式三合一感測器的使用性、量測穩定與準確性，以及使用週期，以做為後續感測器精進之依據。在提供給稽查人員或河川巡守隊使用前，先將移動式三合一感測器交由非專業人員進行試用並請其提供使用意見。首先針對外裝建議，包括溫度感測器受到擠壓變形而造成感測器進入槽體困難、電池鐵片無法固定，以及正面銘板直接壓住按鍵等問題(如圖 2.129 所示)；而在使用上，校正過程中沒有適用指標，造成感測器無法知道量測準確度，且量測不準確亦沒有告知使用者應當採取因應措施，還有水樣滲入情形，以及感測器不好拆卸，造成晶片更換困難等問題，都將條列出來進行改善。此外，使用者亦建議感測器維持保存在乾燥狀態待命，提升量測可靠度，且應目視參考電極有無氣泡產生，以及增加標示水位，避免感測晶片置放過深造成滲水。



圖 2.129 外裝缺點：(a) 感測器變形；(b) 電池鐵片無法固定；(c) 銘板按壓

第三章、水質感測器布建與維運作業

工作團隊已於去年度(107)完成布建於桃園市部分南崁溪流域、龜山工業區及坑子口圳之 100 套水質監測設備，並實際維運 60 日以上。在本年度將持續維護已布建完成之 100 組水質感測器，維持其功能正常運作；此外，依據本案要求，今（108）年應完成 100 個至少包括 pH、溫度、導電度三合一水質感測器裝置，並於 9 月 30 日前與地方政府合作，依據所制訂之選址作業準則，選擇合適場域示範維運 50 個(至少 60 日)；提供感測數據外供後續加值模式分析以及精準篩選水質異常事件之參考。上述水質感測數據將委由合格檢測機構於運轉維護期間執行比對檢測分析，以評估水質感測器之感測數據是否可符合資料品質目標之要求。

3.1 維運 107 年度已布建水質感測器

3.1.1 實場水質感測器移機作業

為驗證水質物聯網計畫整合研發之感測元件、設備、巡檢維護及數據平台分析整體解決方案，去（107）年於桃園市南崁溪流域布建共 100 台水質感測器，選址主要鎖定重點污染潛勢區，透過工廠、列管農地及水路 GIS 圖層套疊、環保機關協助及現場深入探勘瞭解，分別布建於龜山工業區及東門溪 33 台、南崁溪主流及沿線工廠 21 台、下游坑子口圳 46 台，並依據場域需求配置不同感測項目感測器，布建配置如下圖 3.1。



圖 3.1 107 年布建 100 組水質感測器

因應後續感測元件研發、維運管理系統及資料模式驗證需求，擬以本 100 組水質感測器布建，作為水質感測物聯網的研發基本場域。承 107 年布建成果，已篩選出水質異常事件頻發區域。惟因應發展環境監測應用需求，應以事業廢水偷排造成水質異常事件預警作為監測目標，感測器安裝位置將視當地環保局或環保署建議進行遷移，總次數以不超過 30 點次為限。為評估應優先移機點位，本團隊已完成「107 年布建效果評估及移機規劃」，並提交與署內討論，評估流程如圖 3.2，說明如下：



圖 3.2 107 年布建效果評估及移機規劃

一、水質異常事件

本團隊依時間及空間數據異常分析方法，彙整出水質異常事件污染熱區，區域地點主要為龜山工業區及南崁溪流域的潛勢工廠區，共有 9 件案例，如圖 3.3。進一步追蹤近期數據，各事件仍有部分水質異常，該區布建確有其必要性，將作為後續與桃園市環保局稽查討論基礎。



圖 3.3 107 年布建污染潛勢熱區追蹤

二、數據分析：分析各區水質狀況，逐一分析各測站水質變化及範圍區間，然本計畫感測元件屬低成本耗材，經 1 年使用逐漸出現老化情形，未來將逐步更換。

(一)農田區

整體無超標情形，pH 範圍 6 ~ 8.9，EC 範圍 500 ~ 2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

(二) 河川區

整體無超標情形，pH 範圍 6 ~ 8.8，EC 範圍 500 ~ 2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，SCOD 範圍 20 ~ 100 mg/L，銅離子低於 0.3 mg/L。

(三) 潛勢工廠區、工業區

較易出現水質異常，pH 範圍 6 ~ 12，EC 範圍不合理，應有抽不到水情形，SCOD 常超出 100 mg/L，銅離子超過 3 mg/L。然設備異常情形亦較常發生，布建效益最高。

三、建議移機清單

考量監測效益及維運難易度，依據前述分析結果，以農田及河川區域作為主要優先移機對象，建議清單如下表 3.1。

表 3.1 建議移機清單

| 場域 | 數量 | 測站名稱 | 移機原因 |
|-------|----|-------------|---------------|
| 農田 | 11 | 坑子口圳_8C | 無異常; 測試比對點 |
| | | 坑子口圳_11C | 無異常; 測試比對點 |
| | | 坑子口圳_12C | 無異常; 測試比對點 |
| | | 坑子口圳_DC | 無異常; 測試比對點 |
| | | 坑子口圳_T1~T7 | 無異常; 測試比對點 |
| 河川 | 7 | 南崁溪主流_15~20 | 無異常; 維運困難 |
| | | 南崁溪主流_22 | 無異常; 維運困難 |
| 潛勢工廠區 | 1 | 潛勢污染工廠_I_8 | 導電度高; 維運遭廠方騷擾 |
| 工業區 | 2 | 龜山工業區_RD04C | 無異常; 測試比對點 |
| | | 龜山工業區_I08 | 維運困難 |
| 合計 | 21 | | |

四、建議裝設位置

建議可於原場域水質異常處，進一步增設上游點位，或將具有 SCOD 及銅離子感測項版本感測器，移至今（108）年新竹市高污染熱區點位。

總結上述，以感測器監測效益考量，建議優先移機 21 台感測器，以整體布建效益而言，潛勢工廠區及工業區效益最高，然設備異常率亦高，農田及河川區布建效益低，為本次移機評估優先移機區域。本團隊 11 月底已完成新竹市香山工業區、新竹市客雅溪、桃園市南崁吉祥公園 5 台移機作業。

3.1.2 107 年度 100 台水質感測器維運作業

持續維運 107 年度已布建之 100 台水質感測器，維持水質感測器功能正常運作及提供即時有效水質數據。今年(108)年 3 月至 6 月 107 年度 100 組水質感測器維運之有效資料完整率評估，統計結果達 98.88 %，可符合有效資料完整率超過 85 %之要求。

水質感測器維運作業工作項目涵蓋：巡查檢視、設備維護、物料更換、Sensor 校正等，其工作內容之準則應參考本計畫於去（107）年訂定「巡檢品管及簡易維護標準作業程序」、「異常偵測及維修標準作業程序」手冊，善加利用上述 2 則手冊得以提高工作團隊維運之工作成效。水質感測器之維運期程、場域及程序如下。

一、維運作業期程

今（108）年 3 月至 12 月（3 季）期間持續維運 107 年度已布建之 100 台水質感測器。

二、107 年度水質感測器之場域與機台數量

107 年度 100 台水質感測器之場域與機台數量分別為：龜山工業區 32 台、東門溪 1 台、坑子溪 1 台、南崁溪 12 台、潛勢工廠 8 台以及坑子口圳 46 台，其機台位置應會隨著地方環保局或環保署建議移機作業之地點進行修正。

三、水質感測器維運作業

100 台水質感測器維運作業包含：「巡檢品管及簡易維護標準作業程序」、「異常偵測及維修標準作業程序」。

（一）巡檢品管及維護標準作業程序

巡檢品管及維護標準作業程序分為前置作業、巡檢作業、維護作業等三項作業階段，初步巡檢管理與維護流程如圖 3.4 所示。

1. 前置作業

前置作業之主要核心係讓執行團隊於實場維運前可事先清楚瞭解巡檢品管及維護標準作業程序之內容。工作團隊藉由 LINE 機器人或是手機簡訊等方式獲得巡檢維運水質感測器數量之通知，立即安排維運排班人力、工作車輛、執行物料等。實施維運作業前該班次之維運工作人員獲取通知後，應於水質物聯網查詢水質感測器之基本資料包含：水質感測器測站名稱、水質感測器測站編號、水質感測器內部感測元件監測項目、水質感測器內部各項元件狀態、資料上傳日期/時間、監測項目之測值、水質感測器內部感測元件狀態及法規管制等，蒐集水質感測器即時監測數據；紀錄各項元件運作狀態，依照各個水質感測器之位置地域性規劃有效率之行車路線，準備充足的作業器具、各項模組及耗材備品等。

2. 巡檢作業

巡視水質感測器之機箱外觀是否有自然損毀或人為破壞之情形，檢查水質感測器內部各項模組、電路板以及管路之外觀是否有異常之狀況，水質感測器內部系統示意圖如圖 3.5 所示，作業人員須瞭解現場水質感測器內部各項元件之正常運作模式，元件包含：鋰電池、燃料電池、主電路板、4G/LoRa 通訊模組、H₂O₂ 消毒模組、BioNET 過濾模組、重金屬定量模組、PET 模組(溫度/電導度/pH)、SCOD 模組、Cu 模組等，利用清洗或更換等方式排除各項元件異常之狀態，解決現場水質感測器面臨之異常問題，並將巡檢作業之結果確實紀錄於線上「巡檢與維護表單」。

3. 校正作業

校正各項水質感測元件，並於線上「巡檢與維護表單」紀錄各感測元件之狀態、校正前原先之參數、校正後修正之參數、校正前機台實測水質數據、攜帶式校正儀器實測水質數據以及校正後機台實測水質數據。

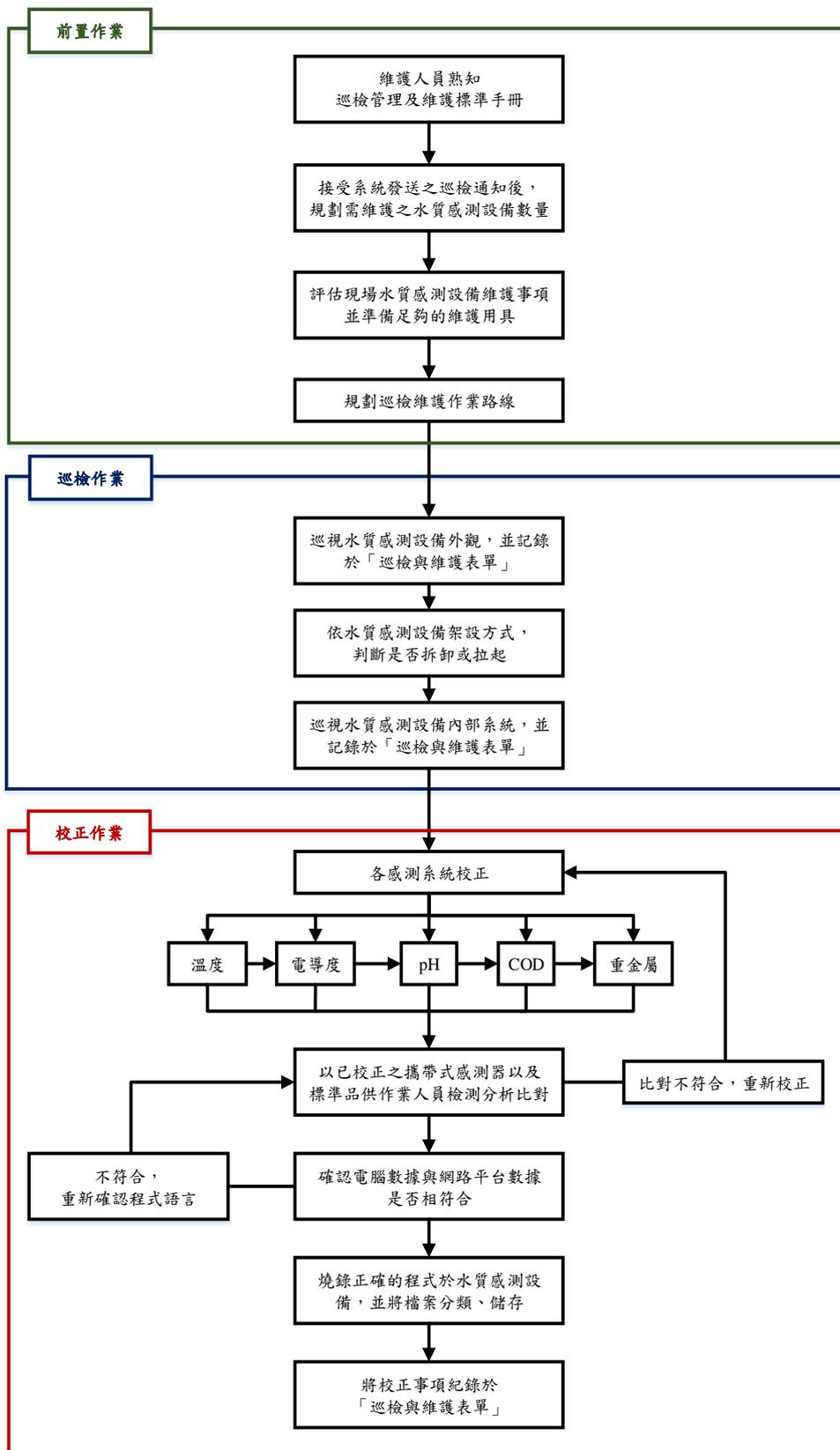


圖 3.4 巡檢管理與維護流程

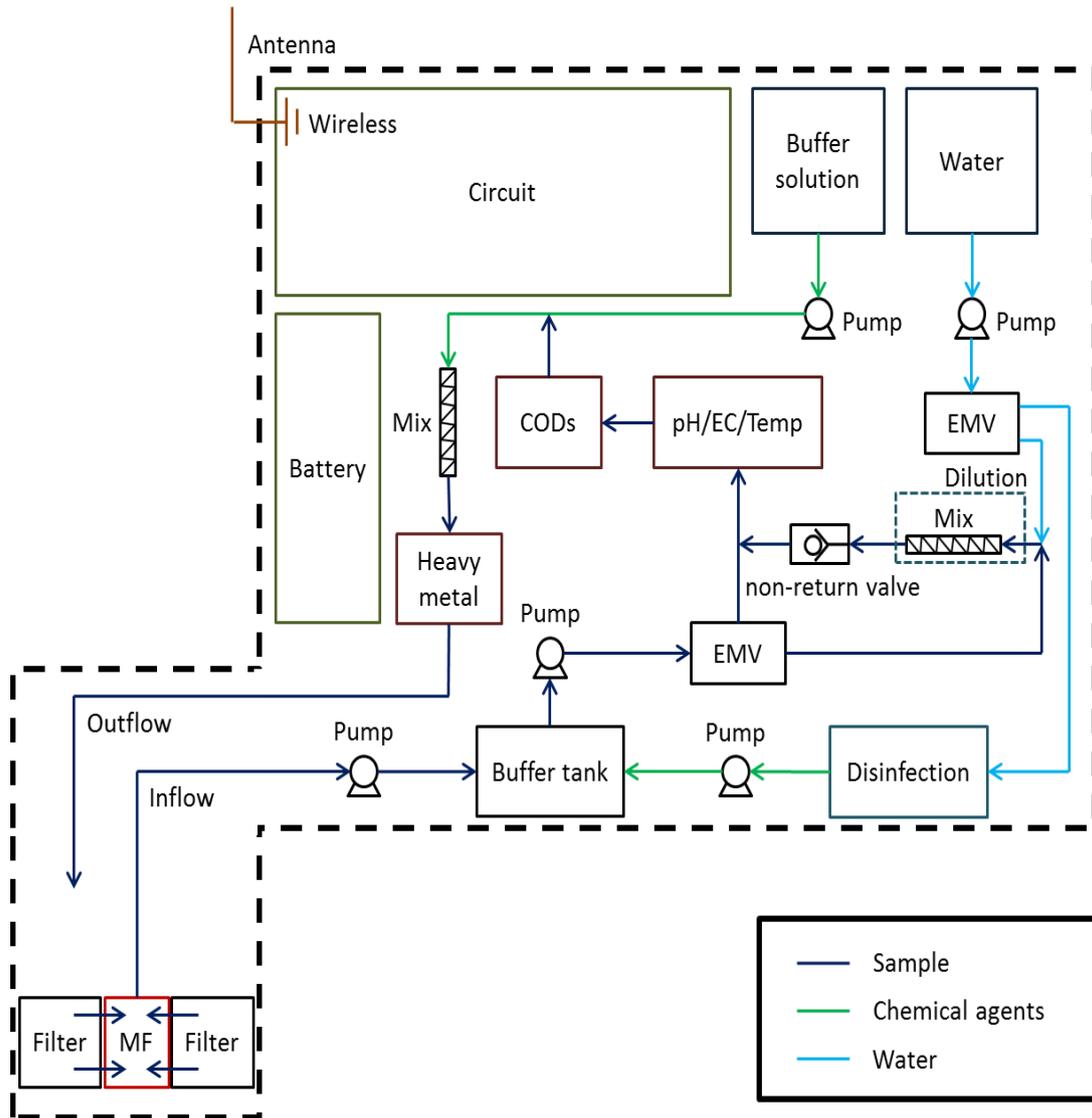


圖 3.5 水質感測器內部系統示意圖

(二) 異常偵測及維修標準作業程序

異常偵測及維修標準手冊配合水質物聯網技術(各項水質感測器與水質標準之異常定義)以及感測元件狀態偵測之功能，訂定及執行異常偵測及維修標準作業程序，初步規劃水質感測器異常排除流程如圖 3.6 所示。

1. 蒐集水質感測器之狀態與參數

為了利於流域水質資料之統整，需依分析層處理需求，將資料進行前處理，轉為特定資料結構，劃分各項感測數據空間相似性特徵，推斷是否為不肖業者偷排導致同流域之感測器監測數據間有關連性的異常，由此關連性異常數據可排除並非為單一水質感測器本身感測元件偵測異常之問題，其評估感測元件異常方式須將歷史數據之時間序列變化結合各流域感測數據空間相似性特徵，建立測站時空特徵等數據資料分析，配合統計分析或人工智慧演算法分析，設

計自動化篩選技術，瞭解蒐集之水質感測數據合理性及異常處，得以利用偵測方式辨識感測器異常之問題。

2. 異常警訊判斷

透過水質感測器各項數值，進行平台設定環境或設備異常判讀之條件，以機器取代長時間監控之人力與人為判讀之正確性。以水質感測器之效能條件與感測元件之偵測極限以及該布建之場域水質特徵，設定環境或設備異常之判讀條件，以利於區分設備損害異常或水質遭受到污染之異常，配合感測資料分析決策應用系統設計之預警物聯網應用模組，可共同判斷感測器狀態異常情形，亦可分別發送設備異常通報以及水質異常通報之訊息之手持式或 web 平台，水質異常通報可傳送給數據整合團隊立即記錄，設備異常通報傳送給控制中心人員與維護作業團隊。

3. 水質感測器各項模組之檢修管理程序

觀察水質物聯網水質感測器各項模組異常測值，以利於維護人員釐清水質感測元件現場異常狀況與問題，統計各個異常狀況，並擬定異常排除之方案，依照各個水質感測器之位置地域性規劃有效率之行車路線，準備充足的作業器具、各項模組及耗材備品等。維運工作團隊至現場先重置水質感測器，觀察各設備之運作，判斷水質感測器異常原因。將異常元件進行清洗或更換後，校正各項水質感測元件，並於線上「異常排除表單」紀錄各感測元件之狀態、校正前原先之參數、校正後修正之參數、校正前機台實測水質數據、攜帶式校正儀器實測水質數據以及校正後機台實測水質數據。

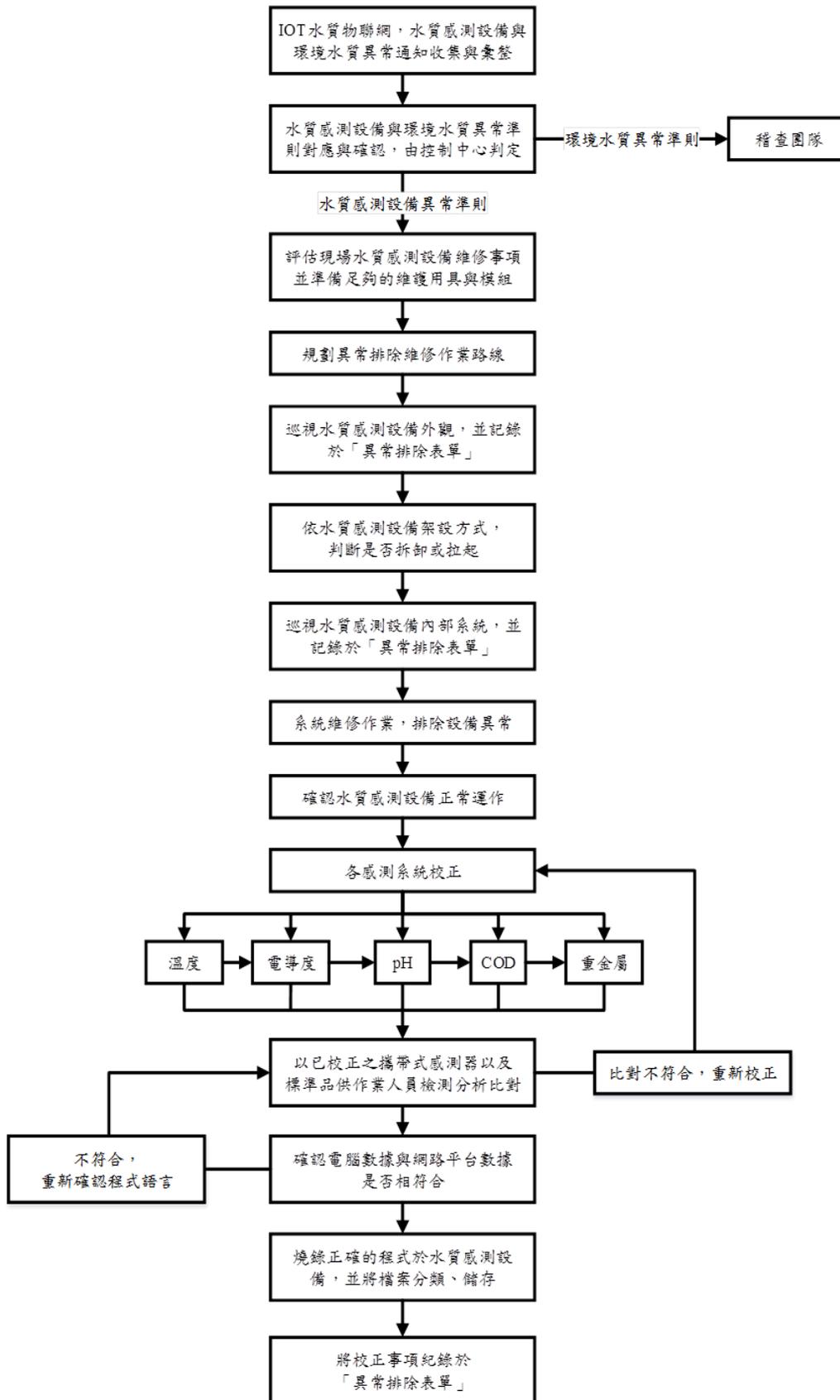


圖 3.6 水質感測器異常排除流程圖

3.2 布建與維運 108 年度新增水質感測器

3.2.1 實場水質感測器選址作業

因應水質感測器大量布建需求，本計畫已於去（107）年訂定水質「感測器選址作業準則」，提供布建位置及數量規劃參考。透過瞭解場域背景水質資訊、流系分布、潛勢污染源分布、現地需求，及中央、地方及現地居民溝通協商事宜，以發揮水質感測器布建具體效益，協助未來整體水質感測器布建標準化。今（108）年完成 100 個至少包括 pH、溫度、導電度三合一水質感測器裝置，已於 9 月 30 日前確認布建場域，並完成布建工作，及示範維運 50 個至少 60 日。經與署內及縣市環保局討論，今年布建場域以桃園市、新竹市、新竹縣及雲林縣為主，布建期程及場域如圖 3.7，分別說明如下。



圖 3.7 108 年水質感測器布建期程及場域

一、桃園市

本團隊與桃園市環保局討論監測需求，於老街溪及南崁溪流域共 4 點位，老街溪沿途多工業及畜牧廢水匯集，亦常發生環境污染事件；而南崁溪被列為銅重金屬總量管制區，已鎖定疑似污染源密集監測，如圖 3.8 及圖 3.9。此外，南崁吉祥河濱公園常獲民眾陳情，境內大坑溪經常出現有色廢水，疑似有廠商偷排，故本團隊布建 1 點位密集監控。

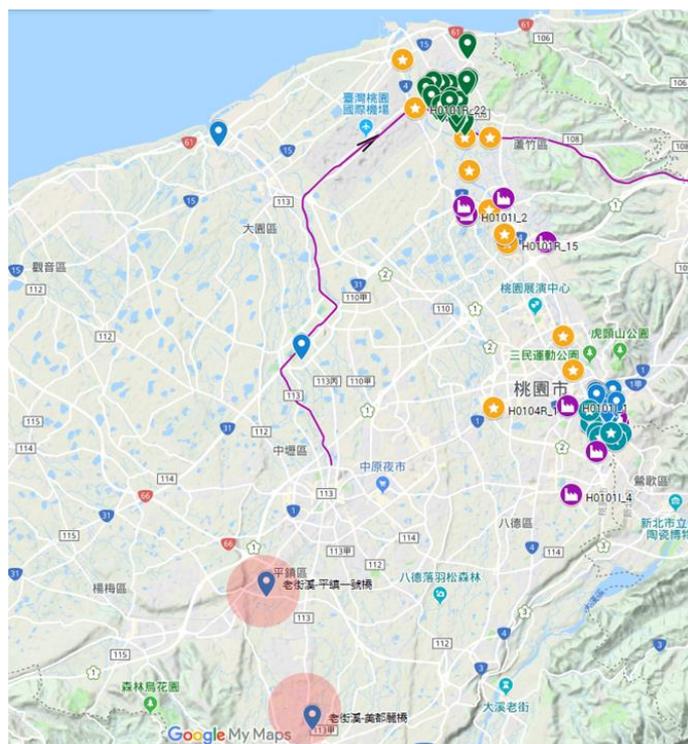


圖 3.8 桃園市老街溪布建場域



圖 3.9 桃園市南崁溪潛勢污染源放流口

二、新竹市

經與新竹市環保局討論，重點水質關注熱區為竹科園區(其污水廠放流口潛盾至 5 公里外的南門溪(客雅溪支流)排放)、香山工業區及頭前河流域，另挑選 2 家工廠作為 CWMS 比對，共 19 點位。竹科園區為全球高科技代工產業的主要科技重鎮之一，約有 420 家營運廠家，年產值約 21,000 億元，本團隊裝設於兩排口及污水處理廠放流承受水體，如圖 3.10 所示。另為確保滿雅淨水廠取自頭前溪之水質，於淨水廠內另裝設 1 監測點位。



圖 3.10 新竹市科學園區污水處理廠放流口

香山工業區混雜水列管及非列管工廠，且工廠排放廢水後，將引灌至下游農地，新竹市農田水利會於該區亦有多處自動連續監測站，過去確實易發生污染情形。本團隊選取布建監測 7 點位置如圖 3.11 所示，主要掌握汀甫圳八輪支線及牛埔溪支線兩大水路。監控期間掌握水質異常現象，故於該區再增設 3 點位。另挑選 2 家工廠作為 CWMS 比對，確認本計畫感測器準確度及穩定性。



圖 3.11 新竹市香山工業區布建場域

三、新竹縣

新竹縣湖口工業區屬我國大型工業區，約有 418 家營運廠家，年產值約 12,989 億元，該工業區分為東西區，本團隊布建於東西區污水處理廠前進流截點、出流口、兩排及承受水體茄苳溪，共 8 點監測點位，其下游茄苳溪亦有死魚問題，透過各截點布建，釐清可能污染源。

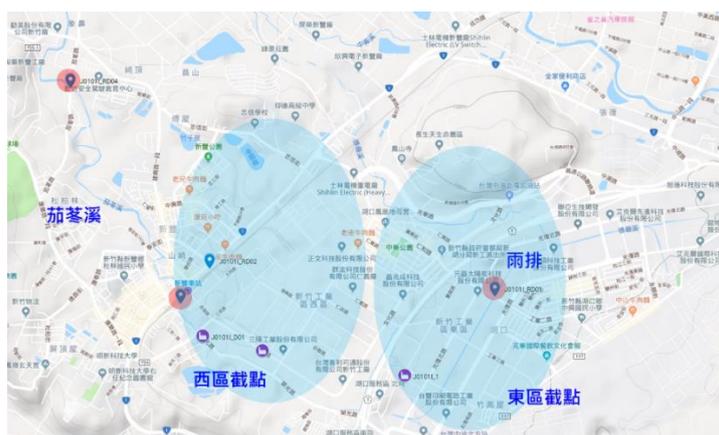


圖 3.12 新竹縣湖口工業區布建場域

四、雲林縣

為監測雲林縣工業區及農地水質之時空變化，雲林縣環保局提出針對污染敏感區域周圍之排水或溪流佈設水質感測器需求，分別於虎尾鎮竹圍子段 509-1、511 地號周圍(控制場址)、斗六工業區、雲林科技工業區及中科虎尾園區布建 23 點，主要位於工業區放流口、兩排、承受水體及周遭污染農地。

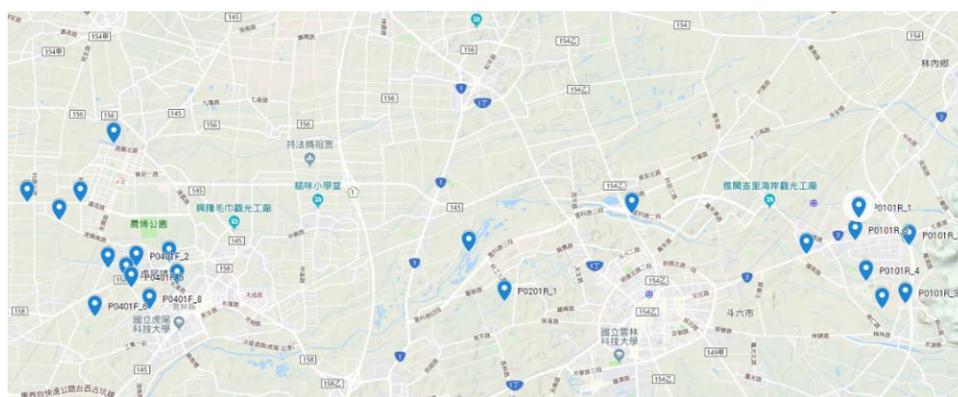


圖 3.13 雲林縣布建場域

本團隊已於 9 月底完成上述 4 縣市 50 台水質感測器布建，並於 11 月底完成 5 台移機新增。後續將持續維運，並依據基本測項 pH、導電度及溫度數據趨勢變化，選擇有水質異常點位，加裝 SCOD 及銅離子測項，進一步監控及確認污染源，場域清單如表 3.2。

表 3.2 108 年水質感測器布建清單 (9 月)

| 布建縣市 | 布建場域 | 場域型態 | 目的 | 布建點數 |
|------|---------|--------|---|------|
| 桃園市 | 老街溪流域 | 河川 | <ul style="list-style-type: none"> ● 工業及畜牧廢水 ● 天羅地網計畫重點監測污染區 | 2 |
| | 南崁溪流域 | 河川/放流口 | <ul style="list-style-type: none"> ● 重點污染源 | 3 |
| 新竹市 | 竹科園區 | 河川/放流口 | <ul style="list-style-type: none"> ● 雨排及放流水 | 5 |
| | 香山工業區 | 排水道 | <ul style="list-style-type: none"> ● 零星工廠放流水 ● CWMS 比對 | 13 |
| | 頭前溪流域 | 廠內取水口 | <ul style="list-style-type: none"> ● 滿雅淨水廠取水 | 1 |
| 新竹縣 | 湖口工業區 | 河川/排水道 | <ul style="list-style-type: none"> ● 工業區排水道截點 ● 雨排及承受水體 | 8 |
| 雲林縣 | 斗六工業區 | 河川/放流口 | <ul style="list-style-type: none"> ● 工業區外圍河川 ● 放流口 ● CWMS 比對 | 7 |
| | 雲林科技工業區 | 河川/放流口 | <ul style="list-style-type: none"> ● 工業區外圍河川 ● 放流口 | 3 |
| | 中科虎尾園區 | 河川/放流口 | <ul style="list-style-type: none"> ● 工業區外圍河川 ● 放流口 | 5 |
| | 竹圍子段 | 農渠 | <ul style="list-style-type: none"> ● 列管農地水質 | 8 |

3.2.2 固定式三合一水質感測器 50 台維運作業

本計畫於今（108）年維運 50 台固定式三合一水質感測器，持續維運 2 個月，維持三合一水質感測器功能正常運作及提供即時有效水質數據。水質感測器維運作業之工作項目涵蓋：巡查檢視、設備維護、物料更換、Sensor 校正等，其工作內容之準則應參考本計畫於去（107）年訂定「巡檢品管及簡易維護標準作業程序」、「異常偵測及維修標準作業程序」手冊，善加利用上述 2 則手冊得以提高工作團隊維運之工作成效，下述說明固定式三合一水質感測器之維運期程、場域以及作業程序。

一、維運作業期程

於今（108）年 10 月至 11 月維運 50 台固定式三合一水質感測器。

二、固定式三合一水質感測器之場域與機台數量

配合實場水質感測器之選址作業，將 50 台固定式三合一水質感測器布建於現場，待穩定操作後，持續維運 2 個月。

三、固定式三合一水質感測器維運作業

50 台固定式三合一水質感測器維運作業包含：「巡檢品管及簡易維護標準作業程序」、「異常偵測及維修標準作業程序」，其維運作業之相關詳細內容同 107 年度 100 台水質感測器維運作業。

四、固定式三合一水質感測器與 CWMS 比對結果

（一）竹科園區機台比對結果

圖 3.14 為布建在竹科園區潛盾放流口之水質感測器(機台編號 D01C)與 CWMS 儀器之比對結果，比對時間為 108/11/27~108/11/30 共 4 天。比對結果顯示，假設 CWMS 之儀器為基準，pH 之平均誤差值、誤差百分比與標準偏差分別為 0.36、5.5%與 0.06，導電度之平均誤差值、誤差百分比與標準偏差分別為 0.263 mS/cm、5.9%與 0.08 mS/cm，溫度之平均誤差值、誤差百分比與標準偏差分別為 6.7 °C、23.5%與 2.71 °C。由以上比對結果可知，pH 與導電度之感測誤差值與誤差百分比均符合計畫所要求的規範，由標準偏差的結果來看，其感測趨勢亦與 CWMS 一致，主要的絕對誤差來源應主要為儀器的差距所導致；但溫度感測的結果與 CWMS 比較無論在誤差值與趨勢均差距甚大，推估發生這樣的結果應與竹科園區污水廠之放流水潛盾 5 公里才排放有很大的關係，水溫在該處監測受到南門溪溪水匯流及環境溫度之影響後，數據與剛排出污水廠之數值差距較大。

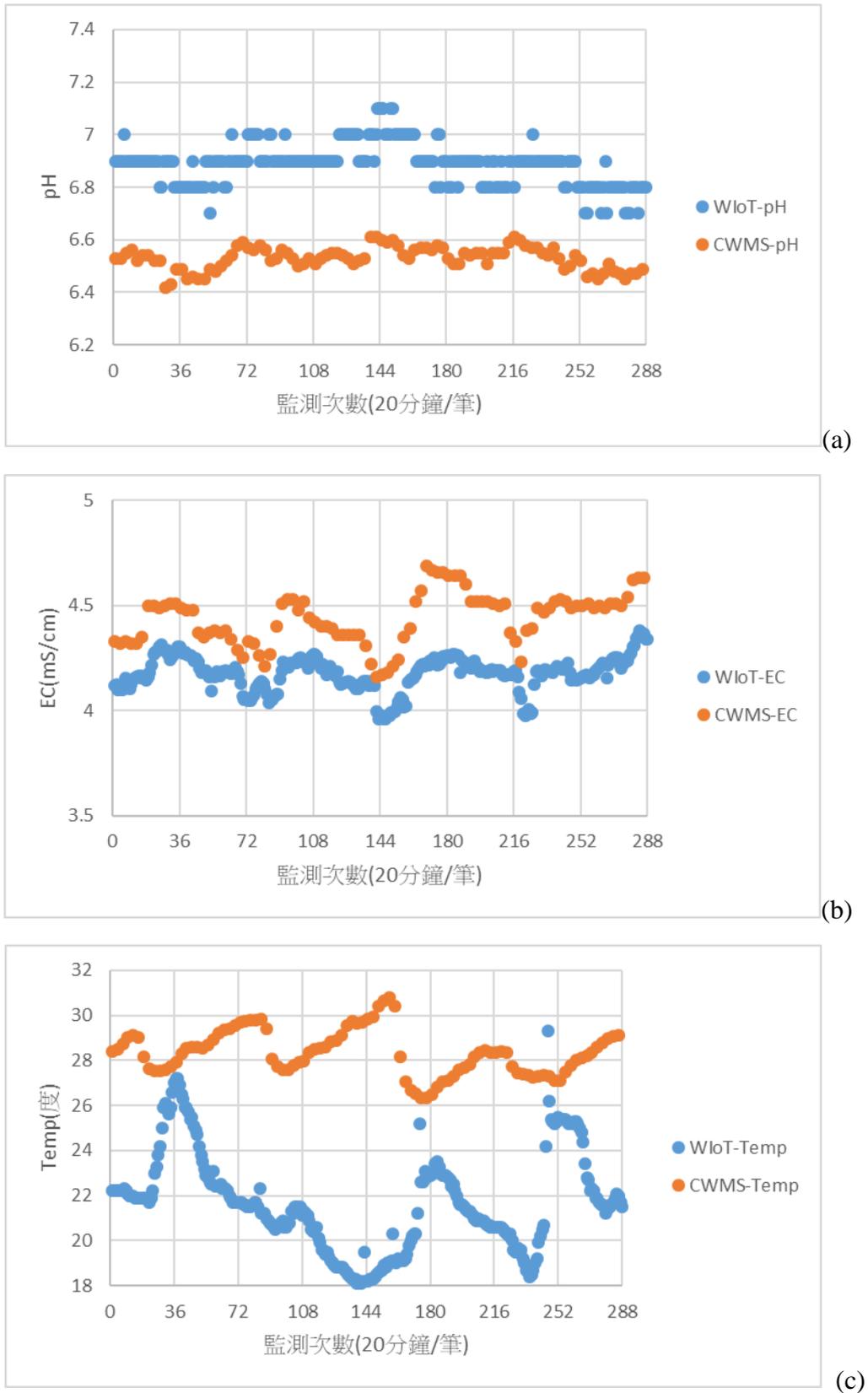


圖 3.14 竹科園區 D01C 與 CWMS 比對結果 (a)pH; (b)EC; (c)Temp

(二) OO 紙廠機台比對結果

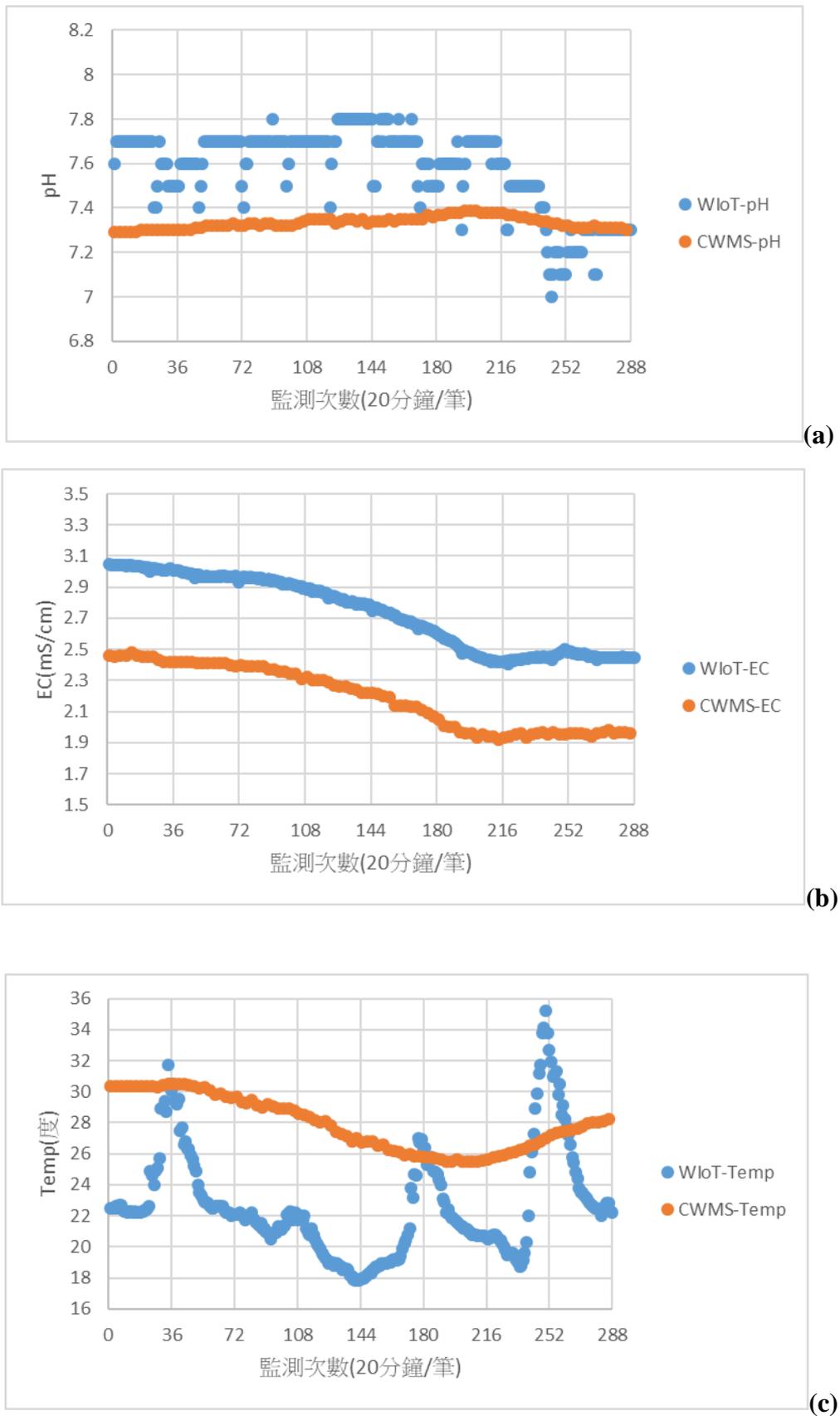


圖 3.15 為布建在 OO 紙廠之水質感測器(機台編號 I9)與 CWMS 儀器之比

對結果，比對時間為 108/11/27~108/11/30 共 4 天。比對結果顯示，假設 CWMS 之儀器為基準，pH 之平均誤差值、誤差百分比與標準偏差分別為 0.27、3.6%與 0.136，導電度之平均誤差值、誤差百分比與標準偏差分別為 0.54 mS/cm、24.8%與 0.035 mS/cm，溫度之平均誤差值、誤差百分比與標準偏差分別為 5.78 °C、20.6%與 2.51 °C。由以上比對結果可知，pH 之感測誤差值與誤差百分比均符合計畫所要求的規範，感測趨勢與 CWMS 大致相同，但比對結果之標準偏差稍大，為 0.136(園區機台為 0.06)，經與廠方及環保局討論後，得知廠方之放流口監測儀器與本計畫所設置之機台，前者位於室內，而本計畫所設置之儀器採樣口位於戶外，因此導致受到大氣之影響較為顯著，其感測數據波動較大；導電度之感測趨勢幾乎與 CWMS 完全一致(標準偏差僅為 0.03)，其誤差推估應與兩機台之校正有直接的關聯性；而溫度的結果在趨勢與誤差的結果均較差，推估其結果應與 pH 的原因一樣，主要受環境溫度的影響所導致。

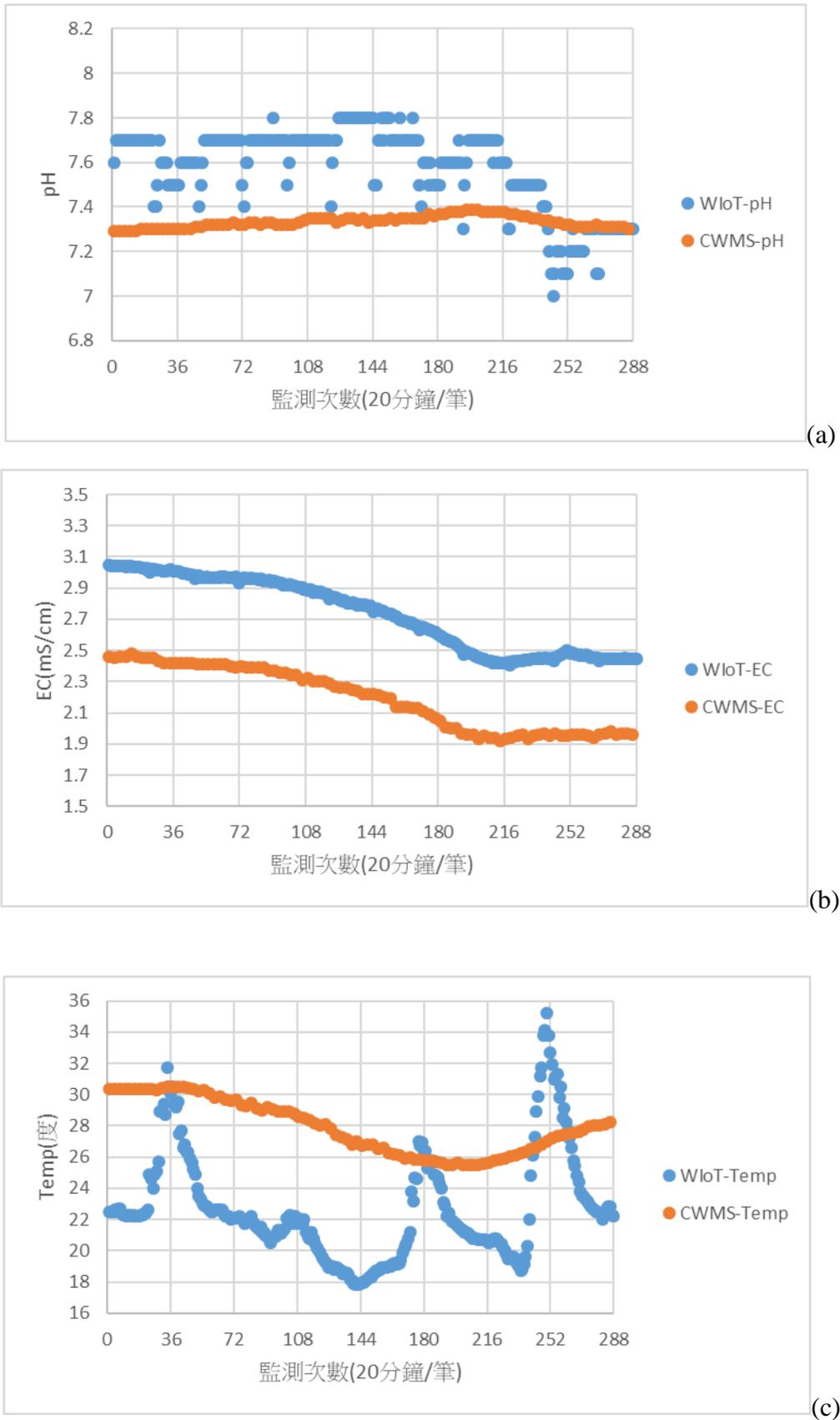


圖 3.15 OO 紙廠 I9 與 CWMS 比對結果 (a)pH; (b)EC; (c)Temp

3.2.3 移動式三合一水質感測器 50 台移交至縣市環保局或巡守隊

本計畫所研發之酸鹼值、溫度、電導度三合一感測模組，由於具備體積小及量測快速優勢，採用 Arduino 模組元件進行開發，以模組化方式做為移動式快速檢測裝置。為推廣國產化感測元件，提升民眾參與、監督、保護地球水資源意識，將環境永續概念融入生活，建立水質與生活環境關係觀念，並了解水質監測之意義，可透過巡守隊等各項環境教育訓練加以進行，並提供移動式三合一水質感測器，而藉由環境教育的進行來蒐集感測器使用的各項問題，以便做為移動式感測器改善之依據。此外，移動式三合一水質感測器有別於市售單一檢測項之手持水質檢測儀，在野地採集水樣數據僅需攜帶 1 台機器即可完成工作，且兼具低成本及量測穩定性與準確性，適合提供給河川巡守隊隨身攜帶，針對疑似污染水體立即檢測，同時亦可蒐集使用意見回饋做為感測器精進的目標。本計畫所研發之酸鹼值、溫度及電導度三合一感測模組之設計與實體如圖 3.16 所示，以溫度、電導度與酸鹼值為主要檢測項目。

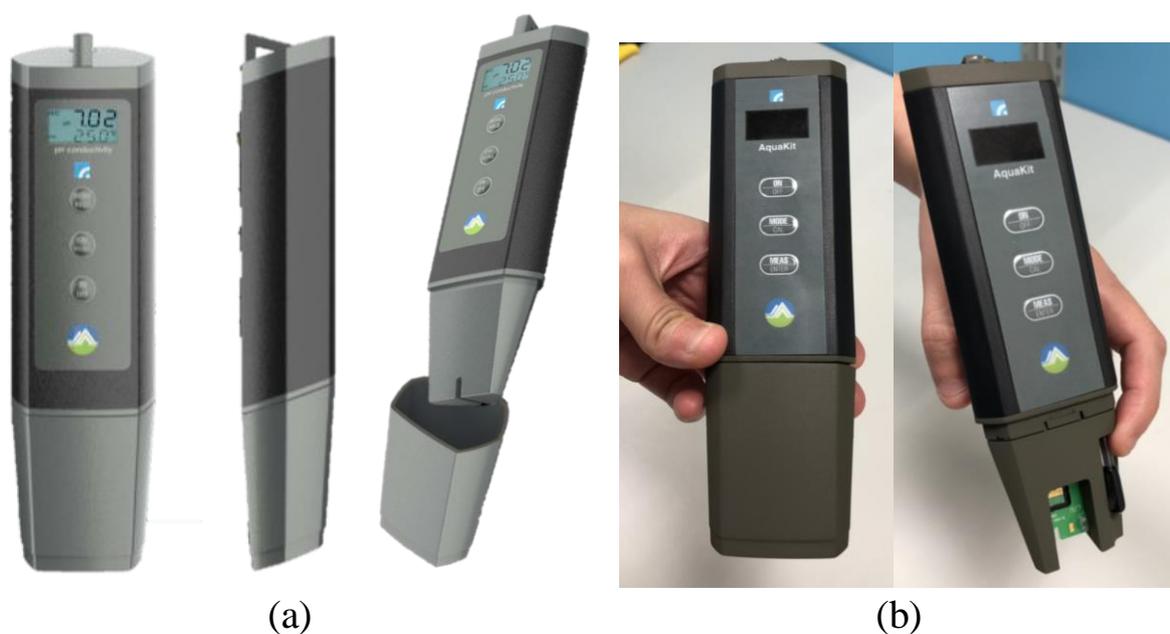


圖 3.16 移動式三合一水質感測器(a) 外觀設計，以及(b) 實體



圖 3.17 50 套移動式三合一水質感測器實體照片

3.3 實場水質感測器品保及品管作業

本工作項目將針對本計畫 107 年已布建之 100 組水質感測器(包含溫度 100 組、酸鹼度 100 組、導電度 100 組、化學需氧量 50 組、銅離子 50 組)，持續進行巡檢、校正與維護，以確保水質感測器在維運期間可以正常運行，並能即時產出與傳輸有效的水質感測數據，其中水質感測器每 3 個月產出之水質感測數據，其有效資料完整率應超過 85%，且資料品質滿意度亦應超過 85%。另外，針對本計畫 108 年新布建之 50 組水質感測器(包含溫度 50 組、酸鹼度 50 組、導電度 50 組)，應於實際維運 60 日內，完成 50 組現場比對查核，以評估水質感測器之感測數據是否可符合資料品質目標之要求，實施方法說明如下：

一、已布建之 100 組水質感測器

本計畫所布建之 100 組水質感測器，各感測點每 20 分鐘應產出 1 次水樣之感測數據，並在 10 分鐘內以資料串流方式，將感測數據即時發布至環保署指定之物聯網平台(即本計畫所建立之水質感測物聯網資訊管理平台)，其中感測數據應為各感測項目在 20 分鐘內產出之所有有效數據之平均值，感測項目應包含溫度、酸鹼度、導電度、化學需氧量與銅離子，且感測數據之有效資料完整率，應以下述公式計算並超過 85%(小數點以下無條件進位)。

$$\text{有效資料完整率(\%)} = \frac{\text{可在 20 分鐘內即時發布之有效筆數}}{\text{總筆數} - \text{不可抗力之無效或無數值筆數}} \times 100\%$$

另外，針對本計畫所布建 100 組水質感測器之感測點，每 3 個月應委託合格檢測機構，採樣檢測相同代表性水樣，並與同時段發布至水質感測物聯網資訊管理平台上之感測數據，進行溫度、酸鹼度與導電度之比對查核共 2 次，化學需氧量與銅離子之比對查核至少 1 次，且感測數據之資料品質滿意度，應以下述公式計算並超過 85% (小數點以下無條件進位)。

$$\text{資料品質滿意度(\%)} = \frac{\text{符合資料目標之總項次數}}{\text{比對查核總項次數}} \times 100\%$$

其中各感測項目之資料品質目標，應符合以下條件：

- 溫度差值在±1 °C 以內。
- 酸鹼度差值在±1 以內。
- 導電度相對差值在±15 %以內。
- 化學需氧量相對差值在±30 %以內。

- 銅濃度相對差值在±50 %以內。

二、新布建之 50 組水質感測器

針對本計畫所布建 50 組水質感測器之感測點，應於實際維運 60 日內，委託合格檢測機構，採樣檢測相同代表性水樣，並與同時段發布至水質感測物聯網資訊管理平台之感測數據，進行各感測項目之比對查核共 2 次，且感測數據之資料品質滿意度，應以下述公式計算(小數點以下無條件進位)。

$$\text{資料品質滿意度(\%)} = \frac{\text{符合資料目標之總項次數}}{\text{比對查核總項次數}} \times 100\%$$

其中各感測項目之資料品質目標，應符合以下條件：

- 溫度差值在±1 °C 以內。
- 酸鹼度差值在±1 以內。
- 導電度相對差值在±15 %以內。

三、執行成果

(一) 有效資料完整率

針對本計畫所布建之 100 組水質感測設備，統計日期從 108 年 4 月起至 108 年 12 月止。4~6 月有效數據完整率為 98.22%、7~9 月有效數據完整率為 97.59%、10 月~12 月有效資料完整率為 99.18 %；50 台新布建水質感測器 60 日之有效數據完整率，統計時間為 108 年 10 月至 108 年 12 月日平均值 99.16%，以上資料已符合有效資料完整率超過 85 %之要求。

(二) 現場比對查核結果

1. 第一季現場比對查核結果

- (1) 完成日期：108/05/15
- (2) 水質感測設備：50 組 ITRI TANK 基配版與 50 組 ITRI TANK 頂配版，共 100 組
- (3) 第 1 次現場比對查核數據結果：如表 3.3 及表 3.4 所示，全部理論數據應有 400 筆，可比對數據共 362 筆，數據品質滿意度 86.5 %；其中溫度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，差值在 ± 1.0 °C 內有 91 筆，數據品質滿意度 91.0 %；酸鹼度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，差值在 ± 1.0 內有 87 筆，數據品質滿意度 87.0 %；導電度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，相對差值在 ± 15 % 內有 89 筆，數據品質滿意度 89.0 %；化學需氧量理論數據應有 50 筆，可比對數據共 50 筆，相對差值在 ± 30 % 內有 38 筆，數據品質滿意度 76 %；銅濃度理論數據應有 50 筆，可比對數據共 12 筆，相對差值在 ± 50 % 內有 8 筆，數據品質滿意度 66.7 %。
- (4) 第 2 次現場比對查核數據結果：如表 3.5 及表 3.6 所示，全部理論數據應有 300 筆，可比對數據共 300 筆，數據品質滿意度 91.0 %；其中溫度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，差值在 ± 1.0 °C 內有 94 筆，數據品質滿意度 94.0 %；酸鹼度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，差值在 ± 1.0 內有 87 筆，數據品質滿意度 87.0 %；導電度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，相對差值在 ± 15 % 內有 92 筆，數據品質滿意度 92.0 %。
- (5) 全部 2 次現場比對查核數據結果：全部理論數據應有 700 筆，可比對數據共 662 筆，數據品質滿意度 88.5 %；其中溫度理論數據應有 200 筆，可比對數據共 200 筆，差值在 ± 1 °C 內有 185 筆，數據品質滿意度 92.5 %；酸鹼度理論數據應有 200 筆，可比對數據共 200 筆，差值在 ± 1.0 內有 174 筆，數據品質滿意度 87.0 %；導電度理論數據應有 200 筆，可比對數據共 200 筆，相對差值在 ± 15 % 內有 181 筆，數據品質滿意度 90.5 %；化學需氧量理論數據應有 50 筆，可比對數據共 50 筆，相對差值在 ± 30 % 內有 38

筆，數據品質滿意度 76 %；銅濃度理論數據應有 50 筆，可比對數據共 12 筆，相對差值在 $\pm 50\%$ 內有 8 筆，數據品質滿意度 66.7 %。整體而言，水質感測設備在經過巡檢校正後，直接進行現場水樣之比對測試，在 1 小時內各感測項目之量測值，均能達到相當高的準確度，可符合資料品質滿意度超過 85 % 之要求。

2. 第二季現場比對查核結果

(1) 完成日期：108/08/21

(2) 水質感測設備：50 組 ITRI TANK 基配版與 50 組 ITRI TANK 頂配版，共 100 組

(3) 第 1 次現場比對查核數據結果：如表 3.7 及表 3.9 所示，全部理論數據應有 400 筆，可比對數據共 355 筆，數據品質滿意度 89.9 %；其中溫度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，差值在 $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 內有 92 筆，數據品質滿意度 92.0 %；酸鹼度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，差值在 ± 1.0 內有 91 筆，數據品質滿意度 91.0 %；導電度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，相對差值在 $\pm 15\%$ 內有 98 筆，數據品質滿意度 98.0 %；化學需氧量理論數據應有 50 筆，可比對數據共 50 筆，相對差值在 $\pm 30\%$ 內有 35 筆，數據品質滿意度 70 %；銅濃度理論數據應有 50 筆，可比對數據共 5 筆，相對差值在 $\pm 50\%$ 內有 3 筆，數據品質滿意度 60.0 %。

(4) 第 2 次現場比對查核數據結果：如表 3.9 及表 3.10 所示，全部理論數據應有 300 筆，可比對數據共 300 筆，數據品質滿意度 93.0 %；其中溫度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，差值在 $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 內有 92 筆，數據品質滿意度 92.0 %；酸鹼度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，差值在 ± 1.0 內有 89 筆，數據品質滿意度 89.0 %；導電度理論數據應有 100 筆，可比對數據共 100 筆，相對差值在 $\pm 15\%$ 內有 98 筆，數據品質滿意度 98.0 %。

(5) 全部 2 次現場比對查核數據結果：全部理論數據應有 700 筆，可比對數據共 655 筆，數據品質滿意度 91.3 %；其中溫度理論數據應有 200 筆，可比對數據共 200 筆，差值在 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 內有 184 筆，數據品質滿意度 92.0 %；酸

鹼度理論數據應有 200 筆，可比對數據共 200 筆，差值在 ± 1.0 內有 180 筆，數據品質滿意度 90.0 %；導電度理論數據應有 200 筆，可比對數據共 200 筆，相對差值在 ± 15 % 內有 196 筆，數據品質滿意度 98 %；化學需氧量理論數據應有 50 筆，可比對數據共 50 筆，相對差值在 ± 30 % 內有 35 筆，數據品質滿意度 70 %；銅濃度理論數據應有 50 筆，可比對數據共 5 筆，相對差值在 ± 50 % 內有 3 筆，數據品質滿意度 60.0 %。整體而言，水質感測設備在經過巡檢校正後，直接進行現場水樣之比對測試，在 1 小時內各感測項目之量測值，均能達到相當高的準確度，可符合資料品質滿意度超過 85 % 之要求。

3. 第三季現場比對查核結果

(1) 完成日期：108/10/22

(2) 水質感測設備：100 組 ITRI TANK 基配版與 50 組 ITRI TANK 頂配版，共 150 組

(3) 第 1 次現場比對查核數據結果：如表 3. 12~表 3. 14 所示，全部理論數據應有 550 筆，可比對數據共 505 筆，數據品質滿意度 89.3 %；其中溫度理論數據應有 150 筆，可比對數據共 150 筆，差值在 ± 1.0 °C 內有 139 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 94.0%與 92.0%，合併計算之滿意度為 92.7 %；酸鹼度理論數據應有 150 筆，可比對數據共 150 筆，差值在 ± 1.0 內有 134 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 90.0%與 89.0%，合併計算之滿意度為 89.3 %；導電度理論數據應有 150 筆，可比對數據共 150 筆，相對差值在 ± 15 % 內有 137 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 88.0%與 93.0%，合併計算之滿意度為 91.3 %；化學需氧量理論數據應有 50 筆，可比對數據共 50 筆，相對差值在 ± 30 % 內有 37 筆，數據品質滿意度 74 %；銅濃度理論數據應有 50 筆，可比對數據共 5 筆，相對差值在 ± 50 % 內有 4 筆，數據品質滿意度 80.0 %。

(4) 第 2 次現場比對查核數據結果：如表 3. 15~表 3. 17 所示，全部理論數據應有 450 筆，可比對數據共 450 筆，數據品質滿意度 90.4 %；其中溫度理論數據應有 150 筆，可比對數據共 150 筆，差值在 ± 1.0 °C 內有 139 筆，

50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 92.0%與 93.0%，合併計算之滿意度為 92.7 %；酸鹼度理論數據應有 150 筆，可比對數據共 150 筆，差值在 ± 1.0 內有 133 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 88.0%與 89.0%，合併計算之滿意度為 88.7 %；導電度理論數據應有 150 筆，可比對數據共 150 筆，相對差值在 $\pm 15\%$ 內有 135 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 90.0%與 90.0%，合併計算之滿意度為 90.0 %。

- (5) 全部 2 次現場比對查核數據結果：全部理論數據應有 1000 筆，可比對數據共 955 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 90.3%與 89.6%，合併計算之滿意度為 89.8%；其中溫度理論數據應有 300 筆，可比對數據共 300 筆，差值在 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 內有 278 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 92.5%與 93.0%，合併計算之滿意度為 92.7 %；酸鹼度理論數據應有 300 筆，可比對數據共 300 筆，差值在 ± 1.0 內有 267 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 89.0%與 89.0%，合併計算之滿意度為 89.0 %；導電度理論數據應有 300 筆，可比對數據共 300 筆，相對差值在 $\pm 15\%$ 內有 272 筆，50 組新布建(FY108)與 100 組已布建之數據品質滿意度分別為 89.0%與 91.5%，合併計算之滿意度為 90.7 %；化學需氧量理論數據應有 50 筆，可比對數據共 50 筆，相對差值在 $\pm 30\%$ 內有 37 筆，數據品質滿意度 74 %；銅濃度理論數據應有 50 筆，可比對數據共 5 筆，相對差值在 $\pm 50\%$ 內有 4 筆，數據品質滿意度 80.0 %。整體而言，水質感測設備在經過巡檢校正後，直接進行現場水樣之比對測試，在 1 小時內各感測項目之量測值，均能達到相當高的準確度，可符合資料品質滿意度超過 85 %之要求。

表 3.3 第一季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | | 水質感測設備測量值 | | | | | 差值 | | | | | 相對差值 | | | | | (相對)允差 | | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|---------------|--------------|------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|-----------|------|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) |
| 坑子口圳_1 | 20.8 | 8.2 | 1113 | — | — | 20.9 | 7.7 | 1184 | — | — | 0.1 | -0.5 | 71 | — | — | 0.5% | -6.1% | 6.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_2 | 20.9 | 7.0 | 1080 | — | — | 21.2 | 7.7 | 1227 | — | — | 0.3 | 0.7 | 147 | — | — | 1.4% | 10.1% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_3 | 22.4 | 8.2 | 1115 | — | — | 21.7 | 7.5 | 1282 | — | — | -0.7 | -0.7 | 167 | — | — | -3.1% | -8.6% | 14.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_4 | 21.2 | 7.7 | 966 | — | — | 21.6 | 6.8 | 1137 | — | — | 0.4 | -0.9 | 171 | — | — | 1.9% | -11.6% | 17.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_5 | 20.3 | 7.2 | 1020 | — | — | 21.4 | 6.7 | 1085 | — | — | 1.1 | -0.5 | 65 | — | — | 5.4% | -6.9% | 6.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_6 | 21.3 | 5.8 | 1312 | — | — | 22.2 | 6.9 | 1226 | — | — | 0.9 | 1.1 | -86 | — | — | 4.2% | 19.0% | -6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_7 | 22.1 | 5.9 | 1193 | — | — | 22.1 | 6.8 | 1181 | — | — | 0.0 | 0.9 | -12 | — | — | 0.0% | 15.3% | -1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_8 | 22.4 | 7.7 | 1386 | — | — | 22.4 | 6.7 | 1205 | — | — | 0.0 | -1.0 | -181 | — | — | 0.0% | -13.0% | -13.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_8C | 21.5 | 7.1 | 1079 | — | — | 22.4 | 6.7 | 1199 | — | — | 0.9 | -0.4 | 120 | — | — | 4.2% | -5.6% | 11.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_9 | 23.0 | 6.6 | 1362 | — | — | 22.5 | 6.7 | 1216 | — | — | -0.5 | 0.1 | -146 | — | — | -2.2% | 1.5% | -10.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_10 | 22.7 | 7.8 | 1223 | — | — | 23.0 | 6.7 | 1248 | — | — | 0.3 | -1.1 | 25 | — | — | 1.3% | -14.2% | 2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_11 | 22.4 | 6.9 | 1062 | — | — | 23.1 | 6.7 | 1280 | — | — | 0.7 | -0.2 | 218 | — | — | 3.1% | -2.9% | 20.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_11C | 23.0 | 7.6 | 1118 | — | — | 22.9 | 6.6 | 1215 | — | — | -0.1 | -1.0 | 97 | — | — | -0.4% | -13.2% | 8.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_12 | 20.1 | 8.7 | 834 | — | — | 19.8 | 7.9 | 906 | — | — | -0.3 | -0.8 | 72 | — | — | -1.5% | -9.2% | 8.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_12C | 19.1 | 7.2 | 856 | — | — | 20.0 | 7.9 | 973 | — | — | 0.9 | 0.7 | 117 | — | — | 4.7% | 9.7% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_13 | 19.9 | 6.4 | 1178 | — | — | 21.0 | 7.4 | 1144 | — | — | 1.1 | 1.0 | -34 | — | — | 5.5% | 15.6% | -2.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_14 | 20.8 | 8.0 | 974 | — | — | 21.2 | 7.3 | 1174 | — | — | 0.4 | -0.7 | 200 | — | — | 1.9% | -8.8% | 20.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_15 | 20.7 | 8.1 | 1348 | — | — | 21.7 | 7.3 | 1248 | — | — | 1.0 | -0.8 | -100 | — | — | 4.8% | -9.9% | -7.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_16 | 21.6 | 7.9 | 1114 | — | — | 21.2 | 7.0 | 1125 | — | — | -0.4 | -0.9 | 11 | — | — | -1.8% | -11.3% | 1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_17 | 21.0 | 7.1 | 1197 | — | — | 21.7 | 7.0 | 1185 | — | — | 0.7 | -0.1 | -12 | — | — | 3.3% | -1.4% | -1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_18 | 22.6 | 6.8 | 992 | — | — | 21.9 | 6.8 | 1167 | — | — | -0.7 | 0.0 | 175 | — | — | -3.1% | 0.0% | 17.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_19 | 23.8 | 8.5 | 1481 | — | — | 23.0 | 8.5 | 1397 | — | — | -0.8 | 0.0 | -84 | — | — | -3.4% | 0.0% | -5.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_20 | 22.5 | 8.6 | 1162 | — | — | 23.4 | 8.5 | 1400 | — | — | 0.9 | -0.1 | 238 | — | — | 4.0% | -1.2% | 20.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_21 | 23.6 | 8.8 | 1640 | — | — | 24.0 | 8.5 | 1451 | — | — | 0.4 | -0.3 | -189 | — | — | 1.7% | -3.4% | -11.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_A | 22.5 | 7.9 | 1733 | — | — | 22.4 | 8.8 | 1494 | — | — | -0.1 | 0.9 | -239 | — | — | -0.4% | 11.5% | -13.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_B | 20.8 | 8.1 | 1246 | — | — | 20.3 | 8.1 | 1271 | — | — | -0.5 | 0.0 | 25 | — | — | -2.4% | 0.0% | 2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_C | 18.3 | 8.2 | 981 | — | — | 19.4 | 7.6 | 1090 | — | — | 1.1 | -0.6 | 109 | — | — | 6.0% | -7.3% | 11.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_D | 18.5 | 7.7 | 1253 | — | — | 19.5 | 7.8 | 1109 | — | — | 1.0 | 0.1 | -144 | — | — | 5.4% | 1.3% | -11.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_DC | 19.5 | 8.3 | 1091 | — | — | 19.6 | 7.9 | 1125 | — | — | 0.1 | -0.4 | 34 | — | — | 0.5% | -4.8% | 3.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_E | 20.8 | 8.5 | 1141 | — | — | 20.1 | 7.8 | 1201 | — | — | -0.7 | -0.7 | 60 | — | — | -3.4% | -8.2% | 5.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_F | 20.5 | 6.7 | 998 | — | — | 19.5 | 7.6 | 1097 | — | — | -1.0 | 0.9 | 99 | — | — | -4.9% | 13.5% | 9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_G | 19.6 | 8.6 | 1198 | — | — | 20.4 | 8.4 | 1346 | — | — | 0.8 | -0.2 | 148 | — | — | 4.1% | -2.3% | 12.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_H | 19.2 | 7.2 | 1445 | — | — | 20.0 | 8.1 | 1246 | — | — | 0.8 | 0.9 | -199 | — | — | 4.2% | 12.4% | -13.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_I | 20.4 | 7.8 | 1062 | — | — | 19.3 | 7.6 | 1084 | — | — | -1.1 | -0.2 | 22 | — | — | -5.4% | -2.6% | 2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_a | 20.8 | 8.0 | 1166 | — | — | 20.0 | 8.0 | 1227 | — | — | -0.8 | 0.0 | 61 | — | — | -3.8% | 0.0% | 5.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_b | 19.5 | 9.0 | 1116 | — | — | 19.6 | 7.9 | 1151 | — | — | 0.1 | -1.1 | 35 | — | — | 0.5% | -12.3% | 3.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_c | 20.7 | 7.2 | 1277 | — | — | 20.1 | 8.1 | 1252 | — | — | -0.6 | 0.9 | -25 | — | — | -2.9% | 12.6% | -2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_d | 18.3 | 7.6 | 948 | — | — | 19.2 | 7.7 | 1077 | — | — | 0.9 | 0.1 | 129 | — | — | 4.9% | 1.3% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_e | 20.1 | 7.3 | 947 | — | — | 19.4 | 7.8 | 1089 | — | — | -0.7 | 0.5 | 142 | — | — | -3.5% | 6.9% | 14.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T1 | 21.4 | 9.1 | 1569 | — | — | 22.2 | 8.7 | 1480 | — | — | 0.8 | -0.4 | -89 | — | — | 3.7% | -4.4% | -5.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T2 | 20.9 | 8.0 | 1546 | — | — | 21.9 | 8.5 | 1393 | — | — | 1.0 | 0.5 | -153 | — | — | 4.8% | 6.2% | -9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T3 | 23.3 | 8.8 | 1551 | — | — | 22.5 | 8.5 | 1373 | — | — | -0.8 | -0.3 | -178 | — | — | -3.4% | -3.4% | -11.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T4 | 24.6 | 7.3 | 1406 | — | — | 23.7 | 8.1 | 1290 | — | — | -0.9 | 0.8 | -116 | — | — | -3.7% | 10.9% | -8.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T5 | 20.3 | 7.0 | 1068 | — | — | 20.0 | 8.1 | 1242 | — | — | -0.3 | 1.1 | 174 | — | — | -1.5% | 15.7% | 16.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | fail | — | — | — | — | — | 33% | |
| 坑子口圳_T6 | 19.3 | 6.7 | 944 | — | — | 19.2 | 7.6 | 1073 | — | — | -0.1 | 0.9 | 129 | — | — | -0.5% | 13.4% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T7 | 19.7 | 7.1 | 1340 | — | — | 20.4 | 8.1 | 1288 | — | — | 0.7 | 1.0 | -52 | — | — | 3.6% | 14.1% | -3.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 南坎溪主流_1 | 19.6 | 8.3</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 3.4 第一季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | 水質感測設備量測值 | | | | 差值 | | | | 相對差值 | | | | (相對)允差 | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|------|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|-----------|------|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 合計 |
| 南坑溪主流 14 | 23.7 | 6.6 | 959 | 64 | 0.06 | 22.9 | 6.4 | 1115 | 49.8 | 0.00 | -0.8 | -0.2 | 156 | -0.06 | -3.4% | -3.0% | 16.3% | -21.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | fail | pass | — | 75% | |
| 南坑溪主流 15 | 21.8 | 6.5 | 1287 | 49 | 0.01 | 21.5 | 6.5 | 1274 | 46.7 | 0.00 | -0.3 | 0.0 | -13 | -2 | -0.01 | -1.4% | 0.0% | -1.0% | -4.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南坑溪主流 16 | 21.3 | 6.3 | 1369 | 46 | 0.21 | 22.2 | 6.5 | 1256 | 51.1 | 0.30 | 0.9 | 0.2 | -113 | 5 | 0.09 | 4.2% | 3.2% | -8.3% | 11.1% | 42.9% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| 南坑溪主流 17 | 22.9 | 6.1 | 1172 | 65 | 0.00 | 22.1 | 6.5 | 1221 | 48.8 | 0.00 | -0.8 | 0.4 | 49 | -16 | 0.00 | -3.5% | 6.6% | 4.2% | -24.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南坑溪主流 18 | 23.4 | 7.7 | 1357 | 49 | 0.07 | 22.9 | 6.6 | 1245 | 56.9 | 0.00 | -0.5 | -1.1 | -112 | 8 | -0.07 | -2.1% | -14.2% | -8.3% | 16.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 南坑溪主流 19 | 24.3 | 7.5 | 1011 | 41 | 0.05 | 24.4 | 6.4 | 911 | 53.6 | 0.00 | 0.1 | -1.1 | -100 | 13 | -0.05 | 0.4% | -14.7% | -9.9% | 31.6% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 50% |
| 南坑溪主流 20 | 26.1 | 7.1 | 1118 | 81 | 0.07 | 25.1 | 7.6 | 1153 | 74.0 | 0.00 | -1.0 | 0.5 | 35 | -7 | -0.07 | -3.8% | 7.0% | 3.1% | -8.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南坑溪主流 22 | 23.8 | 7.4 | 987 | 46 | 0.02 | 24.2 | 7.1 | 914 | 55.4 | 0.00 | 0.4 | -0.3 | -73 | 9 | -0.02 | 1.7% | -4.1% | -7.4% | 20.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 東門溪 1 | 20.1 | 6.5 | 1976 | 51 | 0.13 | 19.7 | 7.5 | 1830 | 67.7 | 0.00 | -0.4 | 1.0 | -146 | 16 | -0.13 | -2.0% | 15.5% | -7.4% | 31.6% | -100.0% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | fail | fail | 60% |
| 坑子溪 1 | 26.0 | 6.2 | 827 | 73 | 0.00 | 25.0 | 6.4 | 844 | 55.7 | 0.00 | -1.0 | 0.2 | 17 | -17 | 0.00 | -3.8% | 3.2% | 2.0% | -23.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 I01 | 23.2 | 9.0 | 850 | 70 | 0.08 | 23.6 | 7.9 | 746 | 60.3 | 0.00 | 0.4 | -1.1 | -104 | -10 | -0.08 | 1.7% | -12.2% | -12.3% | -13.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 I02 | 27.9 | 9.0 | 1562 | 185 | 0.25 | 27.5 | 8.6 | 1460 | 76.0 | 0.20 | -0.4 | -0.4 | -102 | -109 | -0.05 | -1.4% | -4.5% | -6.5% | -58.9% | -20.0% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | fail | pass | 80% |
| 龜山工業區 I03 | 21.2 | 9.7 | 3923 | 16 | 0.10 | 21.8 | 9.8 | 3666 | 4.4 | 0.01 | 0.6 | 0.1 | -257 | -12 | -0.09 | 2.8% | 1.0% | -6.5% | -72.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 I04 | 23.0 | 7.3 | 742 | 45 | 0.02 | 23.2 | 6.6 | 640 | 54.6 | 0.00 | 0.2 | -0.7 | -102 | 9 | -0.02 | 0.9% | -9.6% | -13.8% | 20.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 I05 | 27.7 | 9.2 | 1764 | 53 | 0.03 | 27.1 | 8.1 | 1633 | 73.5 | 0.00 | -0.6 | -1.1 | -131 | 21 | -0.03 | -2.2% | -12.0% | -7.4% | 38.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | fail | — | 50% |
| 龜山工業區 I06 | 26.2 | 8.4 | 1572 | 61 | 0.27 | 26.8 | 7.8 | 1429 | 60.8 | 0.20 | 0.6 | -0.6 | -143 | -1 | -0.07 | 2.3% | -7.1% | -9.1% | -1.0% | -25.9% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| 龜山工業區 I07 | 22.2 | 6.8 | 2216 | 92 | 0.14 | 21.6 | 7.0 | 2357 | 47.6 | 0.00 | -0.6 | 0.2 | 141 | -44 | -0.14 | -2.7% | 3.0% | 6.4% | -48.3% | -100.0% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | fail | fail | 60% |
| 龜山工業區 I08 | 22.3 | 9.1 | 1161 | 67 | 0.24 | 22.9 | 8.6 | 1027 | 73.1 | 0.30 | 0.6 | -0.5 | -134 | 6 | 0.06 | 2.7% | -5.5% | -11.5% | -7.4% | 8.7% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| 龜山工業區 I09 | 20.1 | 4.7 | 1375 | 96 | 0.02 | 19.5 | 5.7 | 1285 | 45.3 | 0.00 | -0.6 | 1.0 | -90 | -51 | -0.02 | -3.0% | 21.2% | -6.5% | -52.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 RD01 | 22.0 | 9.0 | 1117 | 88 | 0.00 | 22.2 | 8.5 | 1025 | 74.2 | 0.00 | 0.2 | -0.5 | -92 | -13 | 0.00 | 0.9% | -5.6% | -8.3% | -15.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD02 | 24.9 | 8.1 | 1051 | 56 | 0.16 | 25.4 | 8.5 | 1106 | 65.6 | 0.00 | 0.5 | 0.4 | 55 | 9 | -0.16 | 2.0% | 4.9% | 5.3% | 16.3% | -100.0% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | fail | 80% |
| 龜山工業區 RD03 | 26.3 | 9.5 | 1444 | 92 | 0.00 | 26.1 | 8.9 | 1289 | 80.1 | 0.00 | -0.2 | -0.6 | -155 | -12 | 0.00 | -0.8% | -6.3% | -10.7% | -12.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD04 | 20.5 | 7.4 | 2594 | 96 | 0.08 | 21.6 | 7.7 | 2702 | 78.7 | 0.00 | 1.1 | 0.3 | 108 | -17 | -0.08 | 5.4% | 4.0% | 4.2% | -18.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | pass | pass | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 RD04C | 26.6 | 7.7 | 1310 | 85 | 0.08 | 25.8 | 8.4 | 1120 | 63.2 | 0.00 | -0.8 | 0.7 | -190 | -21 | -0.08 | -3.0% | 9.1% | -14.5% | -25.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD05 | 27.1 | 8.3 | 1183 | 85 | 0.01 | 27.0 | 8.2 | 1344 | 63.5 | 0.00 | -0.1 | -0.1 | 161 | -22 | -0.01 | -0.4% | -1.2% | 13.6% | -25.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD06 | 26.0 | 6.8 | 1339 | 53 | 0.01 | 26.8 | 7.9 | 1326 | 58.0 | 0.00 | 0.8 | 1.1 | -13 | 5 | -0.01 | 3.1% | 16.2% | -1.0% | 9.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 RD07 | 24.0 | 6.1 | 1473 | 58 | 0.02 | 23.6 | 6.6 | 1377 | 65.7 | 0.00 | -0.4 | 0.5 | -96 | 8 | -0.02 | -1.7% | 8.2% | -6.5% | 13.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD08 | 22.9 | 6.3 | 1166 | 53 | 0.14 | 23.7 | 6.1 | 1032 | 49.6 | 0.10 | 0.8 | -0.2 | -134 | -3 | -0.04 | 3.5% | -3.2% | -11.5% | -5.7% | -28.6% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| 龜山工業區 RD09 | 24.7 | 5.6 | 1255 | 60 | 0.01 | 23.8 | 6.4 | 1218 | 59.3 | 0.00 | -0.9 | 0.8 | -37 | -1 | -0.01 | -3.6% | 14.3% | -2.9% | -2.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD10 | 22.8 | 5.3 | 1248 | 58 | 0.02 | 23.3 | 6.4 | 1261 | 57.3 | 0.00 | 0.5 | 1.1 | 13 | -1 | -0.02 | 2.2% | 20.8% | 1.0% | -1.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 RD11 | 24.5 | 6.8 | 1417 | 75 | 0.00 | 23.4 | 6.7 | 1446 | 66.9 | 0.00 | -1.1 | -0.1 | 29 | -8 | 0.00 | -4.5% | -1.5% | 2.0% | -10.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | pass | pass | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 RD12 | 23.3 | 5.9 | 1731 | 55 | 0.26 | 22.9 | 6.7 | 1492 | 65.3 | 0.30 | -0.4 | 0.8 | -239 | 10 | 0.04 | -1.7% | 13.6% | -13.8% | 19.0% | 15.4% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| 龜山工業區 RD13 | 19.6 | 6.5 | 1590 | 72 | 0.17 | 19.5 | 7.1 | 1871 | 61.8 | 0.10 | -0.1 | 0.6 | 281 | -10 | -0.07 | -0.5% | 9.3% | 17.6% | -13.8% | -41.2% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | fail | pass | pass | 80% |
| 龜山工業區 RD14 | 21.3 | 10.4 | 3153 | 5 | 0.18 | 22.1 | 9.9 | 3624 | 4.5 | 0.00 | 0.8 | -0.5 | 471 | -1 | -0.18 | 3.8% | -4.8% | 14.9% | -14.5% | -100.0% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | fail | 80% |
| 龜山工業區 W01 | 18.4 | 8.1 | 1605 | 50 | 0.01 | 18.7 | 7.0 | 1824 | 56.5 | 0.00 | 0.3 | -1.1 | 219 | 7 | -0.01 | 1.6% | -13.6% | 13.6% | 37.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 W02 | 19.5 | 6.8 | 2032 | 42 | 0.01 | 18.8 | 7.0 | 1831 | 57.1 | 0.00 | -0.7 | 0.2 | -201 | 15 | -0.01 | -3.6% | 2.9% | -9.9% | 13.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 W03 | 20.0 | 7.5 | 1979 | 73 | 0.01 | 19.9 | 7.5 | 2061 | 76.4 | 0.00 | -0.1 | 0.0 | 82 | 4 | -0.01 | -0.5% | 0.0% | 4.2% | 5.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 W04 | 19.8 | 7.3 | 1941 | 91 | 0.00 | 19.3 | 7.4 | 2001 | 70.7 | 0.00 | -0.5 | 0.1 | 60 | -21 | 0.00 | -2.5% | 1.4% | 3.1% | -22.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 W05 | 20.0 | 7.6 | 2096 | 76 | 0.02 | 19.3 | 7.8 | 2096 | 81.6 | 0.00 | -0.7 | 0.2 | 0 | 6 | -0.02 | -3.5% | 2.6% | 0.0% | 7.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 W06 | 19.4 | 8.0 | 2034 | 67 | 0.03 | 19.1 | 7.5 | 1994 | 70.5 | 0.00 | -0.3 | -0.5 | -40 | 4 | -0.03 | -1.5% | -6.3% | -2.0% | 5.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 W07 | 19.7 | 8.0 | 1625 | 81 | 0.07 | 18.6 | 7.3 | 1889 | 63.0 | 0.00 | -1.1 | -0.7 | 264 | -18 | -0.07 | -5.6% | -8.8% | 16.3% | -21.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | pass | fail | pass | — | 50% |
| 龜山工業區 W08 | 22.3 | 6.8 | 1907 | 44 | 0.04 | 21.2 | 6.7 | 1630 | 59.1 | 0.00 | -1.1 | -0.1 | -277 | 15 | -0.04 | -4.9% | -1.5% | -14.5% | 33.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | pass | pass | fail | — | 50% |
| 潛勢污染工廠1 | 23.5 | 9.6 | 2468 | 123 | 0.00 | 22.9 | 8.8 | 2518 | 106.6 | 0.00 | -0.6 | -0.8 | 50 | -16 | 0.00 | -2.6% | -8.4% | 2.0% | -13.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠2 | 28.3 | 7.7 | 2365 | 83 | 0.00 | 27.4 | 7.4 | 2170 | 65.6 | 0.00 | -0.9 | -0.3 | -195 | -17 | 0.00 | -3.2% | -3.9% | -8.3% | -20.6% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠3 | 27.0 | 8.2 | 2072 | 44 | 0.00 | 27.4 | 7.5 | 2204 | 67.4 | 0.00 | 0.4 | -0.7 | 132 | 23 | 0.00 | 1.5% | -8.6% | 6.4% | 51.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 潛勢污染工廠4 | 21.1 | 7.0 | 265 | 45 | 0.05 | 20.8 | 7.0 | 260 | 64.1 | 0.04 | -0.3 | 0.0 | -3 | -9 | -0.01 | -1.4% | 0.0% | -1.0% | -20.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 3.5 第一季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | | 水質感測設備量測值 | | | | | 差值 | | | | | 相對差值 | | | | | (相對)允差 | | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|-----------|------|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) |
| 坑子口圳_1 | 19.8 | 7.1 | 1195 | — | — | 20.2 | 7.7 | 1172 | — | — | 0.4 | 0.6 | -23 | — | — | 2.0% | 8.4% | -2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_2 | 19.2 | 8.7 | 1067 | — | — | 20.1 | 7.7 | 1186 | — | — | 0.9 | -1.0 | 119 | — | — | 4.7% | -11.5% | 11.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_3 | 20.8 | 8.9 | 1289 | — | — | 21.1 | 8.3 | 1465 | — | — | 0.3 | -0.6 | 176 | — | — | 1.4% | -6.8% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_4 | 21.4 | 8.9 | 1304 | — | — | 21.1 | 8.2 | 1465 | — | — | -0.3 | -0.7 | 161 | — | — | -1.4% | -7.9% | 12.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_5 | 22.3 | 8.0 | 1443 | — | — | 21.3 | 8.3 | 1519 | — | — | -1.0 | 0.3 | 76 | — | — | -4.5% | 3.8% | 5.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_6 | 20.5 | 7.7 | 1234 | — | — | 20.7 | 7.9 | 1341 | — | — | 0.2 | 0.2 | 107 | — | — | 1.0% | 2.6% | 8.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_7 | 21.1 | 8.4 | 1299 | — | — | 20.7 | 7.8 | 1353 | — | — | -0.4 | -0.6 | 54 | — | — | -1.9% | -7.1% | 4.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_8 | 20.8 | 7.0 | 1328 | — | — | 21.2 | 8.0 | 1444 | — | — | 0.4 | 1.0 | 116 | — | — | 1.9% | 14.3% | 8.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_8C | 22.2 | 7.5 | 1706 | — | — | 21.8 | 8.3 | 1609 | — | — | -0.4 | 0.8 | -97 | — | — | -1.8% | 10.6% | -5.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_9 | 21.3 | 8.9 | 1247 | — | — | 21.2 | 8.0 | 1450 | — | — | -0.1 | -0.9 | 203 | — | — | -0.5% | -10.1% | 16.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_10 | 20.8 | 8.6 | 1505 | — | — | 21.2 | 8.0 | 1461 | — | — | 0.4 | -0.6 | -44 | — | — | 1.9% | -7.0% | -2.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_11 | 21.6 | 7.4 | 1443 | — | — | 22.0 | 8.4 | 1659 | — | — | 0.4 | 1.0 | 216 | — | — | 1.8% | 13.6% | 14.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_11C | 20.6 | 8.8 | 1500 | — | — | 21.6 | 8.1 | 1531 | — | — | 1.0 | -0.7 | 31 | — | — | 4.9% | -8.0% | 2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_12 | 19.5 | 6.4 | 928 | — | — | 20.4 | 7.4 | 1043 | — | — | 0.9 | 1.0 | 115 | — | — | 4.6% | 15.6% | 12.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_12C | 20.5 | 8.4 | 1132 | — | — | 20.5 | 7.5 | 1068 | — | — | 0.0 | -0.9 | -64 | — | — | 0.0% | -10.8% | -5.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_13 | 21.0 | 6.6 | 1169 | — | — | 20.3 | 7.8 | 1230 | — | — | -0.7 | 1.2 | 62 | — | — | -3.3% | 18.2% | 5.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_14 | 21.7 | 8.9 | 1473 | — | — | 21.0 | 8.2 | 1430 | — | — | -0.7 | -0.7 | -43 | — | — | -3.2% | -7.9% | -2.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_15 | 19.8 | 8.0 | 1343 | — | — | 20.6 | 7.9 | 1330 | — | — | 0.8 | -0.1 | -13 | — | — | 4.0% | -1.2% | -1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_16 | 19.7 | 7.1 | 1147 | — | — | 20.5 | 7.8 | 1289 | — | — | 0.8 | 0.7 | 142 | — | — | 4.1% | 9.8% | 12.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_17 | 20.5 | 8.6 | 1584 | — | — | 21.1 | 8.2 | 1453 | — | — | 0.6 | -0.4 | -131 | — | — | 2.9% | -4.7% | -8.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_18 | 20.6 | 9.0 | 1492 | — | — | 20.8 | 8.0 | 1369 | — | — | 0.2 | -1.0 | -123 | — | — | 1.0% | -11.2% | -8.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_19 | 22.4 | 8.8 | 709 | — | — | 23.0 | 8.0 | 771 | — | — | 0.6 | -0.8 | 62 | — | — | 2.7% | -9.1% | 8.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_20 | 21.4 | 7.7 | 697 | — | — | 22.5 | 7.7 | 617 | — | — | 1.1 | 0.0 | -80 | — | — | 5.1% | 0.0% | -11.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_21 | 22.2 | 6.5 | 683 | — | — | 22.5 | 7.7 | 615 | — | — | 0.3 | 1.2 | -68 | — | — | 1.3% | 18.5% | -9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_A | 21.6 | 7.0 | 657 | — | — | 22.2 | 7.6 | 581 | — | — | 0.6 | 0.6 | -76 | — | — | 2.8% | 8.5% | -11.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_B | 22.6 | 7.0 | 519 | — | — | 22.0 | 7.4 | 603 | — | — | -0.6 | 0.4 | 84 | — | — | -2.7% | 5.7% | 16.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_C | 21.5 | 8.4 | 687 | — | — | 22.3 | 7.5 | 674 | — | — | 0.8 | -0.9 | -13 | — | — | 3.7% | -10.7% | -2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_D | 20.6 | 7.6 | 360 | — | — | 21.3 | 7.1 | 428 | — | — | 0.7 | -0.5 | 68 | — | — | 3.4% | -6.6% | 19.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_DC | 21.0 | 6.6 | 437 | — | — | 21.6 | 7.3 | 486 | — | — | 0.6 | 0.7 | 49 | — | — | 2.9% | 10.6% | 11.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_E | 22.7 | 6.4 | 693 | — | — | 22.1 | 7.4 | 642 | — | — | -0.6 | 1.0 | -51 | — | — | -2.6% | 15.6% | -7.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_F | 22.1 | 7.5 | 456 | — | — | 21.2 | 7.0 | 465 | — | — | -0.9 | -0.5 | 9 | — | — | -4.1% | -6.7% | 2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_G | 22.5 | 6.2 | 564 | — | — | 21.9 | 7.4 | 537 | — | — | -0.6 | 1.2 | -27 | — | — | -2.7% | 19.4% | -4.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_H | 20.4 | 8.1 | 395 | — | — | 21.4 | 7.2 | 449 | — | — | 1.0 | -0.9 | 54 | — | — | 4.9% | -11.2% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_I | 22.9 | 7.0 | 643 | — | — | 22.0 | 7.4 | 601 | — | — | -0.9 | 0.4 | -42 | — | — | -3.9% | 5.7% | -6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_a | 21.2 | 8.2 | 524 | — | — | 21.8 | 7.3 | 552 | — | — | 0.6 | -0.9 | 28 | — | — | 2.8% | -10.9% | 5.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_b | 22.8 | 7.6 | 561 | — | — | 21.7 | 7.3 | 524 | — | — | -1.1 | -0.3 | -37 | — | — | -4.8% | -3.9% | -6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_c | 20.7 | 6.2 | 447 | — | — | 21.8 | 7.3 | 532 | — | — | 1.1 | 1.1 | 85 | — | — | 5.3% | 17.7% | 19.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | fail | fail | — | — | — | — | — | 0% | |
| 坑子口圳_d | 22.0 | 5.8 | 424 | — | — | 21.0 | 6.9 | 375 | — | — | -1.0 | 1.1 | -49 | — | — | -4.6% | 18.9% | -11.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_e | 20.7 | 6.4 | 392 | — | — | 21.2 | 7.0 | 417 | — | — | 0.5 | 0.6 | 25 | — | — | 2.4% | 9.3% | 6.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T1 | 22.3 | 6.3 | 466 | — | — | 22.0 | 7.5 | 530 | — | — | -0.3 | 1.2 | 64 | — | — | -1.3% | 19.0% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_T2 | 22.5 | 7.8 | 512 | — | — | 21.7 | 7.3 | 461 | — | — | -0.8 | -0.5 | -51 | — | — | -3.6% | -6.4% | -9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T3 | 23.1 | 7.1 | 849 | — | — | 22.8 | 7.9 | 732 | — | — | -0.3 | 0.8 | -117 | — | — | -1.3% | 11.2% | -13.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T4 | 23.8 | 7.4 | 767 | — | — | 22.8 | 7.8 | 661 | — | — | -1.0 | 0.4 | -106 | — | — | -4.2% | 5.4% | -13.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 坑子口圳_T5 | 22.1 | 5.9 | 367 | — | — | 21.1 | 7.0 | 408 | — | — | -1.0 | 1.1 | 41 | — | — | -4.5% | 18.7% | 11.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_T6 | 21.6 | 7.8 | 524 | — | — | 22.2 | 7.5 | 617 | — | — | 0.6 | -0.3 | 93 | — | — | 2.8% | -3.9% | 17.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 坑子口圳_T7 | 22.6 | 7.1 | 516 | — | — | 21.6 | 7.2 | 516 | — | — | -1.0 | 0.1 | 0 | — | — | -4.4% | 1.4% | 0.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 南茨溪主流_1 | 22.7 | 6.5 | 1288 | — | — | 23.0 | 7.3 | 1215 | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 3.6 第一季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | 水質感測器設備量測值 | | | | 差值 | | | | 相對差值 | | | | (相對)允差 | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|------|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (umho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 濁濁度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (umho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 濁濁度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (umho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 濁濁度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (umho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 濁濁度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (umho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 濁濁度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (umho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 濁濁度 (mg/L) | 合計 |
| 南坑溪主流_14 | 22.9 | 6.1 | 1253 | — | — | 22.5 | 6.9 | 1253 | — | — | -0.4 | 0.8 | 0 | — | — | -1.7% | 13.1% | 0.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坑溪主流_15 | 20.5 | 7.8 | 1118 | — | — | 21.2 | 7.0 | 1118 | — | — | 0.7 | -0.8 | 0 | — | — | 3.4% | -10.3% | 0.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坑溪主流_16 | 20.9 | 7.9 | 1329 | — | — | 21.9 | 7.1 | 1242 | — | — | 1.0 | -0.8 | -87 | — | — | 4.8% | -10.1% | -6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坑溪主流_17 | 22.0 | 7.3 | 1043 | — | — | 21.5 | 6.8 | 1110 | — | — | -0.5 | -0.5 | 67 | — | — | -2.3% | -6.8% | 6.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坑溪主流_18 | 22.8 | 7.3 | 1214 | — | — | 22.2 | 6.9 | 1214 | — | — | -0.6 | -0.4 | 0 | — | — | -2.6% | -5.5% | 0.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坑溪主流_19 | 23.6 | 7.3 | 995 | — | — | 23.4 | 6.3 | 1144 | — | — | -0.2 | -1.0 | 149 | — | — | -0.8% | -13.7% | 14.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坑溪主流_20 | 22.9 | 9.0 | 1408 | — | — | 22.1 | 8.0 | 1367 | — | — | -0.8 | -1.0 | -41 | — | — | -3.5% | -11.2% | -2.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坑溪主流_22 | 22.3 | 6.8 | 1242 | — | — | 22.1 | 8.0 | 1411 | — | — | -0.2 | 1.2 | 169 | — | — | -0.9% | 17.5% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 東門溪_1 | 19.8 | 6.8 | 999 | — | — | 19.1 | 7.7 | 884 | — | — | -0.7 | 0.9 | -115 | — | — | -3.5% | 13.2% | -11.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子溪_1 | 24.4 | 6.6 | 1111 | — | — | 24.2 | 6.4 | 1221 | — | — | -0.2 | -0.2 | 110 | — | — | -0.8% | -3.0% | 9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠1 | 23.8 | 8.8 | 1931 | — | — | 23.4 | 7.9 | 1740 | — | — | -0.4 | -0.9 | -191 | — | — | -1.7% | -10.2% | -9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠2 | 25.1 | 6.6 | 1660 | — | — | 26.0 | 7.7 | 1886 | — | — | 0.9 | 1.1 | 226 | — | — | 3.6% | 16.6% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 潛勢污染工廠3 | 25.7 | 6.5 | 1750 | — | — | 25.7 | 7.7 | 1823 | — | — | 0.0 | 1.2 | 73 | — | — | 0.0% | 18.6% | 4.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 潛勢污染工廠4 | 24.5 | 5.9 | 4155 | — | — | 25.6 | 5.6 | 4374 | — | — | 1.1 | -0.3 | 219 | — | — | 4.5% | -5.1% | 5.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 潛勢污染工廠5 | 24.9 | 10.0 | 2936 | — | — | 25.5 | 11.0 | 2744 | — | — | 0.6 | 1.0 | -192 | — | — | 2.4% | 10.0% | -6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠6 | 26.7 | 7.3 | 1967 | — | — | 26.1 | 7.7 | 1891 | — | — | -0.6 | 0.4 | -76 | — | — | -2.2% | 5.5% | -3.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠7 | 24.2 | 7.6 | 1798 | — | — | 24.9 | 7.9 | 1816 | — | — | 0.7 | 0.3 | 18 | — | — | 2.9% | 3.9% | 1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠8 | 31.7 | 6.6 | 1941 | — | — | 30.8 | 7.7 | 1941 | — | — | -0.9 | 1.1 | 0 | — | — | -2.8% | 16.7% | 0.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_01 | 28.9 | 7.6 | 1745 | — | — | 29.0 | 7.7 | 1856 | — | — | 0.1 | 0.1 | 111 | — | — | 0.3% | 1.3% | 6.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_02 | 27.1 | 8.3 | 1097 | — | — | 26.0 | 8.5 | 1167 | — | — | -1.1 | 0.2 | 70 | — | — | -4.1% | 2.4% | 6.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_03 | 30.1 | 7.2 | 546 | — | — | 29.4 | 7.9 | 510 | — | — | -0.7 | 0.7 | -36 | — | — | -2.3% | 9.7% | -6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_04 | 28.4 | 6.6 | 1565 | — | — | 29.0 | 6.2 | 1630 | — | — | 0.6 | -0.4 | 65 | — | — | 2.1% | -6.1% | 4.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_05 | 28.2 | 7.4 | 1557 | — | — | 27.3 | 8.4 | 1403 | — | — | -0.9 | 1.0 | -154 | — | — | -3.2% | 13.5% | -9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_06 | 26.2 | 8.2 | 1145 | — | — | 26.7 | 8.2 | 1245 | — | — | 0.5 | 0.0 | 100 | — | — | 1.9% | 0.0% | 8.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_07 | 28.1 | 6.6 | 475 | — | — | 28.1 | 6.8 | 413 | — | — | 0.0 | 0.2 | -62 | — | — | 0.0% | 3.0% | -13.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_08 | 22.6 | 7.9 | 895 | — | — | 21.7 | 8.3 | 984 | — | — | -0.9 | 0.4 | 89 | — | — | -4.0% | 5.1% | 9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_09 | 29.8 | 6.6 | 1158 | — | — | 30.0 | 6.2 | 1113 | — | — | 0.2 | -0.4 | -45 | — | — | 0.7% | -6.1% | -3.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD01 | 21.8 | 7.1 | 1216 | — | — | 21.4 | 8.3 | 1086 | — | — | -0.4 | 1.2 | -130 | — | — | -1.8% | 16.9% | -10.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_RD02 | 24.4 | 8.1 | 1132 | — | — | 24.4 | 8.6 | 1068 | — | — | 0.0 | 0.5 | -64 | — | — | 0.0% | 6.2% | -5.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD03 | 24.0 | 8.8 | 907 | — | — | 23.9 | 8.6 | 1031 | — | — | -0.1 | -0.2 | 124 | — | — | -0.4% | -2.3% | 13.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD04 | 22.1 | 8.3 | 2999 | — | — | 21.6 | 7.7 | 2702 | — | — | -0.5 | -0.6 | -297 | — | — | -2.3% | -7.2% | -9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD04C | 25.3 | 9.3 | 1140 | — | — | 24.7 | 8.8 | 1129 | — | — | -0.6 | -0.5 | -11 | — | — | -2.4% | -5.4% | -1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD05 | 26.9 | 7.8 | 1241 | — | — | 26.9 | 8.6 | 1306 | — | — | 0.0 | 0.8 | 65 | — | — | 0.0% | 10.3% | 5.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD06 | 26.5 | 8.2 | 1385 | — | — | 26.7 | 8.5 | 1259 | — | — | 0.2 | 0.3 | -126 | — | — | 0.8% | 3.7% | -9.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD07 | 23.4 | 7.9 | 1665 | — | — | 23.8 | 8.8 | 1790 | — | — | 0.4 | 0.9 | 125 | — | — | 1.7% | 11.5% | 7.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD08 | 24.6 | 8.1 | 1790 | — | — | 24.4 | 8.5 | 1705 | — | — | -0.2 | 0.4 | -85 | — | — | -0.8% | 4.9% | -4.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD09 | 23.9 | 9.0 | 1941 | — | — | 23.9 | 8.5 | 1673 | — | — | 0.0 | -0.5 | -268 | — | — | 0.0% | -5.6% | -13.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD10 | 24.3 | 9.1 | 1784 | — | — | 23.4 | 8.4 | 1652 | — | — | -0.9 | -0.7 | -132 | — | — | -3.7% | -7.7% | -7.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD11 | 23.3 | 9.5 | 1639 | — | — | 23.4 | 8.7 | 1744 | — | — | 0.1 | -0.8 | 105 | — | — | 0.4% | -8.4% | 6.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD12 | 23.3 | 8.3 | 1984 | — | — | 23.4 | 9.0 | 1854 | — | — | 0.1 | 0.7 | -130 | — | — | 0.4% | 8.5% | -6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD13 | 19.4 | 7.4 | 1673 | — | — | 19.5 | 8.4 | 1535 | — | — | 0.1 | 1.0 | -138 | — | — | 0.5% | 13.6% | -8.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD14 | 19.0 | 8.2 | 1438 | — | — | 19.4 | 8.1 | 1530 | — | — | 0.4 | -0.1 | 92 | — | — | 2.1% | -1.2% | 6.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W01 | 20.7 | 7.9 | 1829 | — | — | 19.9 | 8.6 | 1648 | — | — | -0.8 | 0.7 | -181 | — | — | -3.9% | 8.8% | -9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W02 | 18.8 | 9.4 | 1693 | — | — | 19.5 | 8.5 | 1568 | — | — | 0.7 | -0.9 | -125 | — | — | 3.7% | -9.6% | -7.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W03 | 18.7 | 7.5 | 1357 | — | — | 19.7 | 8.5 | 1578 | — | — | 1.0 | 1.0 | 221 | — | — | 5.3% | 13.4% | 16.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 龜山工業區_W04 | 20.1 | 8.1 | 1431 | — | — | 20.0 | 8.7 | 1703 | — | — | -0.1 | 0.6 | 272 | — | — | -0.5% | 7.4% | 19.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 龜山工業區_W05 | 19.6 | 7.9 | 1380 | — | — | 18.7 | 8.0 | 1438 | — | — | -0.9 | 0.1 | 58 | — | — | -4.6% | 1.3% | 4.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W06 | 19.0 | 7.4 | 1591 | — | — | 19.1 | 8.2 | 1487 | — | — | 0.1 | 0.8 | -104 | — | — | 0.5% | 10.8% | -6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W07 | 18.0 | 7.5 | 1608 | — | — | 19.1 | 8.2 | 1489 | — | — | 1.1 | 0.7 | -119 | — | — | 6.1% | 9.3% | -7.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_W08 | 22.0 | 7.9 | 1525 | — | — | 22.0 | 9.0 | 1816 | — | — | 0.0 | 1.1 | 291 | — | — | 0.0% | 14.0% | 19.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | | | | | | | |

表 3.7 第二季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | 水質感測設備量測值 | | | | 差值 | | | | 相對差值 | | | | (相對)允差 | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | |
|----------|-----------|-----|---------------|--------------|-----------|-----|---------------|--------------|---------|------|---------------|--------------|---------|-------|--------|--------|---------|-----|---------------|--------------|-----------|------|------|-------|-----|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 銅濃度 | 合計 |
| 坑子口圳_1 | 25.4 | 7.8 | 1130 | — | 25.2 | 7.5 | 1034 | — | -0.2 | -0.3 | -96 | — | — | -0.8% | -3.8% | -8.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_2 | 24.3 | 7.8 | 1170 | — | 25.4 | 7.6 | 1090 | — | 1.1 | -0.2 | -80 | — | — | 4.5% | -2.6% | -6.8% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | 67% |
| 坑子口圳_3 | 26.0 | 7.9 | 1330 | — | 25.4 | 7.8 | 1201 | — | -0.6 | -0.1 | -129 | — | — | -2.3% | -1.3% | -9.7% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_4 | 27.1 | 7.4 | 1240 | — | 26.6 | 7.3 | 1143 | — | -0.5 | -0.1 | -97 | — | — | -1.8% | -1.4% | -7.8% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_5 | 26.8 | 7.9 | 1340 | — | 25.8 | 7.8 | 1213 | — | -1.0 | -0.1 | -127 | — | — | -3.7% | -1.3% | -9.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_6 | 28.0 | 7.0 | 1310 | — | 27.3 | 6.9 | 1185 | — | -0.7 | -0.1 | -125 | — | — | -2.5% | -1.4% | -9.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_7 | 26.0 | 7.0 | 1220 | — | 26.8 | 6.9 | 1100 | — | 0.8 | -0.1 | -120 | — | — | 3.1% | -1.4% | -9.8% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_8 | 25.4 | 7.6 | 1070 | — | 25.4 | 7.3 | 982 | — | 0.0 | -0.3 | -88 | — | — | 0.0% | -3.9% | -8.2% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_8C | 24.7 | 7.8 | 1060 | — | 25.1 | 7.5 | 959 | — | 0.4 | -0.3 | -101 | — | — | 1.6% | -3.8% | -9.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_9 | 25.2 | 7.5 | 1090 | — | 25.5 | 7.3 | 993 | — | 0.3 | -0.2 | -97 | — | — | 1.2% | -2.7% | -8.9% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_10 | 24.7 | 7.6 | 995 | — | 25.2 | 7.4 | 890 | — | 0.5 | -0.2 | -105 | — | — | 2.0% | -2.6% | -10.6% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_11 | 25.8 | 7.9 | 1060 | — | 26.2 | 6.8 | 967 | — | 0.4 | -1.1 | -93 | — | — | 1.6% | -13.9% | -8.8% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | 67% |
| 坑子口圳_11C | 27.3 | 7.0 | 1060 | — | 26.2 | 6.9 | 970 | — | -1.1 | -0.1 | -90 | — | — | -4.0% | -1.4% | -8.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | 67% |
| 坑子口圳_12 | 25.3 | 6.9 | 1110 | — | 26.4 | 6.7 | 1015 | — | 1.1 | -0.2 | -95 | — | — | 4.3% | -2.9% | -8.6% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | 67% |
| 坑子口圳_12C | 25.7 | 6.9 | 1160 | — | 26.4 | 6.7 | 1013 | — | 0.7 | -0.2 | -147 | — | — | 2.7% | -2.9% | -12.7% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_13 | 25.9 | 7.4 | 1100 | — | 25.2 | 7.5 | 1008 | — | -0.7 | 0.1 | -92 | — | — | -2.7% | 1.4% | -8.4% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_14 | 25.3 | 7.5 | 1040 | — | 25.1 | 7.5 | 938 | — | -0.2 | 0.0 | -102 | — | — | -0.8% | 0.0% | -9.8% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_15 | 26.4 | 7.9 | 1380 | — | 25.5 | 7.9 | 1251 | — | -0.9 | 0.0 | -129 | — | — | -3.4% | 0.0% | -9.3% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_16 | 25.5 | 8.1 | 1060 | — | 25.9 | 7.0 | 947 | — | 0.4 | -1.1 | -113 | — | — | 1.6% | -13.6% | -10.7% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | 67% |
| 坑子口圳_17 | 26.3 | 7.3 | 1080 | — | 25.5 | 7.2 | 956 | — | -0.8 | -0.1 | -124 | — | — | -3.0% | -1.4% | -11.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_18 | 27.6 | 6.8 | 1210 | — | 27.1 | 6.5 | 1106 | — | -0.5 | -0.3 | -104 | — | — | -1.8% | -4.4% | -8.6% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_19 | 26.7 | 6.8 | 1660 | — | 25.9 | 6.8 | 1473 | — | -0.8 | 0.0 | -187 | — | — | -3.0% | 0.0% | -11.3% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_20 | 27.0 | 7.4 | 1890 | — | 26.9 | 7.3 | 1680 | — | -0.1 | -0.1 | -210 | — | — | -0.4% | -1.4% | -11.1% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_21 | 25.6 | 8.0 | 1710 | — | 26.2 | 7.0 | 1552 | — | 0.6 | -1.0 | -158 | — | — | 2.3% | -12.5% | -9.2% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_A | 27.2 | 7.5 | 1970 | — | 27.5 | 7.7 | 1771 | — | 0.3 | 0.2 | -199 | — | — | 1.1% | 2.7% | -10.1% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_B | 25.4 | 7.2 | 1650 | — | 26.2 | 7.1 | 1468 | — | 0.8 | -0.1 | -182 | — | — | 3.1% | -1.4% | -11.0% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_C | 26.7 | 7.1 | 1830 | — | 27.1 | 7.5 | 1703 | — | 0.4 | 0.4 | -127 | — | — | 1.5% | 5.6% | -6.9% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_D | 26.2 | 7.0 | 1670 | — | 26.2 | 7.0 | 1553 | — | 0.0 | 0.0 | -117 | — | — | 0.0% | 0.0% | -7.0% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_DC | 27.1 | 6.9 | 1670 | — | 26.8 | 7.3 | 1666 | — | -0.3 | 0.4 | -4 | — | — | -1.1% | 5.8% | -0.2% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_E | 25.3 | 6.9 | 1680 | — | 26.2 | 7.0 | 1551 | — | 0.9 | 0.1 | -129 | — | — | 3.6% | 1.4% | -7.7% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_F | 26.8 | 7.1 | 1720 | — | 26.5 | 7.2 | 1613 | — | -0.3 | 0.1 | -107 | — | — | -1.1% | 1.4% | -6.2% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_G | 26.7 | 6.9 | 1570 | — | 25.7 | 6.7 | 1463 | — | -1.0 | -0.2 | -107 | — | — | -3.7% | -2.9% | -6.8% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_H | 26.1 | 6.8 | 1570 | — | 25.7 | 6.8 | 1468 | — | -0.4 | 0.0 | -102 | — | — | -1.5% | 0.0% | -6.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_I | 26.3 | 7.0 | 1710 | — | 26.4 | 7.1 | 1595 | — | 0.1 | 0.1 | -115 | — | — | 0.4% | 1.4% | -6.7% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_a | 25.7 | 7.2 | 1750 | — | 26.7 | 7.2 | 1640 | — | 1.0 | 0.0 | -110 | — | — | 3.9% | 0.0% | -6.3% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_b | 27.7 | 7.2 | 1770 | — | 26.8 | 7.2 | 1652 | — | -0.9 | 0.0 | -118 | — | — | -3.2% | 0.0% | -6.7% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_c | 25.5 | 7.0 | 1680 | — | 26.3 | 7.0 | 1550 | — | 0.8 | 0.0 | -130 | — | — | 3.1% | 0.0% | -7.7% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_d | 24.4 | 7.9 | 1470 | — | 25.4 | 6.7 | 1376 | — | 1.0 | -1.2 | -94 | — | — | 4.1% | -15.2% | -6.4% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | 67% |
| 坑子口圳_e | 25.1 | 6.9 | 1480 | — | 25.6 | 6.8 | 1384 | — | 0.5 | -0.1 | -96 | — | — | 2.0% | -1.4% | -6.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_T1 | 25.5 | 6.9 | 1270 | — | 24.9 | 6.8 | 1192 | — | -0.6 | -0.1 | -78 | — | — | -2.4% | -1.4% | -6.1% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_T2 | 25.1 | 6.9 | 1260 | — | 24.9 | 6.9 | 1170 | — | -0.2 | 0.0 | -90 | — | — | -0.8% | 0.0% | -7.1% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_T3 | 26.1 | 7.0 | 1410 | — | 25.4 | 7.0 | 1307 | — | -0.7 | 0.0 | -103 | — | — | -2.7% | 0.0% | -7.3% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_T4 | 23.7 | 6.9 | 1140 | — | 24.5 | 7.0 | 1057 | — | 0.8 | 0.1 | -83 | — | — | 3.4% | 1.4% | -7.3% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_T5 | 23.9 | 7.0 | 996 | — | 24.0 | 7.1 | 913 | — | 0.1 | 0.1 | -83 | — | — | 0.4% | 1.4% | -8.3% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_T6 | 24.5 | 7.2 | 1070 | — | 24.6 | 7.4 | 997 | — | 0.1 | 0.2 | -73 | — | — | 0.4% | 2.8% | -6.8% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子口圳_T7 | 24.6 | 7.2 | 865 | — | 23.7 | 7.1 | 804 | — | -0.9 | -0.1 | -61 | — | — | -3.7% | -1.4% | -7.1% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南崁溪主流_1 | 26.1 | 8.2 | 1760 | — | 25.5 | 7.1 | 886 | — | -0.6 | -1.1 | -874 | — | — | -2.3% | -13.4% | -49.7% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | fail | — | 33% |
| 南崁溪主流_10 | 27.2 | 7.4 | 1270 | — | 26.8 | 7.2 | 1152 | — | -0.4 | -0.2 | -118 | — | — | -1.5% | -2.7% | -9.3% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南崁溪主流_24 | 26.8 | 7.6 | 1200 | — | 25.7 | 7.5 | 1090 | — | -1.1 | -0.1 | -110 | — | — | -4.1% | -1.3% | -9.2% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | 67% |
| 茄苳溪_1 | 26.7 | 6.9 | 1310 | — | 27.5 | 6.7 | 1198 | — | 0.8 | -0.2 | -112 | — | — | 3.0% | -2.9% | -8.5% | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | 100% |

表 3.8 第二季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | | 水質感測器測量值 | | | | | 差值 | | | | | 相對差值 | | | | | (相對)允差 | | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | |
|-------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|-----|---------------|--------------|------------|-----------|------|------|-------|------|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銨濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銨濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銨濃度 (mg/l) | 水溫 | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 銨濃度 | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銨濃度 (mg/l) | 水溫 | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 銨濃度 | 合計 |
| 南坎溪主流_14 | 28.0 | 7.8 | 1480 | 63.2 | — | 28.7 | 8.1 | 1337 | 51.1 | 0 | 0.7 | 0.3 | -143 | -12 | — | 2.5% | 3.8% | -9.7% | -19.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南坎溪主流_15 | 29.9 | 7.0 | 1410 | 57.8 | — | 29.6 | 8.1 | 1283 | 50.2 | 0 | -0.3 | 1.1 | -127 | -8 | — | -1.0% | 15.7% | -9.0% | -13.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 南坎溪主流_16 | 28.2 | 8.0 | 1390 | 67.8 | — | 28.9 | 8.0 | 1270 | 47.5 | 0 | 0.7 | 0.0 | -120 | -20 | — | 2.5% | 0.0% | -8.6% | -29.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南坎溪主流_17 | 28.2 | 8.2 | 1540 | 56.3 | — | 29.2 | 8.3 | 1395 | 57.9 | 0 | 1.0 | 0.1 | -145 | 2 | — | 3.5% | 1.2% | -9.4% | 2.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南坎溪主流_18 | 28.9 | 7.8 | 1310 | 75.9 | — | 28.8 | 7.8 | 1174 | 40.2 | 0 | -0.1 | 0.0 | -136 | -36 | — | -0.3% | 0.0% | -10.4% | -47.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 南坎溪主流_19 | 28.3 | 7.8 | 1400 | 37.8 | 0.02 | 28.3 | 7.9 | 1267 | 44.9 | 0 | 0.0 | 0.1 | -133 | 7 | — | 0.0% | 1.3% | -9.5% | 18.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南坎溪主流_20 | 25.8 | 8.0 | 1620 | 75.9 | — | 25.6 | 8.1 | 1445 | 63.5 | 0 | -0.2 | 0.1 | -175 | -12 | — | -0.8% | 1.3% | -10.8% | -16.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南坎溪主流_22 | 25.3 | 8.4 | 1630 | 54.3 | — | 25.9 | 8.2 | 1488 | 63.9 | 0 | 0.6 | -0.2 | -142 | 10 | — | 2.4% | -2.4% | -8.7% | 17.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 東門溪_1 | 30.0 | 7.9 | 1100 | 28.3 | 0.03 | 30.3 | 7.7 | 968 | 40 | 0 | 0.3 | -0.2 | -132 | 12 | — | 1.0% | -2.5% | -12.0% | 41.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 坑子溪_1 | 29.9 | 8.1 | 1370 | 42 | — | 29.5 | 8.0 | 1233 | 45.8 | 0 | 0.0 | -0.1 | -137 | 4 | — | 0.0% | -1.2% | -10.0% | 9.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠1_1 | 27.9 | 8.2 | 1600 | 62.3 | — | 28.8 | 7.1 | 1473 | 80 | 0 | 0.9 | -1.1 | -127 | 18 | — | 3.2% | -13.4% | -7.9% | 28.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 潛勢污染工廠1_2 | 32.2 | 8.1 | 1970 | 93.3 | — | 31.1 | 7.0 | 1751 | 58.4 | 0 | -1.1 | -1.1 | -219 | -35 | — | -3.4% | -13.6% | -11.1% | -37.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | fail | pass | fail | — | 25% |
| 潛勢污染工廠1_3 | 31.1 | 7.1 | 2440 | 90.8 | — | 31.3 | 7.2 | 2201 | 62.7 | 0 | 0.2 | 0.1 | -239 | -28 | — | 0.6% | 1.4% | -9.8% | -30.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 潛勢污染工廠1_4 | 29.7 | 7.6 | 1850 | 168 | — | 30.7 | 7.3 | 1703 | 129.6 | 0 | 1.0 | -0.3 | -147 | -38 | — | 3.4% | -3.9% | -7.9% | -22.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠1_5 | 29.9 | 7.7 | 1810 | 57.8 | 0.19 | 29.5 | 7.7 | 1663 | 74.9 | 0 | -0.4 | 0.0 | -147 | 17 | -0.19 | -1.3% | 0.0% | -8.1% | 29.6% | -100.0% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | +50% | pass | pass | pass | pass | fail | 80% |
| 潛勢污染工廠1_6 | 31.8 | 8.2 | 4030 | 52.3 | — | 31.8 | 8.4 | 3646 | 68.5 | 0.03 | 0.0 | 0.2 | -384 | 16 | — | 0.0% | 2.4% | -9.5% | 31.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 潛勢污染工廠1_7 | 27.8 | 7.9 | 680 | 54.3 | — | 26.8 | 8.0 | 601 | 52.2 | 0 | -1.0 | 0.1 | -79 | -2 | — | -3.6% | 1.3% | -11.6% | -3.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠1_8 | 28.8 | 7.1 | 4190 | 82.3 | 0.02 | 29.3 | 7.1 | 3765 | 73.1 | 0 | 0.5 | 0.0 | -425 | -9 | — | 1.7% | 0.0% | -10.1% | -11.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_101 | 32.5 | 8.1 | 1590 | 68 | 0.06 | 32.5 | 8.1 | 1507 | 73.4 | 0 | 0.0 | 0.0 | -83 | 5 | — | 0.0% | 0.0% | -5.2% | 7.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_102 | 29.3 | 7.0 | 935 | 180 | — | 29.2 | 6.8 | 913 | 82.6 | 0.02 | -0.1 | -0.2 | -22 | -97 | — | -0.3% | -2.9% | -2.4% | -54.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區_103 | 28.0 | 7.9 | 388 | 36 | 0.24 | 28.6 | 7.8 | 3545 | 40.5 | 0.28 | 0.6 | -0.1 | 3157 | 5 | 0.04 | 2.1% | -1.3% | 813.7% | 12.5% | 16.7% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | +50% | pass | pass | fail | pass | pass | 80% |
| 龜山工業區_104 | 31.2 | 8.2 | 1750 | 62 | 0.05 | 32.2 | 8.3 | 1629 | 78 | 0.03 | 1.0 | 0.1 | -121 | 16 | — | 3.2% | 1.2% | -6.9% | 25.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_105 | 31.7 | 8.6 | 1680 | 66 | — | 31.5 | 8.5 | 1548 | 83.4 | 0 | -0.2 | -0.1 | -132 | 17 | — | -0.6% | -1.2% | -7.9% | 26.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_106 | 32.3 | 8.0 | 1430 | 56 | — | 32.5 | 8.0 | 1350 | 73.1 | 0 | 0.2 | 0.0 | -80 | 17 | — | 0.6% | 0.0% | -5.6% | 30.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區_107 | 29.1 | 7.5 | 3660 | 160 | 0.01 | 28.7 | 8.6 | 3345 | 80.9 | 0.05 | -0.4 | 1.1 | -315 | -79 | — | -1.4% | 14.7% | -8.6% | -49.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | fail | — | 50% |
| 龜山工業區_108 | 30.4 | 8.0 | 2920 | 40 | 0.07 | 31.1 | 7.9 | 2688 | 40.7 | 0.01 | 0.7 | -0.1 | -232 | 1 | — | 2.3% | -1.3% | -7.9% | 1.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_109 | 26.8 | 7.6 | 1880 | 80 | 0.06 | 27.0 | 7.6 | 1725 | 96.6 | 0 | 0.2 | 0.0 | -155 | 17 | — | 0.7% | 0.0% | -8.2% | 20.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD01 | 29.4 | 7.8 | 1650 | 60 | 0.03 | 28.8 | 7.8 | 1548 | 73.3 | 0 | -0.6 | 0.0 | -102 | 13 | — | -2.0% | 0.0% | -6.2% | 22.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD02 | 33.5 | 8.7 | 3230 | 18 | 0.09 | 33.4 | 8.4 | 2957 | 100.4 | 0 | -0.1 | -0.3 | -273 | 82 | — | -0.3% | -3.4% | -8.5% | 457.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區_RD03 | 28.0 | 7.7 | 1520 | 58 | 0.03 | 29.0 | 7.6 | 1420 | 65.6 | 0 | 1.0 | -0.1 | -100 | 8 | — | 3.6% | -1.3% | -6.6% | 13.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD04 | 33.2 | 8.3 | 3020 | 66 | 0.12 | 33.3 | 7.9 | 2741 | 82.7 | 0 | 0.1 | -0.4 | -279 | 17 | -0.12 | 0.3% | -4.8% | -9.2% | 25.3% | -100.0% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | +50% | pass | pass | pass | pass | fail | 80% |
| 龜山工業區_RD04C | 33.3 | 8.0 | 2990 | 78 | 0.16 | 33.3 | 8.1 | 2789 | 88.6 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | -201 | 11 | -0.06 | 0.0% | 1.3% | -6.7% | 13.6% | -37.5% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | +50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| 龜山工業區_RD05 | 31.8 | 7.3 | 1340 | 36 | 0.02 | 32.2 | 7.2 | 1243 | 45.4 | 0 | 0.4 | -0.1 | -97 | 9 | — | 1.3% | -1.4% | -7.2% | 26.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD06 | 31.8 | 8.0 | 1390 | 70 | — | 32.2 | 8.0 | 1307 | 76.1 | 0.04 | 0.4 | 0.0 | -83 | 6 | — | 1.3% | 0.0% | -6.0% | 8.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD07 | 31.4 | 7.3 | 1380 | 32 | — | 32.0 | 7.2 | 1267 | 46.5 | 0.03 | 0.6 | -0.1 | -113 | 15 | — | 1.9% | -1.4% | -8.2% | 45.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區_RD08 | 31.0 | 8.1 | 1660 | 61 | 0.07 | 31.7 | 8.0 | 1526 | 67.4 | 0 | 0.7 | -0.1 | -134 | 6 | — | 2.3% | -1.2% | -8.1% | 10.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD09 | 33.8 | 8.4 | 1400 | 81 | — | 32.7 | 7.2 | 1280 | 47 | 0 | -1.1 | -1.2 | -120 | -34 | — | -3.3% | -14.3% | -8.6% | -42.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | fail | pass | fail | — | 25% |
| 龜山工業區_RD10 | 33.0 | 7.8 | 1510 | 50 | — | 32.3 | 7.5 | 1387 | 56.2 | 0 | -0.7 | -0.3 | -123 | 6 | — | -2.1% | -3.8% | -8.1% | 12.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD11 | 32.4 | 7.5 | 1340 | 32.3 | — | 33.0 | 7.2 | 1244 | 44.8 | 0 | 0.6 | -0.3 | -96 | 13 | — | 1.9% | -4.0% | -7.2% | 38.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區_RD12 | 31.5 | 8.2 | 1520 | 60.3 | 0.01 | 32.5 | 8.1 | 1388 | 74.9 | 0 | 1.0 | -0.1 | -132 | 15 | — | 3.2% | -1.2% | -8.7% | 24.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD13 | 31.7 | 8.2 | 2940 | 78.3 | — | 31.7 | 8.1 | 2679 | 92.3 | 0 | 0.0 | -0.1 | -261 | 14 | — | 0.0% | -1.2% | -8.9% | 17.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_RD14 | 32.8 | 8.6 | 4490 | 22.3 | 0.19 | 32.0 | 8.4 | 4128 | 40.6 | 0.16 | -0.8 | -0.2 | -362 | 18 | -0.03 | -2.4% | -2.3% | -8.1% | 82.1% | -15.8% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | +50% | pass | pass | pass | fail | pass | 80% |
| 龜山工業區_W01 | 29.4 | 7.6 | 1510 | 56.3 | — | 28.3 | 7.6 | 1425 | 68.2 | 0 | -1.1 | 0.0 | -85 | 12 | — | -3.7% | 0.0% | -5.6% | 21.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | pass | pass | pass | — | 75% |
| 龜山工業區_W02 | 27.5 | 8.6 | 1620 | 52.3 | — | 27.9 | 7.8 | 1495 | 73.7 | 0 | 0.4 | -0.8 | -125 | 21 | — | 1.5% | -9.3% | -7.7% | 40.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區_W03 | 28.6 | 7.8 | 1550 | 50.3 | — | 28.4 | 7.6 | 1418 | 66 | 0 | -0.2 | -0.2 | -132 | 16 | — | -0.7% | -2.6% | -8.5% | 31.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區_W04 | 27.5 | 7.8 | 1610 | 64.3 | — | 28.1 | 7.8 | 1497 | 75.4 | 0 | 0.6 | 0.0 | -113 | 11 | — | 2.2% | 0.0% | -7.0% | 17.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_W05 | 30.0 | 7.8 | 1560 | 83 | 0.01 | 29.6 | 7.6 | 1443 | 62.5 | 0.04 | -0.4 | -0.2 | -117 | -21 | — | -1.3% | -2.6% | -7.5% | -24.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區_W06 | 28.5 | 8.2 | 1830 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 3.9 第二季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | 水質感測設備量測值 | | | | 差值 | | | | 相對差值 | | | | (相對)允差 | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|-----------|-----|------|-------|-----|------|------|------|---|---|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 銅濃度 | 合計 | | | | | |
| 坑子口圳_1 | 26.5 | 7.5 | 1340 | — | — | 26.0 | 7.7 | 1243 | — | — | -0.5 | 0.2 | -97 | — | — | -1.9% | 2.7% | -7.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_2 | 26.0 | 7.5 | 1220 | — | — | 25.5 | 7.9 | 1161 | — | — | -0.5 | 0.4 | -59 | — | — | -1.9% | 5.3% | -4.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_3 | 26.1 | 7.6 | 1590 | — | — | 25.5 | 7.7 | 1307 | — | — | -0.6 | 0.1 | -283 | — | — | -2.3% | 1.3% | -17.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_4 | 25.9 | 7.3 | 1510 | — | — | 25.0 | 7.9 | 1337 | — | — | -0.9 | 0.6 | -173 | — | — | -3.5% | 8.2% | -11.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_5 | 26.6 | 7.7 | 1570 | — | — | 25.5 | 7.7 | 1427 | — | — | -1.1 | 0.0 | -143 | — | — | -4.1% | 0.0% | -9.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_6 | 25.3 | 7.5 | 1600 | — | — | 25.2 | 7.7 | 1460 | — | — | -0.1 | 0.2 | -140 | — | — | -0.4% | 2.7% | -8.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_7 | 24.8 | 7.7 | 1780 | — | — | 25.5 | 7.8 | 1614 | — | — | 0.7 | 0.1 | -166 | — | — | 2.8% | 1.3% | -9.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_8 | 24.7 | 7.6 | 1750 | — | — | 24.9 | 7.7 | 1576 | — | — | 0.2 | 0.1 | -174 | — | — | 0.8% | 1.3% | -9.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_8C | 24.3 | 7.7 | 1760 | — | — | 24.5 | 7.9 | 1663 | — | — | 0.2 | 0.2 | -97 | — | — | 0.8% | 2.6% | -5.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_9 | 24.8 | 7.6 | 1820 | — | — | 24.8 | 7.6 | 1657 | — | — | 0.0 | 0.0 | -163 | — | — | 0.0% | 0.0% | -9.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_10 | 25.8 | 7.8 | 1950 | — | — | 24.8 | 7.8 | 1754 | — | — | -1.0 | 0.0 | -196 | — | — | -3.9% | 0.0% | -10.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_11 | 25.3 | 7.7 | 1660 | — | — | 24.2 | 7.9 | 1524 | — | — | -1.1 | 0.2 | -136 | — | — | -4.3% | 2.6% | -8.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_11C | 25.3 | 7.7 | 1760 | — | — | 24.5 | 7.8 | 1568 | — | — | -0.8 | 0.1 | -192 | — | — | -3.2% | 1.3% | -10.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_12 | 25.2 | 7.6 | 1840 | — | — | 24.4 | 7.6 | 1690 | — | — | -0.8 | 0.0 | -150 | — | — | -3.2% | 0.0% | -8.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_12C | 25.1 | 7.6 | 1870 | — | — | 24.4 | 7.6 | 1691 | — | — | -0.7 | 0.0 | -179 | — | — | -2.8% | 0.0% | -9.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_13 | 25.7 | 7.7 | 1400 | — | — | 26.9 | 7.9 | 1287 | — | — | 1.2 | 0.2 | -113 | — | — | 4.7% | 2.6% | -8.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_14 | 25.3 | 7.9 | 1590 | — | — | 25.5 | 7.9 | 1470 | — | — | 0.2 | 0.0 | -120 | — | — | 0.8% | 0.0% | -7.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_15 | 25.3 | 7.7 | 1350 | — | — | 25.1 | 7.7 | 1234 | — | — | -0.2 | 0.0 | -116 | — | — | -0.8% | 0.0% | -8.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_16 | 25.2 | 7.5 | 1520 | — | — | 25.9 | 7.7 | 1372 | — | — | 0.7 | 0.2 | -148 | — | — | 2.8% | 2.7% | -9.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_17 | 25.1 | 7.6 | 1560 | — | — | 25.4 | 7.7 | 1389 | — | — | 0.3 | 0.1 | -171 | — | — | 1.2% | 1.3% | -11.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_18 | 24.8 | 7.8 | 1530 | — | — | 25.2 | 7.8 | 1434 | — | — | 0.4 | 0.0 | -96 | — | — | 1.6% | 0.0% | -6.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_19 | 26.1 | 8.5 | 531 | — | — | 26.6 | 7.3 | 479 | — | — | 0.5 | -1.2 | -52 | — | — | 1.9% | -14.1% | -9.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_20 | 26.8 | 7.4 | 562 | — | — | 26.7 | 7.4 | 498 | — | — | -0.1 | 0.0 | -64 | — | — | -0.4% | 0.0% | -11.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_21 | 15.2 | 7.4 | 532 | — | — | 26.8 | 7.4 | 487 | — | — | 11.6 | 0.0 | -45 | — | — | 76.3% | 0.0% | -8.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_A | 26.5 | 7.4 | 592 | — | — | 26.9 | 7.4 | 528 | — | — | 0.4 | 0.0 | -64 | — | — | 1.5% | 0.0% | -10.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_B | 25.6 | 8.1 | 654 | — | — | 26.0 | 6.9 | 590 | — | — | 0.4 | -1.2 | -64 | — | — | 1.6% | -14.8% | -9.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_C | 26.8 | 7.3 | 663 | — | — | 27.5 | 7.8 | 640 | — | — | 0.7 | 0.5 | -23 | — | — | 2.6% | 6.8% | -3.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_D | 27.3 | 7.9 | 716 | — | — | 27.6 | 7.8 | 662 | — | — | 0.3 | -0.1 | -54 | — | — | 1.1% | -1.3% | -7.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_DC | 26.5 | 7.0 | 1760 | — | — | 26.2 | 7.0 | 1553 | — | — | -0.3 | 0.0 | -207 | — | — | -1.1% | 0.0% | -11.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_E | 26.6 | 7.7 | 628 | — | — | 27.2 | 7.6 | 568 | — | — | 0.6 | -0.1 | -60 | — | — | 2.3% | -1.3% | -9.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_F | 26.5 | 7.9 | 812 | — | — | 27.2 | 8.0 | 746 | — | — | 0.7 | 0.1 | -66 | — | — | 2.6% | 1.3% | -8.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_G | 26.3 | 7.5 | 563 | — | — | 27.0 | 7.4 | 500 | — | — | 0.7 | -0.1 | -63 | — | — | 2.7% | -1.3% | -11.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_H | 27.2 | 7.7 | 855 | — | — | 28.0 | 8.0 | 773 | — | — | 0.8 | 0.3 | -82 | — | — | 2.9% | 3.9% | -9.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_I | 27.3 | 7.8 | 667 | — | — | 27.7 | 7.7 | 617 | — | — | 0.4 | -0.1 | -50 | — | — | 1.5% | -1.3% | -7.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_a | 26.0 | 8.3 | 506 | — | — | 26.1 | 6.9 | 460 | — | — | 0.1 | -1.4 | -46 | — | — | 0.4% | -16.9% | -9.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_b | 26.7 | 7.3 | 498 | — | — | 26.1 | 7.0 | 437 | — | — | -0.6 | -0.3 | -61 | — | — | -2.2% | -4.1% | -12.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_c | 26.3 | 7.8 | 707 | — | — | 26.9 | 7.3 | 598 | — | — | 0.6 | -0.5 | -109 | — | — | 2.3% | -6.4% | -15.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_d | 26.8 | 7.6 | 707 | — | — | 26.5 | 7.5 | 645 | — | — | -0.3 | -0.1 | -62 | — | — | -1.1% | -1.3% | -8.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_e | 27.1 | 7.4 | 589 | — | — | 26.7 | 7.3 | 525 | — | — | -0.4 | -0.1 | -64 | — | — | -1.5% | -1.4% | -10.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T1 | 25.9 | 7.1 | 414 | — | — | 26.2 | 7.0 | 398 | — | — | 0.3 | -0.1 | -16 | — | — | 1.2% | -1.4% | -3.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T2 | 26.3 | 7.6 | 688 | — | — | 27.4 | 7.6 | 632 | — | — | 1.1 | 0.0 | -56 | — | — | 4.2% | 0.0% | -8.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_T3 | 26.2 | 7.3 | 443 | — | — | 26.5 | 7.1 | 413 | — | — | 0.3 | -0.2 | -30 | — | — | 1.1% | -2.7% | -6.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T4 | 26.6 | 7.2 | 456 | — | — | 26.2 | 7.1 | 408 | — | — | -0.4 | -0.1 | -48 | — | — | -1.5% | -1.4% | -10.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T5 | 27.3 | 7.3 | 471 | — | — | 26.1 | 7.0 | 428 | — | — | -1.2 | -0.3 | -43 | — | — | -4.4% | -4.1% | -9.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_T6 | 25.9 | 8.4 | 552 | — | — | 26.6 | 7.2 | 555 | — | — | 0.7 | -1.2 | 3 | — | — | 2.7% | -14.3% | 0.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_T7 | 26.8 | 7.4 | 622 | — | — | 27.3 | 7.6 | 576 | — | — | 0.5 | 0.2 | -46 | — | — | 1.9% | 2.7% | -7.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南炭溪主流_1 | 26.0 | 7.3 | 1940 | — | — | 25.4 | 7.3 | 1785 | — | — | -0.6 | 0.0 | -155 | — | — | -2.3% | 0.0% | -8.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南炭溪主流_10 | 25.5 | 6.9 | 1880 | — | — | 25.0 | 7.2 | 1764 | — | — | -0.5 | 0.3 | -116 | — | — | -2.0% | 4.3% | -6.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南炭溪主流_24 | 25.1 | 7.2 | 1920 | — | — | 24.8 | 7.3 | 1794 | — | — | -0.3 | 0.1 | -126 | — | — | -1.2% | 1.4% | -6.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 茄苳溪_1 | 25.2 | 7.2 | 2010 | — | — | 24.9 | 7.3 | 1814 | — | — | -0.3 | 0.1 | -196 | — | — | -1.2% | 1.4% | -9.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |

表 3.11 第三季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | 水質監測設備量測值 | | | | 差值 | | | | 相對差值 | | | | (相對)允差 | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 合計 |
| 坑子口圳_1 | 32.1 | 7.2 | 1520 | — | — | 31.3 | 7.7 | 1676 | — | — | -0.8 | 0.5 | 156 | — | — | -2.5% | 6.9% | 10.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_2 | 31.6 | 7.9 | 1650 | — | — | 31.2 | 7.7 | 1647 | — | — | -0.4 | -0.2 | -3 | — | — | -1.3% | -2.5% | -0.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_3 | 31.6 | 7.8 | 1660 | — | — | 31.4 | 7.8 | 1705 | — | — | -0.2 | 0.0 | 45 | — | — | -0.6% | 0.0% | 2.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_4 | 31.3 | 6.7 | 1380 | — | — | 31.2 | 7.8 | 1449 | — | — | -0.1 | 1.1 | 69 | — | — | -0.3% | 16.4% | 5.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_5 | 33.0 | 7.2 | 1580 | — | — | 32.1 | 7.6 | 1610 | — | — | -0.9 | 0.4 | 30 | — | — | -2.7% | 5.6% | 1.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_6 | 31.3 | 7.3 | 1580 | — | — | 32.1 | 7.5 | 1536 | — | — | 0.8 | 0.2 | -44 | — | — | 2.6% | 2.7% | -2.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_7 | 33.0 | 7.3 | 1410 | — | — | 32.0 | 7.4 | 1456 | — | — | -1.0 | 0.1 | 46 | — | — | -3.0% | 1.4% | 3.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_8 | 33.2 | 8.6 | 1450 | — | — | 32.4 | 7.5 | 1510 | — | — | -0.8 | -1.1 | 60 | — | — | -2.4% | -12.8% | 4.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_8C | 30.9 | 7.4 | 1350 | — | — | 31.8 | 7.4 | 1345 | — | — | 0.9 | 0.0 | -5 | — | — | 2.9% | 0.0% | -0.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_9 | 31.2 | 7.3 | 1360 | — | — | 31.9 | 7.3 | 1366 | — | — | 0.7 | 0.0 | 6 | — | — | 2.2% | 0.0% | 0.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_10 | 31.1 | 7.1 | 1230 | — | — | 31.6 | 7.5 | 1278 | — | — | 0.5 | 0.4 | 48 | — | — | 1.6% | 5.6% | 3.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_11 | 31.0 | 7.0 | 1480 | — | — | 32.1 | 7.3 | 1421 | — | — | 1.1 | 0.3 | -59 | — | — | 3.5% | 4.3% | -4.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_11C | 32.7 | 7.2 | 1430 | — | — | 32.0 | 7.3 | 1401 | — | — | -0.7 | 0.1 | -29 | — | — | -2.1% | 1.4% | -2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_12 | 29.6 | 7.2 | 1130 | — | — | 30.5 | 7.2 | 1121 | — | — | 0.9 | 0.0 | -9 | — | — | 3.0% | 0.0% | -0.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_12C | 31.0 | 7.3 | 1280 | — | — | 31.2 | 7.2 | 1322 | — | — | 0.2 | -0.1 | 42 | — | — | 0.6% | -1.4% | 3.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_13 | 30.2 | 7.2 | 1650 | — | — | 30.7 | 7.7 | 1658 | — | — | 0.5 | 0.5 | 8 | — | — | 1.7% | 6.9% | 0.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_14 | 32.0 | 7.6 | 1510 | — | — | 31.0 | 7.8 | 1553 | — | — | -1.0 | 0.2 | 43 | — | — | -3.1% | 2.6% | 2.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_15 | 30.3 | 7.7 | 1500 | — | — | 30.9 | 7.8 | 1512 | — | — | 0.6 | 0.1 | 12 | — | — | 2.0% | 1.3% | 0.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_16 | 31.9 | 7.6 | 1460 | — | — | 32.0 | 7.8 | 1704 | — | — | 0.1 | 0.2 | 244 | — | — | 0.3% | 2.6% | 16.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_17 | 32.8 | 6.7 | 1610 | — | — | 32.2 | 7.8 | 1678 | — | — | -0.6 | 1.1 | 68 | — | — | -1.8% | 16.4% | 4.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_18 | 32.6 | 7.6 | 1520 | — | — | 32.1 | 7.5 | 1556 | — | — | -0.5 | -0.1 | 36 | — | — | -1.5% | -1.3% | 2.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_19 | 28.2 | 7.2 | 1100 | — | — | 28.5 | 7.7 | 1039 | — | — | 0.3 | 0.5 | -61 | — | — | 1.1% | 6.9% | -5.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_20 | 27.9 | 6.7 | 1130 | — | — | 28.5 | 7.8 | 1052 | — | — | 0.6 | 1.1 | -78 | — | — | 2.2% | 16.4% | -6.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_21 | 27.9 | 7.8 | 1170 | — | — | 29.0 | 8.2 | 1213 | — | — | 1.1 | 0.4 | 43 | — | — | 3.9% | 5.1% | 3.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_A | 29.3 | 7.5 | 1030 | — | — | 28.3 | 7.4 | 972 | — | — | -1.0 | -0.1 | -58 | — | — | -3.4% | -1.3% | -5.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_B | 27.5 | 7.6 | 881 | — | — | 27.9 | 7.0 | 916 | — | — | 0.4 | -0.6 | 35 | — | — | 1.5% | -7.9% | 4.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_C | 28.5 | 6.8 | 1080 | — | — | 28.5 | 8.0 | 1106 | — | — | 0.0 | 1.2 | 26 | — | — | 0.0% | 17.6% | 2.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_D | 27.1 | 7.5 | 941 | — | — | 27.9 | 7.7 | 987 | — | — | 0.8 | 0.2 | 46 | — | — | 3.0% | 2.7% | 4.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_DC | 27.9 | 7.6 | 1040 | — | — | 28.4 | 8.0 | 1091 | — | — | 0.5 | 0.4 | 51 | — | — | 1.8% | 5.3% | 4.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_E | 28.2 | 7.8 | 1110 | — | — | 28.6 | 8.1 | 1137 | — | — | 0.4 | 0.3 | 27 | — | — | 1.4% | 3.8% | 2.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_F | 28.6 | 7.9 | 1170 | — | — | 28.9 | 8.2 | 1201 | — | — | 0.3 | 0.3 | 31 | — | — | 1.0% | 3.8% | 2.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_G | 29.4 | 7.8 | 1200 | — | — | 28.6 | 8.1 | 1176 | — | — | -0.8 | 0.3 | -24 | — | — | -2.7% | 3.8% | -2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_H | 29.2 | 7.4 | 1020 | — | — | 28.1 | 7.8 | 1032 | — | — | -1.1 | 0.4 | 12 | — | — | -3.8% | 5.4% | 1.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_I | 28.2 | 7.9 | 1170 | — | — | 28.5 | 8.1 | 1139 | — | — | 0.3 | 0.2 | -31 | — | — | 1.1% | 2.5% | -2.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_a | 27.8 | 7.2 | 884 | — | — | 27.5 | 6.8 | 847 | — | — | -0.3 | -0.4 | -37 | — | — | -1.1% | -5.6% | -4.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_b | 28.5 | 7.5 | 1090 | — | — | 28.3 | 7.2 | 1025 | — | — | -0.2 | -0.3 | -65 | — | — | -0.7% | -4.0% | -6.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_c | 28.3 | 7.3 | 1021 | — | — | 27.5 | 6.8 | 835 | — | — | -0.8 | -0.5 | -186 | — | — | -2.8% | -6.8% | -18.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_d | 27.2 | 7.2 | 940 | — | — | 28.0 | 7.1 | 936 | — | — | 0.8 | -0.1 | -4 | — | — | 2.9% | -1.4% | -0.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_e | 28.8 | 7.4 | 946 | — | — | 27.9 | 7.0 | 905 | — | — | -0.9 | -0.4 | -41 | — | — | -3.1% | -5.4% | -4.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T1 | 29.4 | 7.8 | 1120 | — | — | 28.9 | 7.7 | 1126 | — | — | -0.5 | -0.1 | 6 | — | — | -1.7% | -1.3% | 0.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T2 | 29.2 | 7.4 | 1060 | — | — | 28.6 | 7.5 | 1033 | — | — | -0.6 | 0.1 | -27 | — | — | -2.1% | 1.4% | -2.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T3 | 28.9 | 7.6 | 952 | — | — | 28.4 | 7.6 | 994 | — | — | -0.5 | 0.0 | 42 | — | — | -1.7% | 0.0% | 4.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T4 | 27.5 | 7.5 | 930 | — | — | 28.2 | 7.4 | 942 | — | — | 0.7 | -0.1 | 12 | — | — | 2.5% | -1.3% | 1.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T5 | 27.6 | 7.3 | 976 | — | — | 28.2 | 7.2 | 993 | — | — | 0.6 | -0.1 | 17 | — | — | 2.2% | -1.4% | 1.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T6 | 26.9 | 7.2 | 942 | — | — | 27.7 | 6.9 | 914 | — | — | 0.8 | -0.3 | -28 | — | — | 3.0% | -4.2% | -3.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T7 | 28.2 | 8.1 | 1230 | — | — | 28.5 | 8.1 | 1146 | — | — | 0.3 | 0.0 | -84 | — | — | 1.1% | 0.0% | -6.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪主流_1 | 28.1 | 7.3 | 1160 | — | — | 29.2 | 7.0 | 1133 | — | — | 1.1 | -0.3 | -27 | — | — | 3.9% | -4.1% | -2.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 南坎溪主流_10 | 29.1 | 6.7 | 920 | — | — | 29.4 | 6.5 | 946 | — | — | 0.3 | -0.2 | 26 | — | — | 1.0% | -3.0% | 2.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪主流_24 | 29.8 | 6.7 | 1230 | — | — | 30.2 | 7.1 | 1248 | — | — | 0.4 | 0.4 | 18 | — | — | 1.3% | 6.0% | 1.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 茄苳溪_1 | 29.6 | 6.8 | 1090 | — | — | 29.5 | 7.2 | 1052 | — | — | -0.1 | 0.4 | -38 | — | — | -0.3% | 5.9% | -3.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |

表 3.12 第三季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | 水質感測器檢測值 | | | | 差值 | | | | 相對差值 | | | | (相對)允差 | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/L) | 銅濃度 (mg/L) | 合計 |
| 南拔溪主流 14 | 28.5 | 7.6 | 991 | 62.5 | 0.00 | 27.8 | 6.5 | 1000 | 53.4 | 0 | -0.7 | -1.1 | 9 | -9 | 0.00 | -2.5% | -14.5% | 0.9% | -14.6% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 南拔溪主流 15 | 28.0 | 7.3 | 1180 | 52.5 | 0.00 | 27.9 | 6.9 | 1148 | 46.4 | 0 | -0.1 | -0.4 | -32 | -6 | 0.00 | -0.4% | -5.5% | -2.7% | -11.6% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南拔溪主流 16 | 28.5 | 7.3 | 891 | 18.5 | 0.00 | 27.6 | 6.1 | 898 | 43.8 | 0.01 | -0.9 | -1.2 | 7 | 25 | 0.01 | -3.2% | -16.4% | 0.8% | 136.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | fail | — | 50% |
| 南拔溪主流 17 | 26.3 | 6.9 | 862 | 72.5 | 0.07 | 27.4 | 6.3 | 994 | 49 | 0.09 | 1.1 | -0.6 | 132 | -24 | 0.02 | 4.2% | -8.7% | 15.3% | -32.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | pass | fail | fail | — | 25% |
| 南拔溪主流 18 | 27.1 | 6.9 | 1060 | 60 | 0.00 | 27.7 | 6.6 | 1062 | 55.9 | 0.01 | 0.6 | -0.3 | 2 | -4 | 0.01 | 2.2% | -4.3% | 0.2% | -6.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 南拔溪主流 19 | 26.7 | 7.4 | 907 | 52.5 | 0.00 | 27.3 | 6.2 | 958 | 46.2 | 0.01 | 0.6 | -1.2 | 51 | -6 | 0.01 | 2.2% | -16.2% | 5.6% | -12.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 南拔溪主流 20 | 22.2 | 7.3 | 1360 | 57.5 | 0.00 | 23.0 | 7.0 | 1600 | 55.3 | 0 | 0.8 | -0.3 | 240 | -2 | 0.00 | 3.6% | -4.1% | 17.6% | -3.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | fail | pass | — | 75% |
| 南拔溪主流 22 | 25.3 | 7.3 | 1440 | 55 | 0.00 | 25.1 | 7.0 | 1568 | 59.8 | 0 | -0.2 | -0.3 | 128 | 5 | 0.00 | -0.8% | -4.1% | 8.9% | 8.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 東門溪 1 | 27.5 | 7.3 | 1320 | 67.5 | 0.00 | 27.9 | 8.0 | 1353 | 61.3 | 0 | 0.4 | 0.7 | 33 | -6 | 0.00 | 1.5% | 9.6% | 2.5% | -9.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 坑子溪 1 | 28.8 | 7.5 | 988 | 57.5 | 0.00 | 27.7 | 6.4 | 996 | 53.5 | 0.02 | -1.1 | -1.1 | 8 | -4 | 0.02 | -3.8% | -14.7% | 0.8% | -7.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | fail | pass | pass | — | 50% |
| 潛勢污染工廠1 | 30.3 | 7.7 | 1450 | 57.5 | 0.00 | 29.8 | 7.5 | 1318 | 56.4 | 0 | -0.5 | -0.2 | -132 | -1 | 0.00 | -1.7% | -2.6% | -9.1% | -1.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠2 | 29.0 | 7.1 | 2600 | 60 | 0.08 | 29.8 | 7.3 | 2450 | 54.5 | 0.03 | 0.8 | 0.2 | -150 | -6 | -0.05 | 2.8% | 2.8% | -5.8% | -9.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠3 | 28.5 | 7.2 | 2350 | 24.5 | 0.00 | 27.5 | 7.4 | 2176 | 39.8 | 0 | -1.0 | 0.2 | -174 | 15 | 0.00 | -3.5% | 2.8% | -7.4% | 62.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 潛勢污染工廠4 | 30.4 | 7.1 | 2660 | 182 | 0.00 | 29.7 | 7.4 | 2729 | 183.1 | 0 | -0.7 | 0.3 | 69 | 1 | 0.00 | -2.3% | 4.2% | 2.6% | 0.6% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠5 | 27.3 | 8.1 | 2650 | 60 | 0.00 | 27.8 | 8.0 | 2672 | 54.3 | 0.01 | 0.5 | -0.1 | 22 | -6 | 0.01 | 1.8% | -1.2% | 0.8% | -9.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠6 | 29.1 | 7.7 | 3790 | 72.5 | 0.00 | 28.0 | 7.9 | 3721 | 67.3 | 0.01 | -1.1 | 0.2 | -69 | -5 | 0.01 | -3.8% | 2.6% | -1.8% | -7.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | fail | pass | pass | pass | — | 75% |
| 潛勢污染工廠7 | 27.9 | 8.3 | 1430 | 87.5 | 0.00 | 27.8 | 8.2 | 1536 | 86.5 | 0.01 | -0.1 | -0.1 | 106 | -1 | 0.01 | -0.4% | -1.2% | 7.4% | -1.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 潛勢污染工廠8 | 29.6 | 7.1 | 3640 | 85 | 0.35 | 29.8 | 7.0 | 3725 | 80.5 | 0.33 | 0.2 | -0.1 | 85 | -5 | -0.02 | 0.7% | -1.4% | 2.3% | -5.3% | -5.2% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 J01 | 31.6 | 7.6 | 1850 | 72.5 | 0.00 | 32.6 | 7.7 | 1801 | 70.3 | 0 | 1.0 | 0.1 | -49 | -2 | 0.00 | 3.2% | 1.3% | -2.6% | -3.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 J02 | 30.2 | 7.9 | 653 | 80 | 0.00 | 29.7 | 9.9 | 639 | 78.2 | 0 | -0.5 | 2.0 | -14 | -2 | 0.00 | -1.7% | 25.3% | -2.1% | -2.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | fail | pass | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 J03 | 28.4 | 8.1 | 4490 | 77.5 | 0.40 | 29.0 | 8.3 | 4368 | 50.7 | 0.42 | 0.6 | 0.2 | -122 | -27 | 0.02 | 2.1% | 2.5% | -2.7% | -34.6% | 4.5% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | fail | pass | 80% |
| 龜山工業區 J04 | 33.2 | 7.6 | 1880 | 77.5 | 0.00 | 32.9 | 7.8 | 1747 | 72 | 0 | -0.3 | 0.2 | -133 | -6 | 0.00 | -0.9% | 2.6% | -7.1% | -7.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 J05 | 31.7 | 7.8 | 1670 | 80 | 0.00 | 31.6 | 8.0 | 1684 | 61.4 | 0 | -0.1 | 0.2 | 14 | -19 | 0.00 | -0.3% | 2.6% | 0.8% | -23.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 J06 | 32.4 | 7.4 | 2070 | 53 | 0.49 | 31.6 | 7.7 | 2002 | 70.9 | 0.52 | -0.8 | 0.3 | -68 | 18 | 0.03 | -2.5% | 4.1% | -3.3% | 33.8% | 6.8% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | — | 80% |
| 龜山工業區 J07 | 27.2 | 7.6 | 3430 | 97.5 | 0.00 | 27.3 | 7.8 | 3300 | 87.2 | 0 | 0.1 | 0.2 | -130 | -10 | 0.00 | 0.4% | 2.6% | -3.8% | -10.6% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 J08 | 24.7 | 8.0 | 2180 | 24.5 | 0.00 | 25.1 | 7.8 | 2108 | 43 | 0 | 0.4 | -0.2 | -72 | 19 | 0.00 | 1.6% | -2.5% | -3.3% | 75.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 J09 | 28.2 | 7.5 | 2060 | 102 | 0.00 | 28.3 | 7.6 | 2022 | 101.3 | 0 | 0.1 | 0.1 | -38 | -1 | 0.00 | 0.4% | 1.3% | -1.8% | -0.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD01 | 29.7 | 7.6 | 906 | 62.5 | 0.00 | 29.8 | 7.6 | 902 | 57.7 | 0 | 0.1 | 0.0 | -4 | -5 | 0.00 | 0.3% | 0.0% | -0.4% | -7.7% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD02 | 32.7 | 7.7 | 2890 | 72.5 | 0.00 | 31.9 | 7.8 | 2776 | 60.9 | 0 | -0.8 | 0.1 | -114 | -12 | 0.00 | -2.4% | 1.3% | -3.9% | -16.0% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD03 | 29.5 | 7.4 | 887 | 76.2 | 0.00 | 29.2 | 7.3 | 826 | 51.7 | 0.01 | -0.3 | -0.1 | -61 | -25 | 0.01 | -1.0% | -1.4% | -6.9% | -32.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 RD04 | 32.8 | 7.4 | 2740 | 71.2 | 0.00 | 32.1 | 7.9 | 2805 | 65.1 | 0 | -0.7 | 0.5 | 65 | -6 | 0.00 | -2.1% | 6.8% | 2.4% | -8.6% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD04C | 31.6 | 7.8 | 2830 | 56.2 | 0.17 | 31.7 | 7.6 | 2704 | 56.4 | 0.19 | 0.1 | -0.2 | -126 | 0 | 0.02 | 0.3% | -2.6% | -4.5% | 0.4% | 12.4% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD05 | 30.1 | 7.3 | 673 | 81.2 | 0.09 | 31.1 | 7.3 | 885 | 66.4 | 0.03 | 1.0 | 0.0 | 212 | -15 | -0.06 | 3.3% | 0.0% | 31.5% | -18.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | fail | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 RD06 | 30.8 | 7.6 | 2330 | 61.2 | 0.00 | 31.0 | 7.9 | 2264 | 81.7 | 0 | 0.2 | 0.3 | -66 | 21 | 0.00 | 0.6% | 3.9% | -2.8% | 33.5% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 RD07 | 30.6 | 7.0 | 815 | 83.7 | 0.00 | 30.6 | 7.2 | 797 | 57.5 | 0 | 0.0 | 0.2 | -18 | -26 | 0.00 | 0.0% | 2.9% | -2.2% | -31.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 RD08 | 33.6 | 7.7 | 2040 | 91.2 | 0.00 | 33.4 | 8.2 | 1976 | 86.1 | 0 | -0.2 | 0.5 | -64 | -5 | 0.00 | -0.6% | 6.5% | -3.1% | -5.6% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD09 | 31.3 | 7.6 | 991 | 76.2 | 0.00 | 31.1 | 7.5 | 939 | 69.1 | 0 | -0.2 | -0.1 | -52 | -7 | 0.00 | -0.6% | -1.3% | -5.2% | -9.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD10 | 31.0 | 7.2 | 891 | 81.2 | 0.00 | 30.6 | 7.1 | 772 | 56.7 | 0 | -0.4 | -0.1 | -29 | -25 | 0.00 | -1.3% | -1.4% | -3.6% | -30.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 RD11 | 30.8 | 7.2 | 855 | 71.2 | 0.00 | 30.8 | 7.2 | 826 | 61 | 0.01 | 0.0 | 0.0 | -29 | -10 | 0.01 | 0.0% | 0.0% | -3.4% | -14.3% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD12 | 31.8 | 6.8 | 2050 | 56.2 | 0.33 | 32.2 | 7.9 | 2084 | 79.4 | 0.52 | 0.4 | 1.1 | 34 | 23 | 0.19 | 1.3% | 16.2% | 1.7% | 41.3% | 57.6% | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | fail | pass | fail | fail | 40% |
| 龜山工業區 RD13 | 31.2 | 7.5 | 3210 | 66.2 | 0.00 | 31.3 | 7.8 | 3211 | 57.5 | 0 | 0.1 | 0.3 | 1 | -9 | 0.00 | 0.3% | 4.0% | 0.0% | -13.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 RD14 | 31.0 | 7.7 | 3100 | 83.7 | 0.00 | 30.9 | 8.1 | 3142 | 51.7 | 0 | -0.1 | 0.4 | 42 | -32 | 0.00 | -0.3% | 5.2% | 1.4% | -38.2% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | fail | — | 75% |
| 龜山工業區 W01 | 28.5 | 7.3 | 748 | 66.2 | 0.00 | 29.0 | 7.3 | 774 | 47.4 | 0 | 0.5 | 0.0 | 26 | -19 | 0.00 | 1.8% | 0.0% | 3.5% | -28.4% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 W02 | 29.9 | 7.5 | 953 | 71.2 | 0.00 | 29.6 | 7.7 | 969 | 62 | 0 | -0.3 | 0.2 | 16 | -9 | 0.00 | -1.0% | 2.7% | 1.7% | -12.9% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 W03 | 28.6 | 7.4 | 637 | 61.2 | 0.00 | 29.6 | 7.5 | 873 | 55.2 | 0.01 | 1.0 | 0.1 | 236 | -6 | 0.01 | 3.5% | 1.4% | 37.0% | -9.8% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | fail | pass | — | 75% |
| 龜山工業區 W04 | 29.5 | 7.5 | 905 | 58.7 | 0.00 | 29.1 | 7.5 | 828 | 52.2 | 0 | -0.4 | 0.0 | -77 | -7 | 0.00 | -1.4% | 0.0% | -8.5% | -11.1% | — | ±1 | ±1 | ±15% | ±30% | — | pass | pass | pass | pass | — | 100% |
| 龜山工業區 W05 | 30.0 | 7.6 | 1060 | 73.7 | 0.07 | 30.5 | 7.8 | 1006 | 67.1 | 0.04 | 0.5 | 0.2 | -54 | -7 | -0. | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 3.13 第三季第 1 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)

| 測站名稱 | 檢驗測定儀器檢測值 | | | | | 水質感測設備檢測值 | | | | | 差值 | | | | | 相對差值 | | | | | (相對)允差 | | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|-----------|------|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) |
| 南坎溪流域 9 | 24.6 | 7.9 | 280 | — | — | 24.7 | 7.8 | 286 | — | — | 0.1 | -0.1 | 6 | — | — | 0.4% | -1.3% | 2.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 南坎溪流域 10 | 29.7 | 8.2 | 901 | — | — | 28.9 | 7.1 | 904 | — | — | -0.8 | -1.1 | 3 | — | — | -2.7% | -13.4% | 0.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 老街溪主流 R_1 | 33.2 | 7.0 | 347 | — | — | 33.1 | 6.8 | 318 | — | — | -0.1 | -0.2 | -29 | — | — | -0.3% | -2.9% | -8.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 老街溪主流 R_2 | 23.1 | 7.6 | 756 | — | — | 23.6 | 7.7 | 729 | — | — | 0.5 | 0.1 | -27 | — | — | 2.2% | 1.3% | -3.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 湖口工業區 1 | 26.3 | 6.8 | 3370 | — | — | 27.4 | 6.3 | 3364 | — | — | 1.1 | -0.5 | -6 | — | — | 4.2% | -7.4% | -0.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 湖口工業區 2 | 25.6 | 6.7 | 1120 | — | — | 25.4 | 7.0 | 13983 | — | — | -0.2 | 0.3 | 12863 | — | — | -0.8% | 4.5% | 1148.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 湖口工業區 D01 | 26.9 | 7.3 | 6130 | — | — | 27.8 | 7.9 | 6528 | — | — | 0.9 | 0.6 | 398 | — | — | 3.3% | 8.2% | 6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 湖口工業區 D02 | 25.0 | 6.8 | 3690 | — | — | 25.9 | 6.8 | 3729 | — | — | 0.9 | 0.0 | 39 | — | — | 3.6% | 0.0% | 1.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 湖口工業區 RD01 | 22.3 | 7.5 | 933 | — | — | 22.7 | 7.5 | 883 | — | — | 0.4 | 0.0 | -50 | — | — | 1.8% | 0.0% | -5.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 湖口工業區 RD02 | 29.9 | 7.6 | 822 | — | — | 29.3 | 7.2 | 772 | — | — | -0.6 | -0.4 | -50 | — | — | -2.0% | -5.3% | -6.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 湖口工業區 RD03 | 27.1 | 7.5 | 4470 | — | — | 27.1 | 7.9 | 4532 | — | — | 0.0 | 0.4 | 62 | — | — | 0.0% | 5.3% | 1.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 湖口工業區 RD04 | 27.2 | 7.2 | 4370 | — | — | 26.2 | 7.5 | 4628 | — | — | -1.0 | 0.3 | 258 | — | — | -3.7% | 4.2% | 5.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 1 | 31.2 | 7.9 | 2120 | — | — | 31.4 | 6.6 | 2204 | — | — | 0.2 | -1.3 | 84 | — | — | 0.6% | -16.5% | 4.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 香山工業區 2 | 29.6 | 7.3 | 981 | — | — | 28.7 | 7.0 | 938 | — | — | -0.9 | -0.3 | -43 | — | — | -3.0% | -4.1% | -4.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 3 | 31.8 | 7.5 | 908 | — | — | 31.4 | 7.5 | 853 | — | — | -0.4 | 0.0 | -55 | — | — | -1.3% | 0.0% | -6.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 4 | 27.5 | 7.8 | 717 | — | — | 28.2 | 8.1 | 688 | — | — | 0.7 | 0.3 | -29 | — | — | 2.5% | 3.8% | -4.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 4C | 28.9 | 7.5 | 397 | — | — | 28.9 | 7.2 | 351 | — | — | 0.0 | -0.3 | -46 | — | — | 0.0% | -4.0% | -11.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 5 | 28.2 | 7.8 | 483 | — | — | 28.9 | 7.5 | 434 | — | — | 0.7 | -0.3 | -49 | — | — | 2.5% | -3.5% | -10.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 6 | 33.7 | 7.2 | 480 | — | — | 33.1 | 7.0 | 459 | — | — | -0.6 | -0.2 | -21 | — | — | -1.8% | -2.8% | -4.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 7 | 33.5 | 7.2 | 407 | — | — | 33.2 | 6.7 | 376 | — | — | -0.3 | -0.5 | -31 | — | — | -0.9% | -6.9% | -7.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 8 | 28.2 | 7.5 | 2200 | — | — | 27.5 | 7.6 | 2213 | — | — | -0.7 | 0.1 | 13 | — | — | -2.5% | 1.3% | 0.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 香山工業區 9 | 27.3 | 7.8 | 1760 | — | — | 26.7 | 7.6 | 1777 | — | — | -0.6 | -0.2 | 17 | — | — | -2.2% | -2.6% | 1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 竹科園區 RD01 | 29.1 | 7.0 | 481 | — | — | 29.7 | 6.8 | 441 | — | — | 0.6 | -0.2 | -40 | — | — | 2.1% | -2.9% | -8.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 竹科園區 RD02 | 28.0 | 7.1 | 495 | — | — | 28.5 | 8.2 | 454 | — | — | 0.5 | 1.1 | -41 | — | — | 1.8% | 15.5% | -8.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 竹科園區 D01 | 26.6 | 7.0 | 4290 | — | — | 27.6 | 6.6 | 4447 | — | — | 1.0 | -0.4 | 157 | — | — | 3.8% | -5.7% | 3.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 竹科園區 D01C | 26.0 | 6.7 | 3970 | — | — | 26.5 | 6.5 | 3926 | — | — | 0.5 | -0.2 | -44 | — | — | 1.9% | -3.0% | -1.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 浦雅淨水廠取水口 R_1 | 27.1 | 7.9 | 383 | — | — | 27.0 | 8.0 | 275 | — | — | -0.1 | 0.1 | -108 | — | — | -0.4% | 1.3% | -28.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 斗六工業區外圍河川 R_1 | 34.7 | 7.9 | 614 | — | — | 35.4 | 7.4 | 584 | — | — | 0.7 | -0.5 | -30 | — | — | 2.0% | -6.3% | -4.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 斗六工業區外圍河川 R_2 | 30.9 | 8.0 | 251 | — | — | 31.6 | 8.4 | 138 | — | — | 0.7 | 0.4 | -113 | — | — | 2.3% | 5.0% | -45.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 斗六工業區外圍河川 R_3 | 34.5 | 7.8 | 281 | — | — | 33.5 | 8.2 | 283 | — | — | -1.0 | 0.4 | 2 | — | — | -2.9% | 5.1% | 0.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 斗六工業區外圍河川 R_4 | 34.6 | 7.4 | 1100 | — | — | 34.6 | 7.9 | 1067 | — | — | 0.0 | 0.5 | -33 | — | — | 0.0% | 6.8% | -3.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 斗六工業區外圍河川 R_5 | 29.0 | 7.8 | 1330 | — | — | 28.7 | 7.9 | 1351 | — | — | -0.3 | 0.1 | 21 | — | — | -1.0% | 1.3% | 1.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 斗六工業區放流口 S_D01 | 34.2 | 7.3 | 2900 | — | — | 35.1 | 7.6 | 2841 | — | — | 0.9 | 0.3 | -59 | — | — | 2.6% | 4.1% | -2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 斗六工業區放流口 S_1 | 33.0 | 7.8 | 2750 | — | — | 33.2 | 8.1 | 2710 | — | — | 0.2 | 0.3 | -40 | — | — | 0.6% | 3.8% | -1.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 雲林科技工業區外圍河川 R_1 | 34.8 | 7.5 | 881 | — | — | 34.3 | 7.7 | 877 | — | — | -0.5 | 0.2 | -4 | — | — | -1.4% | 2.7% | -0.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 雲林科技工業區外圍河川 S_D01 | 29.5 | 7.0 | 2490 | — | — | 30.4 | 7.1 | 2304 | — | — | 0.9 | 0.1 | -186 | — | — | 3.1% | 1.4% | -7.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 雲林科技工業區外圍河川 S_D02 | 31.8 | 7.1 | 3150 | — | — | 30.7 | 7.5 | 3286 | — | — | -1.1 | 0.4 | 136 | — | — | -3.5% | 5.6% | 4.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 中科虎尾園區外圍河川 R_1 | 30.3 | 7.6 | 608 | — | — | 31.2 | 8.1 | 589 | — | — | 0.9 | 0.5 | -19 | — | — | 3.0% | 6.6% | -3.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 中科虎尾園區外圍河川 R_2 | 33.7 | 8.3 | 869 | — | — | 34.4 | 7.9 | 832 | — | — | 0.7 | -0.4 | -37 | — | — | 2.1% | -4.8% | -4.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 中科虎尾園區外圍河川 R_3 | 30.5 | 7.9 | 525 | — | — | 30.2 | 8.1 | 459 | — | — | -0.3 | 0.2 | -66 | — | — | -1.0% | 2.5% | -12.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 中科虎尾園區放流口 S_D01 | 34.8 | 7.8 | 4020 | — | — | 35.1 | 8.2 | 3885 | — | — | 0.3 | 0.4 | -135 | — | — | 0.9% | 5.1% | -3.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 中科虎尾園區放流口 S_1 | 31.9 | 7.7 | 2980 | — | — | 31.6 | 8.1 | 2911 | — | — | -0.3 | 0.4 | -69 | — | — | -0.9% | 5.2% | -2.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 竹圍子段灌區 F_1 | 29.3 | 7.9 | 346 | — | — | 30.2 | 8.2 | 205 | — | — | 0.9 | 0.3 | -141 | — | — | 3.1% | 3.8% | -40.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | — | — | — | 67% | |
| 竹圍子段灌區 F_2 | 34.7 | 7.8 | 340 | — | — | 33.6 | 8.2 | 230 | — | — | -1.1 | 0.4 | -110 | — | — | -3.2% | 5.1% | -32.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | fail | — | — | — | — | — | 33% | |
| 竹圍子段灌區 F_3 | 32.2 | 7.5 | 780 | — | — | 32.6 | 6.2 | 733 | — | — | 0.4 | -1.3 | -47 | — | — | 1.2% | -17.3% | -6.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | — | — | — | 67% | |
| 竹圍子段灌區 F_4 | 30.4 | 7.0 | 5190 | — | — | 30.8 | 7.3 | 5370 | — | — | 0.4 | 0.3 | 189 | — | — | 1.3% | 4.3% | 3.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | — | — | — | 100% | |
| 竹圍子段灌區 F_5</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 3.14 第三季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | | 水質感測器檢測值 | | | | | 差值 | | | | | 相對差值 | | | | | (相對)允差 | | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | |
|----------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|-------|-------|--------|-------|-----|---------|-----|---------------|--------------|------------|-----------|------|------|-------|-----|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 銅濃度 | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 銅濃度 | 合計 |
| 坑子口圳_1 | 27.1 | 7.2 | 1400 | — | — | 26.6 | 8.4 | 1476 | — | — | -0.5 | 1.2 | 76 | — | — | -1.8% | 16.7% | 5.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_2 | 27.7 | 7.2 | 1550 | — | — | 26.8 | 8.3 | 1522 | — | — | -0.9 | 1.1 | -28 | — | — | -3.2% | 15.3% | -1.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_3 | 26.3 | 7.8 | 1610 | — | — | 27.2 | 8.2 | 1648 | — | — | 0.9 | 0.4 | 38 | — | — | 3.4% | 5.1% | 2.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_4 | 28.0 | 7.9 | 1640 | — | — | 27.1 | 8.2 | 1568 | — | — | -0.9 | 0.3 | -72 | — | — | -3.2% | 3.8% | -4.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_5 | 27.8 | 7.6 | 1460 | — | — | 27.9 | 8.2 | 1720 | — | — | 0.1 | 0.6 | 260 | — | — | 0.4% | 7.9% | 17.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_6 | 27.4 | 7.8 | 1820 | — | — | 28.3 | 8.2 | 1750 | — | — | 0.9 | 0.4 | -70 | — | — | 3.3% | 5.1% | -3.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_7 | 27.6 | 8.1 | 1600 | — | — | 28.0 | 8.1 | 1687 | — | — | 0.4 | 0.0 | 87 | — | — | 1.4% | 0.0% | 5.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_8 | 26.9 | 8.0 | 1590 | — | — | 27.8 | 8.3 | 1568 | — | — | 0.9 | 0.3 | -22 | — | — | 3.3% | 3.8% | -1.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_8C | 27.6 | 7.8 | 1650 | — | — | 28.6 | 8.2 | 1765 | — | — | 1.0 | 0.4 | 115 | — | — | 3.6% | 5.1% | 7.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_9 | 28.9 | 8.0 | 1760 | — | — | 29.6 | 8.1 | 1778 | — | — | 0.7 | 0.1 | 18 | — | — | 2.4% | 1.3% | 1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_10 | 29.0 | 8.4 | 1340 | — | — | 28.9 | 8.2 | 1593 | — | — | -0.1 | -0.2 | 253 | — | — | -0.3% | -2.4% | 18.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_11 | 28.7 | 7.9 | 1360 | — | — | 28.7 | 8.3 | 1620 | — | — | 0.0 | 0.4 | 260 | — | — | 0.0% | 5.1% | 19.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_11C | 29.4 | 7.8 | 1830 | — | — | 29.6 | 8.1 | 1783 | — | — | 0.2 | 0.3 | -47 | — | — | 0.7% | 3.8% | -2.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_12 | 29.1 | 7.9 | 1670 | — | — | 29.7 | 7.9 | 1683 | — | — | 0.6 | 0.0 | 13 | — | — | 2.1% | 0.0% | 0.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_12C | 30.3 | 8.0 | 1730 | — | — | 30.0 | 8.0 | 1773 | — | — | -0.3 | 0.0 | 43 | — | — | -1.0% | 0.0% | 2.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_13 | 29.9 | 7.9 | 1860 | — | — | 30.4 | 8.0 | 1796 | — | — | 0.5 | 0.1 | -64 | — | — | 1.7% | 1.3% | -3.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_14 | 30.1 | 8.0 | 1590 | — | — | 30.3 | 8.0 | 1559 | — | — | 0.2 | 0.0 | -31 | — | — | 0.7% | 0.0% | -1.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_15 | 31.7 | 8.1 | 1740 | — | — | 30.8 | 7.7 | 1670 | — | — | -0.9 | -0.4 | -70 | — | — | -2.8% | -4.9% | -4.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_16 | 30.0 | 8.1 | 1610 | — | — | 30.6 | 7.9 | 1520 | — | — | 0.6 | -0.2 | -90 | — | — | 2.0% | -2.5% | -5.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_17 | 30.9 | 8.0 | 1910 | — | — | 31.0 | 8.1 | 1826 | — | — | 0.1 | 0.1 | -84 | — | — | 0.3% | 1.3% | -4.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_18 | 31.2 | 8.2 | 1500 | — | — | 30.4 | 8.0 | 1557 | — | — | -0.8 | -0.2 | 57 | — | — | -2.6% | -2.4% | 3.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_19 | 30.3 | 8.3 | 1300 | — | — | 29.6 | 8.0 | 1259 | — | — | -0.7 | -0.3 | -41 | — | — | -2.3% | -3.6% | -3.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_20 | 31.0 | 8.1 | 1220 | — | — | 30.1 | 7.9 | 1145 | — | — | -0.9 | -0.2 | -75 | — | — | -2.9% | -2.5% | -6.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_21 | 30.2 | 7.8 | 1310 | — | — | 30.0 | 7.6 | 1010 | — | — | -0.2 | -0.2 | -300 | — | — | -0.7% | -2.6% | -22.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_A | 29.7 | 8.3 | 1440 | — | — | 28.9 | 8.2 | 1469 | — | — | -0.8 | -0.1 | 29 | — | — | -2.7% | -1.2% | 2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_B | 27.4 | 8.2 | 1310 | — | — | 27.3 | 8.1 | 1406 | — | — | -0.1 | -0.1 | 96 | — | — | -0.4% | -1.2% | 7.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_C | 30.8 | 7.8 | 1050 | — | — | 31.0 | 7.9 | 1091 | — | — | 0.2 | 0.1 | 41 | — | — | 0.6% | 1.3% | 3.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_D | 29.6 | 7.6 | 838 | — | — | 30.7 | 7.6 | 917 | — | — | 1.1 | 0.0 | 79 | — | — | 3.7% | 0.0% | 9.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_DC | 31.8 | 7.4 | 1140 | — | — | 31.4 | 8.0 | 1105 | — | — | -0.4 | 0.6 | -35 | — | — | -1.3% | 8.1% | -3.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_E | 30.4 | 8.4 | 1140 | — | — | 31.3 | 8.1 | 1143 | — | — | 0.9 | -0.3 | 3 | — | — | 3.0% | -3.6% | 0.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_F | 31.9 | 7.0 | 1170 | — | — | 31.0 | 8.1 | 1164 | — | — | -0.9 | 1.1 | -6 | — | — | -2.8% | 15.7% | -0.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 坑子口圳_G | 31.4 | 7.5 | 1310 | — | — | 31.4 | 8.0 | 1098 | — | — | 0.0 | 0.5 | -212 | — | — | 0.0% | 6.7% | -16.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 坑子口圳_H | 31.0 | 7.5 | 1070 | — | — | 31.5 | 7.9 | 1034 | — | — | 0.5 | 0.4 | -36 | — | — | 1.6% | 5.3% | -3.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_I | 31.6 | 7.6 | 922 | — | — | 30.7 | 7.6 | 884 | — | — | -0.9 | 0.0 | -38 | — | — | -2.8% | 0.0% | -4.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_a | 25.9 | 7.6 | 1200 | — | — | 26.5 | 7.8 | 1283 | — | — | 0.6 | 0.2 | 83 | — | — | 2.3% | 2.6% | 6.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_b | 27.4 | 8.0 | 1440 | — | — | 27.6 | 8.2 | 1467 | — | — | 0.2 | 0.2 | 27 | — | — | 0.7% | 2.5% | 1.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_c | 26.6 | 7.6 | 1280 | — | — | 26.9 | 7.9 | 1330 | — | — | 0.3 | 0.3 | 50 | — | — | 1.1% | 3.9% | 3.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_d | 26.2 | 7.7 | 1360 | — | — | 27.0 | 7.8 | 1297 | — | — | 0.8 | 0.1 | -63 | — | — | 3.1% | 1.3% | -4.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_e | 26.8 | 7.6 | 1510 | — | — | 27.8 | 8.2 | 1457 | — | — | 1.0 | 0.6 | -53 | — | — | 3.7% | 7.9% | -3.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T1 | 28.5 | 7.9 | 1380 | — | — | 28.7 | 8.0 | 1339 | — | — | 0.2 | 0.1 | -41 | — | — | 0.7% | 1.3% | -3.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T2 | 29.6 | 7.6 | 1350 | — | — | 28.6 | 8.0 | 1322 | — | — | -1.0 | 0.4 | -28 | — | — | -3.4% | 5.3% | -2.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T3 | 28.8 | 7.6 | 1140 | — | — | 28.7 | 7.7 | 1153 | — | — | -0.1 | 0.1 | 13 | — | — | -0.3% | 1.3% | 1.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T4 | 28.6 | 7.6 | 1230 | — | — | 29.0 | 7.9 | 1225 | — | — | 0.4 | 0.3 | -5 | — | — | 1.4% | 3.9% | -0.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T5 | 26.3 | 8.0 | 1380 | — | — | 27.2 | 7.9 | 1343 | — | — | 0.9 | -0.1 | -37 | — | — | 3.4% | -1.3% | -2.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T6 | 25.6 | 8.0 | 1250 | — | — | 26.4 | 7.7 | 1232 | — | — | 0.8 | -0.3 | -18 | — | — | 3.1% | -3.8% | -1.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子口圳_T7 | 30.8 | 7.7 | 1060 | — | — | 31.4 | 8.0 | 1058 | — | — | 0.6 | 0.3 | -2 | — | — | 1.9% | 3.9% | -0.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪主流_1 | 27.4 | 8.1 | 1430 | — | — | 26.6 | 8.2 | 1512 | — | — | -0.8 | 0.1 | 82 | — | — | -2.9% | 1.2% | 5.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪主流_10 | 27.3 | 6.8 | 1590 | — | — | 27.0 | 8.1 | 1573 | — | — | -0.3 | 1.3 | -17 | — | — | -1.1% | 19.1% | -1.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 南坎溪主流_24 | 25.8 | 8.4 | 1470 | — | — | 26.5 | 8.2 | 1504 | — | — | 0.7 | -0.2 | 34 | — | — | 2.7% | -2.4% | 2.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 茄苳溪_1 | 26.0 | 7.7 | 1470 | — | — | 26.6 | 8.2 | 1511 | — | — | 0.6 | 0.5 | 41 | — | — | 2.3% | 6.5% | 2.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |

表 3.15 第三季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | 水質感測設備量測值 | | | | 差值 | | | | 相對差值 | | | | (相對)允差 | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | 合計 | | | | | | |
|-------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|-----------|-----|---------------|--------------|----|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) |
| 南坎溪主流_14 | 30.2 | 7.9 | 1360 | — | — | 31.1 | 7.3 | 1363 | — | — | 0.9 | -0.6 | 3 | — | — | 3.0% | -7.6% | 0.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪主流_15 | 29.9 | 7.5 | 1320 | — | — | 29.7 | 7.1 | 1273 | — | — | -0.2 | -0.4 | -47 | — | — | -0.7% | -5.3% | -3.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪主流_16 | 30.1 | 8.2 | 1620 | — | — | 30.2 | 7.1 | 1300 | — | — | 0.1 | -1.1 | -320 | — | — | 0.3% | -13.4% | -19.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | fail | — | — | 33% |
| 南坎溪主流_17 | 28.7 | 7.4 | 1070 | — | — | 29.8 | 7.2 | 1085 | — | — | 1.1 | -0.2 | 15 | — | — | 3.8% | -2.7% | 1.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 南坎溪主流_18 | 30.3 | 7.6 | 1110 | — | — | 30.1 | 7.3 | 1104 | — | — | -0.2 | -0.3 | -6 | — | — | -0.7% | -3.9% | -0.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪主流_19 | 29.8 | 7.5 | 1240 | — | — | 30.9 | 7.4 | 1271 | — | — | 1.1 | -0.1 | 31 | — | — | 3.7% | -1.3% | 2.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 南坎溪主流_20 | 28.8 | 8.1 | 1490 | — | — | 29.1 | 8.3 | 1461 | — | — | 0.3 | 0.2 | -29 | — | — | 1.0% | 2.5% | -1.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪主流_22 | 29.8 | 7.6 | 1360 | — | — | 29.5 | 8.2 | 1333 | — | — | -0.3 | 0.6 | -27 | — | — | -1.0% | 7.9% | -2.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 東門溪_1 | 29.1 | 7.5 | 1370 | — | — | 28.1 | 7.1 | 1339 | — | — | -1.0 | -0.4 | -31 | — | — | -3.4% | -5.3% | -2.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 坑子溪_1 | 28.4 | 7.5 | 1050 | — | — | 29.1 | 7.1 | 1069 | — | — | 0.7 | -0.4 | 19 | — | — | 2.5% | -5.3% | 1.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_I01 | 31.4 | 7.3 | 1250 | — | — | 31.2 | 7.9 | 1460 | — | — | -0.2 | 0.6 | 210 | — | — | -0.6% | 8.2% | 16.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 龜山工業區_I02 | 27.9 | 7.6 | 1130 | — | — | 28.3 | 7.3 | 1149 | — | — | 0.4 | -0.3 | 19 | — | — | 1.4% | -3.9% | 1.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_I03 | 29.9 | 8.3 | 2700 | — | — | 30.4 | 8.1 | 2732 | — | — | 0.5 | -0.2 | 32 | — | — | 1.7% | -2.4% | 1.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_I04 | 31.8 | 7.5 | 1640 | — | — | 31.3 | 8.1 | 1599 | — | — | -0.5 | 0.6 | -41 | — | — | -1.6% | 8.0% | -2.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_I05 | 32.1 | 7.4 | 1330 | — | — | 32.2 | 7.2 | 1364 | — | — | 0.1 | -0.2 | 34 | — | — | 0.3% | -2.7% | 2.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_I06 | 31.0 | 7.8 | 1610 | — | — | 32.0 | 8.3 | 1515 | — | — | 1.0 | 0.5 | -95 | — | — | 3.2% | 6.4% | -5.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_I07 | 30.1 | 7.2 | 3670 | — | — | 29.8 | 7.6 | 3621 | — | — | -0.3 | 0.4 | -49 | — | — | -1.0% | 5.6% | -1.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_I08 | 29.1 | 7.3 | 2440 | — | — | 28.2 | 7.2 | 2417 | — | — | -0.9 | -0.1 | -23 | — | — | -3.1% | -1.4% | -0.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_I09 | 29.9 | 7.3 | 1740 | — | — | 30.8 | 7.6 | 1782 | — | — | 0.9 | 0.3 | 42 | — | — | 3.0% | 4.1% | 2.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD01 | 25.5 | 7.2 | 947 | — | — | 26.2 | 6.9 | 998 | — | — | 0.7 | -0.3 | 51 | — | — | 2.7% | -4.2% | 5.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD02 | 34.9 | 7.1 | 2770 | — | — | 33.8 | 8.4 | 2905 | — | — | -1.1 | 1.3 | 135 | — | — | -3.2% | 18.3% | 4.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | fail | pass | — | — | 33% |
| 龜山工業區_RD03 | 25.6 | 7.4 | 1070 | — | — | 26.5 | 7.3 | 1121 | — | — | 0.9 | -0.1 | 51 | — | — | 3.5% | -1.4% | 4.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD04 | 33.4 | 7.6 | 2680 | — | — | 33.3 | 8.1 | 2769 | — | — | -0.1 | 0.5 | 89 | — | — | -0.3% | 6.6% | 3.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD04C | 33.1 | 8.2 | 2870 | — | — | 33.8 | 8.4 | 2898 | — | — | 0.7 | 0.2 | 28 | — | — | 2.1% | 2.4% | 1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD05 | 29.7 | 7.9 | 1340 | — | — | 30.8 | 6.9 | 1347 | — | — | 1.1 | -1.0 | 7 | — | — | 3.7% | -12.7% | 0.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_RD06 | 31.5 | 7.5 | 1310 | — | — | 31.2 | 7.8 | 1245 | — | — | -0.3 | 0.3 | -65 | — | — | -1.0% | 4.0% | -5.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD07 | 29.6 | 8.0 | 1330 | — | — | 29.9 | 6.9 | 1302 | — | — | 0.3 | -1.1 | -28 | — | — | 1.0% | -13.8% | -2.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_RD08 | 30.5 | 6.8 | 1660 | — | — | 31.4 | 8.1 | 1544 | — | — | 0.9 | 1.3 | -116 | — | — | 3.0% | 19.1% | -7.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_RD09 | 29.6 | 7.3 | 1150 | — | — | 29.7 | 6.8 | 1222 | — | — | 0.1 | -0.5 | 72 | — | — | 0.3% | -6.8% | 6.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD10 | 29.3 | 7.0 | 1100 | — | — | 29.8 | 6.6 | 1168 | — | — | 0.5 | -0.4 | 68 | — | — | 1.7% | -5.7% | 6.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD11 | 31.3 | 7.2 | 1160 | — | — | 30.3 | 7.1 | 1387 | — | — | -1.0 | -0.1 | 227 | — | — | -3.2% | -1.4% | 19.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 龜山工業區_RD12 | 31.9 | 8.5 | 1530 | — | — | 32.0 | 8.3 | 1517 | — | — | 0.1 | -0.2 | -13 | — | — | 0.3% | -2.4% | -0.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_RD13 | 32.2 | 7.1 | 2340 | — | — | 32.3 | 8.3 | 2361 | — | — | 0.1 | 1.2 | 21 | — | — | 0.3% | 16.9% | 0.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_RD14 | 29.0 | 7.6 | 3950 | — | — | 30.0 | 7.6 | 3900 | — | — | 1.0 | 0.0 | -50 | — | — | 3.4% | 0.0% | -1.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W01 | 26.1 | 7.7 | 1120 | — | — | 26.3 | 7.5 | 1153 | — | — | 0.2 | -0.2 | 33 | — | — | 0.8% | -2.6% | 2.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W02 | 25.2 | 7.6 | 690 | — | — | 25.6 | 7.0 | 943 | — | — | 0.4 | -0.6 | 253 | — | — | 1.6% | -7.9% | 36.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 龜山工業區_W03 | 25.0 | 7.2 | 990 | — | — | 25.9 | 7.0 | 981 | — | — | 0.9 | -0.2 | -9 | — | — | 3.6% | -2.8% | -0.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W04 | 25.4 | 7.4 | 990 | — | — | 25.5 | 7.2 | 958 | — | — | 0.1 | -0.2 | -32 | — | — | 0.4% | -2.7% | -3.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W05 | 26.2 | 7.6 | 1130 | — | — | 27.3 | 7.2 | 1183 | — | — | 1.1 | -0.4 | 53 | — | — | 4.2% | -5.3% | 4.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 龜山工業區_W06 | 25.2 | 7.4 | 1070 | — | — | 25.8 | 7.5 | 1069 | — | — | 0.6 | 0.1 | -1 | — | — | 2.4% | 1.4% | -0.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W07 | 28.3 | 7.6 | 1180 | — | — | 27.6 | 7.1 | 1176 | — | — | -0.7 | -0.5 | -4 | — | — | -2.5% | -6.6% | -0.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 龜山工業區_W08 | 26.5 | 7.1 | 1270 | — | — | 27.2 | 6.8 | 1072 | — | — | 0.7 | -0.3 | -198 | — | — | 2.6% | -4.2% | -15.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 潛勢污染工廠L_1 | 28.9 | 7.5 | 1620 | — | — | 29.2 | 7.5 | 1550 | — | — | 0.3 | 0.0 | -70 | — | — | 1.0% | 0.0% | -4.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠L_2 | 28.4 | 7.7 | 2190 | — | — | 27.6 | 6.5 | 2089 | — | — | -0.8 | -1.2 | -101 | — | — | -2.8% | -15.6% | -4.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 潛勢污染工廠L_3 | 27.5 | 7.5 | 2210 | — | — | 27.8 | 7.8 | 2207 | — | — | 0.3 | 0.3 | -3 | — | — | 1.1% | 4.0% | -0.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠L_4 | 27.5 | 7.3 | 3130 | — | — | 28.0 | 7.4 | 3348 | — | — | 0.5 | 0.1 | 218 | — | — | 1.8% | 1.4% | 7.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠L_5 | 30.3 | 7.4 | 1320 | — | — | 29.5 | 7.2 | 1271 | — | — | -0.8 | -0.2 | -49 | — | — | -2.6% | -2.7% | -3.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 潛勢污染工廠L_6 | 27.3 | 7.0 | 3470 | — | — | 27.3 | 8.1 | 3520 | — | — | 0.0 | 1.1 | 50 | — | — | 0.0% | 15.7% | 1.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 潛勢污染工廠L_7 | 28.1 | 7.5 | 1110 | — | — | 29.2 | 8.2 | 1130 | — | — | 1.1 | 0.7 | 20 | — | — | 3.9% | 9.3% | 1.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 潛勢污染工廠L_8 | 28.7 | 7.3 | 2950 | — | — | 29.6 | 6.8 | 2987 | — | — | 0.9 | -0.5 | 37 | — | — | 3.1% | -6.8% | 1.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | | | | |

表 3.16 第三季第 2 次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表(續)

| 測站名稱 | 檢驗測定機構檢測值 | | | | 水質感測器檢測值 | | | | 差值 | | | | 相對差值 | | | | (相對)允差 | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|---------|--------|---------------|--------------|------------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|------|
| | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 銅濃度 (mg/l) | 合計 |
| 南坎溪流域I_9 | 25.8 | 8.0 | 292 | — | — | 24.8 | 7.8 | 294 | — | — | -1.0 | -0.2 | 2 | — | — | -3.9% | -2.5% | 0.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 南坎溪流域I_10 | 26.7 | 7.9 | 890 | — | — | 26.4 | 7.9 | 899 | — | — | -0.3 | 0.0 | 9 | — | — | -1.1% | 0.0% | 1.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 老街溪主流R_1 | 33.1 | 8.0 | 204 | — | — | 33.2 | 6.3 | 177 | — | — | 0.1 | -1.7 | -27 | — | — | 0.3% | -21.3% | -13.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 老街溪主流R_2 | 24.6 | 8.0 | 713 | — | — | 23.6 | 7.7 | 729 | — | — | -1.0 | -0.3 | 16 | — | — | -4.1% | -3.8% | 2.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 湖口工業區I_1 | 27.4 | 7.9 | 2270 | — | — | 26.7 | 6.7 | 2345 | — | — | -0.7 | -1.2 | 75 | — | — | -2.6% | -15.2% | 3.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 湖口工業區I_2 | 26.2 | 6.9 | 10600 | — | — | 25.6 | 6.5 | 13537 | — | — | -0.6 | -0.4 | 2937 | — | — | -2.3% | -5.8% | 27.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 湖口工業區 D01 | 27.0 | 7.6 | 5620 | — | — | 27.7 | 7.4 | 5559 | — | — | 0.7 | -0.2 | -61 | — | — | 2.6% | -2.6% | -1.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 湖口工業區 D02 | 24.1 | 6.9 | 3520 | — | — | 25.0 | 6.8 | 3710 | — | — | 0.9 | -0.1 | 190 | — | — | 3.7% | -1.4% | 5.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 湖口工業區 RD01 | 23.8 | 7.6 | 867 | — | — | 23.8 | 7.6 | 910 | — | — | 0.0 | 0.0 | 43 | — | — | 0.0% | 0.0% | 5.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 湖口工業區 RD02 | 33.2 | 7.9 | 773 | — | — | 32.1 | 7.5 | 700 | — | — | -1.1 | -0.4 | -73 | — | — | -3.3% | -5.1% | -9.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 湖口工業區 RD03 | 26.9 | 7.3 | 1960 | — | — | 27.4 | 8.4 | 2092 | — | — | 0.5 | 1.1 | 132 | — | — | 1.9% | 15.1% | 6.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 湖口工業區 RD04 | 26.5 | 7.6 | 5620 | — | — | 26.6 | 7.6 | 5550 | — | — | 0.1 | 0.0 | -70 | — | — | 0.4% | 0.0% | -1.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 香山工業區I_1 | 31.3 | 7.3 | 1630 | — | — | 31.8 | 6.6 | 1689 | — | — | 0.5 | -0.7 | 59 | — | — | 1.6% | -9.6% | 3.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 香山工業區I_2 | 28.1 | 7.1 | 763 | — | — | 28.4 | 7.0 | 802 | — | — | 0.3 | -0.1 | 39 | — | — | 1.1% | -1.4% | 5.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 香山工業區I_3 | 32.9 | 7.6 | 726 | — | — | 32.4 | 7.2 | 812 | — | — | -0.5 | -0.4 | 86 | — | — | -1.5% | -5.3% | 11.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 香山工業區I_4 | 28.8 | 7.7 | 695 | — | — | 28.9 | 7.8 | 694 | — | — | 0.1 | 0.1 | -1 | — | — | 0.3% | 1.3% | -0.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 香山工業區I_4C | 29.2 | 7.3 | 705 | — | — | 29.3 | 7.1 | 404 | — | — | 0.1 | -0.2 | -301 | — | — | 0.3% | -2.7% | -42.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 香山工業區I_5 | 29.2 | 7.6 | 460 | — | — | 30.0 | 7.5 | 502 | — | — | 0.8 | -0.1 | 42 | — | — | 2.7% | -1.3% | 9.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 香山工業區I_6 | 33.8 | 7.3 | 538 | — | — | 34.1 | 7.5 | 561 | — | — | 0.3 | 0.2 | 23 | — | — | 0.9% | 2.7% | 4.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 香山工業區I_7 | 32.7 | 7.2 | 461 | — | — | 33.8 | 6.6 | 433 | — | — | 1.1 | -0.6 | -28 | — | — | 3.4% | -8.3% | -6.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 香山工業區I_8 | 27.6 | 7.4 | 2500 | — | — | 27.7 | 7.6 | 2656 | — | — | 0.1 | 0.2 | 156 | — | — | 0.4% | 2.7% | 6.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 香山工業區I_9 | 27.7 | 7.7 | 2310 | — | — | 27.5 | 7.4 | 2459 | — | — | -0.2 | -0.3 | 149 | — | — | -0.7% | -3.9% | 6.5% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹科園區I_RD01 | 29.9 | 7.6 | 544 | — | — | 30.4 | 7.9 | 578 | — | — | 0.5 | 0.3 | 34 | — | — | 1.7% | 3.9% | 6.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹科園區I_RD02 | 30.0 | 8.1 | 422 | — | — | 28.9 | 8.1 | 443 | — | — | -1.1 | 0.0 | 21 | — | — | -3.7% | 0.0% | 5.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 竹科園區I_D01 | 29.7 | 6.6 | 3710 | — | — | 28.8 | 6.5 | 3625 | — | — | -0.9 | -0.1 | -85 | — | — | -3.0% | -1.5% | -2.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹科園區I_D01C | 28.0 | 6.6 | 4190 | — | — | 28.5 | 6.4 | 3963 | — | — | 0.5 | -0.2 | -227 | — | — | 1.8% | -3.0% | -5.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 漕雅淨水廠取水口R_1 | 27.1 | 7.9 | 258 | — | — | 27.1 | 7.6 | 252 | — | — | 0.0 | -0.3 | -6 | — | — | 0.0% | -3.8% | -2.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 斗六工業區外圍河川R_1 | 35.6 | 6.8 | 483 | — | — | 35.3 | 7.6 | 505 | — | — | -0.3 | 0.8 | 22 | — | — | -0.8% | 11.8% | 4.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 斗六工業區外圍河川R_2 | 31.1 | 7.9 | 305 | — | — | 32.1 | 8.5 | 182 | — | — | 1.0 | 0.6 | -123 | — | — | 3.2% | 7.6% | -40.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 斗六工業區外圍河川R_3 | 33.5 | 8.0 | 297 | — | — | 33.1 | 8.3 | 296 | — | — | -0.4 | 0.3 | -1 | — | — | -1.2% | 3.8% | -0.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 斗六工業區外圍河川R_4 | 34.4 | 8.0 | 1020 | — | — | 35.1 | 6.9 | 973 | — | — | 0.7 | -1.1 | -47 | — | — | 2.0% | -13.8% | -4.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 斗六工業區外圍河川R_5 | 27.8 | 7.9 | 1470 | — | — | 28.6 | 8.1 | 1401 | — | — | 0.8 | 0.2 | -69 | — | — | 2.9% | 2.5% | -4.7% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 斗六工業區放流口S_D01 | 36.5 | 7.7 | 2500 | — | — | 35.9 | 7.6 | 2656 | — | — | -0.6 | -0.1 | 156 | — | — | -1.6% | -1.3% | 6.2% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 斗六工業區放流口S_1 | 34.9 | 7.1 | 3100 | — | — | 34.3 | 8.1 | 3050 | — | — | -0.6 | 1.0 | -50 | — | — | -1.7% | 14.1% | -1.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 雲林科技工業區外圍河川R_1 | 32.7 | 7.9 | 827 | — | — | 33.7 | 7.9 | 901 | — | — | 1.0 | 0.0 | 74 | — | — | 3.1% | 0.0% | 8.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 雲林科技工業區外圍河川S_D01 | 29.1 | 7.1 | 2520 | — | — | 29.7 | 7.7 | 2781 | — | — | 0.6 | 0.6 | 261 | — | — | 2.1% | 8.5% | 10.4% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 雲林科技工業區外圍河川S_D02 | 31.0 | 7.7 | 2400 | — | — | 32.0 | 7.5 | 2474 | — | — | 1.0 | -0.2 | 74 | — | — | 3.2% | -2.6% | 3.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 中科虎尾園區外圍河川R_1 | 33.8 | 7.3 | 664 | — | — | 32.7 | 7.7 | 711 | — | — | -1.1 | 0.4 | 47 | — | — | -3.3% | 5.5% | 7.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | fail | pass | pass | — | — | 67% |
| 中科虎尾園區外圍河川R_2 | 35.3 | 7.9 | 963 | — | — | 36.2 | 7.9 | 890 | — | — | 0.9 | 0.0 | -73 | — | — | 2.5% | 0.0% | -7.6% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 中科虎尾園區外圍河川R_3 | 29.7 | 8.4 | 326 | — | — | 30.6 | 8.2 | 427 | — | — | 0.9 | -0.2 | 101 | — | — | 3.0% | -2.4% | 31.0% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 中科虎尾園區放流口S_D01 | 21.4 | 7.0 | 3470 | — | — | 21.8 | 8.3 | 3501 | — | — | 0.4 | 1.3 | 31 | — | — | 1.9% | 18.6% | 0.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 中科虎尾園區放流口S_1 | 32.2 | 7.6 | 2800 | — | — | 31.2 | 7.9 | 2881 | — | — | -1.0 | 0.3 | 81 | — | — | -3.1% | 3.9% | 2.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹圍子段灌區F_1 | 29.8 | 7.8 | 207 | — | — | 30.8 | 8.3 | 151 | — | — | 1.0 | 0.5 | -56 | — | — | 3.4% | 6.4% | -27.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | fail | — | — | 67% |
| 竹圍子段灌區F_2 | 34.1 | 7.1 | 407 | — | — | 33.7 | 8.0 | 436 | — | — | -0.4 | 0.9 | 29 | — | — | -1.2% | 12.7% | 7.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹圍子段灌區F_3 | 34.8 | 8.1 | 466 | — | — | 34.2 | 8.0 | 470 | — | — | -0.6 | -0.1 | 4 | — | — | -1.7% | -1.2% | 0.9% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹圍子段灌區F_4 | 31.2 | 7.1 | 4710 | — | — | 31.7 | 7.4 | 4415 | — | — | 0.5 | 0.3 | -295 | — | — | 1.6% | 4.2% | -6.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹圍子段灌區F_5 | 34.2 | 7.4 | 4120 | — | — | 34.4 | 12.0 | 3870 | — | — | 0.2 | 4.6 | -250 | — | — | 0.6% | 62.2% | -6.1% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | fail | pass | — | — | 67% |
| 竹圍子段灌區F_6 | 32.5 | 7.2 | 5600 | — | — | 31.8 | 8.2 | 5469 | — | — | -0.7 | 1.0 | -131 | — | — | -2.2% | 13.9% | -2.3% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹圍子段灌區F_7 | 32.8 | 8.0 | 445 | — | — | 33.8 | 7.9 | 428 | — | — | 1.0 | -0.1 | -17 | — | — | 3.0% | -1.3% | -3.8% | — | — | ±1 | ±1 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 竹圍子段灌區F_8 | 29.2 | 7.5 | 265 | — | — | 29.6 | 8.1 | 257 | — | — | 0.4 | 0.6 | -8 | — | — | 1.4% | 8.0% | -3.0% | — | — | ±1 | ±1 | | | | | | | | | |

第四章、水科技物聯網應用平台

延續自 106、107 年建立之水科技物聯網應用平台，今（108）年將擴增平台功能及持續維運，調整大方向為：（一）水質環境管理架構系統化；（二）數據異常追蹤自動化。（三）水質異常事件管理標準化。本節將說明因應水質監測數據加值分析需求，建議建立之水質物聯網監控之環境管理架構，如圖 4.1。定義數據串流後之數據前處理及拋轉方式，再透過數據異常判別模組，以設備異常及水質異常管理系統，自動化追蹤數據異常情形，最後，連結跨域資訊，建立後端數據加值分析及應用模式，針對水質異常事件，提供決策人員專案報表及分析功能，並將異常預警、污染溯源、熱區分析等功能標準化，結合決策應變實現環境即時監控及管理。

今（108）年以去（107）年布建之 100 組水質感測器傳輸數據為基礎，應用上述環境管理架構及數據異常追蹤管理平台，分析篩選至少 30 件水質異常事件，從感測數據異常預警、自動通報、數據分析、源頭追蹤、熱區分析、可疑污染源資訊彙整，結合相關數據及資料庫，提供研析資料輔助稽查執法應用。前述水質異常事件將透過前 5 個事件案例發展成標準程序及作業模式，並依現場需要協助必要的執法技術及儀器支援。此外，將協助推動署內與地方政府合作辦理水質物聯網布建發展及執法應用工作，並協助計畫相關管考工作，以擴大計畫推動效益。

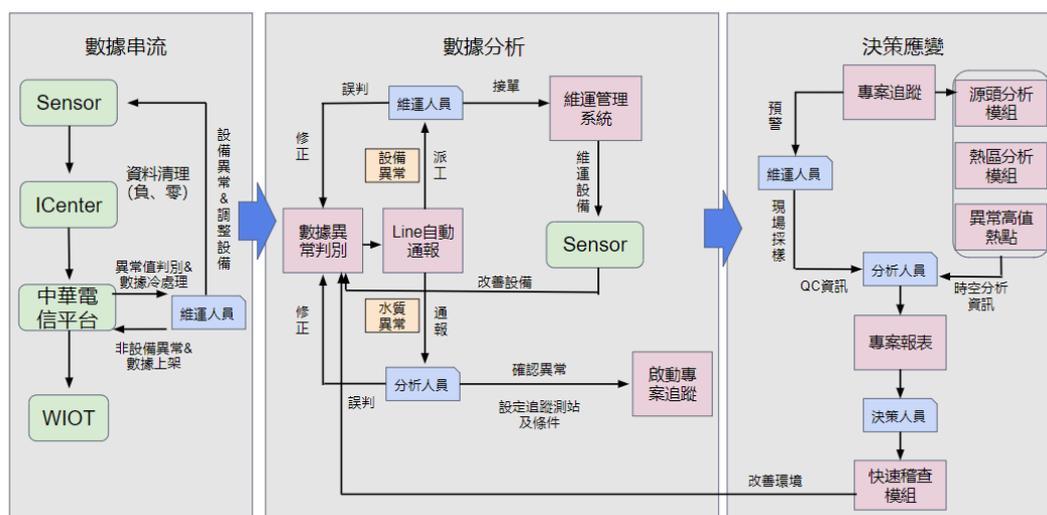


圖 4.1 水科技物聯網環境管理架構

4.1 建立水質物聯網維運管理系統

一、水質環境管理架構系統化

本節說明水質感測物聯網布建及維運完整管理服務解決方案的自動化管理資訊系統，整體設計考量現場布建維運實際需求，針對水質物聯網應用情境規劃，提供現場作業人員以行動裝置操作使用，符合自動化、行動化及數位化布建安裝、巡檢維運、品管查核管理及資訊分析應用等一貫化資訊數位作業，深度加值環保署國產化感測器研發成果。

本年度提升數據資料傳輸紀錄速度及穩定性，除了獨立設置一水質感測資料庫中心專用伺服器，並且持續維運水科技物聯網應用平台，精進感測器紀錄履歷管理模組、感測器巡檢及維護管理模組、感測器數據品質查核管理模組、感測器狀態異常及檢修管理模組、系統運作儀表及資訊顯示管理模組等 5 大功能模組功能，達到以實現自動化、行動化及數位化巡檢維運及資訊分析應用等一貫化資訊數位作業。

(一) 感測器紀錄履歷管理模組

現場巡檢維修人員執行品管校正及維修作業後，可將機台編號、巡檢維護時間、異常狀態、異常原因、排除異常項目、感測器維運後狀態及現場照片等資訊上傳至感測器記錄履歷管理模組（圖 4.2）。

圖 4.2 感測器記錄履歷管理表單

(二) 感測器巡檢及維護管理模組

本模組依據水質感測器布建點位、各感測器記錄資訊及異常警示資訊，定期自動通報並派工巡檢維修人員，追蹤回報巡檢維修人員完成狀態，提供巡檢維修人員快速品管校正及維修以確保感測器功能正常，除此，系統亦會透過 LINE 機器人每日上午 6 點發布前一

日各機台布建維運日報（圖 4.3），內容包含：

1. 各測站完整率
2. 各區設備異常預警前 5 大
3. 各設備異常預警時間與預警規則內容
4. 每日設備/水質異常預警原因列表，Line 提醒管理員前往察看數據，並且可勾選為誤判/維運，作為後續維運派工與預警滾定修正依據（圖 4.4）。



圖 4.3 感測器巡檢及維護管理模組-1

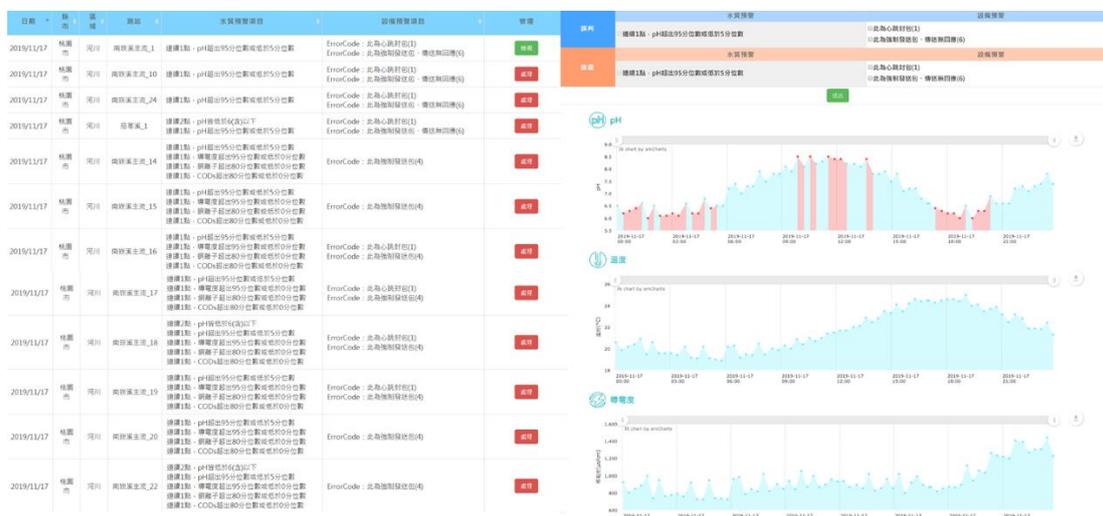


圖 4.4 感測器巡檢及維護管理模組-2

(三) 感測器數據品質查核管理模組

本年度將新建感測器數據品質查核管理模組，提供本計畫於運轉維護期間內現場採樣檢測查核結果，以 Google 雲端 Excle 表單透過 HTML iframe 技術呈現到平台上，介面包含比對檢測分析時間、檢測項目、檢驗機構查核現場水質數據、現在布建機台數據、差值比對、數據品質滿意度允收判定、總數據品質等資訊（圖 4.5）。

| 水質感測設備 | 採樣時間 | 檢驗測定機構標準值 | | | | | 工業技術研究院標準值 | | | | | 差值 | | | | |
|--------------|--------|-----------|-----|---------------|--------------|------------|------------|-----|---------------|--------------|------------|---------|------|---------------|--------------|------------|
| | | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 總磷度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 總磷度 (mg/l) | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 總磷度 (mg/l) |
| 第1台 (偵配版) | 校正後0小時 | 25.6 | 6.0 | 1420 | 141 | 1.11 | 26.1 | 5.9 | 1548 | 138 | 1.0 | 0.5 | -0.1 | 128 | -3 | -0.11 |
| | 校正後2小時 | 24.6 | 6.0 | 1410 | 141 | 0.985 | 24.9 | 6.1 | 1551 | 138 | 0.9 | 0.3 | 0.1 | 141 | -3 | -0.085 |
| | 校正後4小時 | 24.4 | 6.0 | 1410 | 148 | 1.00 | 25.1 | 6.5 | 1561 | 138 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 151 | -10 | 0.00 |
| 第2台 (偵配版) | 校正後0小時 | 25.5 | 6.0 | 1400 | 144 | 1.02 | 25.3 | 6.3 | 1470 | 153 | 0.9 | -0.2 | 0.3 | 70 | 9 | -0.12 |
| | 校正後2小時 | 24.6 | 6.0 | 1410 | 148 | 0.968 | 24.8 | 6.4 | 1551 | 155 | 0.9 | 0.2 | 0.4 | 141 | 7 | -0.07 |
| | 校正後4小時 | 24.9 | 6.0 | 1400 | 146 | 0.946 | 25.1 | 6.6 | 1569 | 155 | 1.0 | 0.2 | 0.6 | 169 | 9 | 0.05 |
| 第3台 (基配版) | 校正後0小時 | 25.9 | 6.0 | 1400 | — | — | 24.9 | 5.9 | 1375 | — | — | -1.0 | -0.1 | -25 | — | — |
| | 校正後2小時 | 24.5 | 6.0 | 1410 | — | — | 24.1 | 6.1 | 1381 | — | — | -0.4 | 0.1 | -29 | — | — |
| | 校正後4小時 | 24.8 | 6.0 | 1410 | — | — | 24.7 | 6.1 | 1354 | — | — | -0.1 | 0.1 | -56 | — | — |
| 第4台 (基配版) | 校正後0小時 | 25.5 | 6.0 | 1400 | — | — | 24.9 | 5.8 | 1442 | — | — | -0.6 | -0.2 | 42 | — | — |
| | 校正後2小時 | 24.5 | 6.0 | 1410 | — | — | 25.0 | 5.9 | 1424 | — | — | 0.5 | -0.1 | 14 | — | — |
| | 校正後4小時 | 24.8 | 6.0 | 1410 | — | — | 25.1 | 5.9 | 1452 | — | — | 0.3 | -0.1 | 42 | — | — |
| 第5台 (基配版) | 校正後0小時 | 25.6 | 6.0 | 1400 | — | — | 24.9 | 6.1 | 1470 | — | — | -0.7 | 0.1 | 70 | — | — |
| | 校正後2小時 | 24.5 | 6.0 | 1410 | — | — | 24.3 | 6.1 | 1536 | — | — | -0.2 | 0.1 | 126 | — | — |
| | 校正後4小時 | 24.8 | 6.0 | 1410 | — | — | 24.5 | 6.3 | 1579 | — | — | -0.3 | 0.3 | 169 | — | — |

| 水質感測設備 | 採樣時間 | 相對差值 | | | | | (標準)允差 | | | | | 數據品質滿意度判定 | | | | | |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|------|---------------|--------------|------------|-----------|------|------|-------|------|------|
| | | 水溫 | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 總磷度 | 水溫 (°C) | pH值 | 導電度 (µmho/cm) | 化學需氧量 (mg/l) | 總磷度 (mg/l) | 水溫 | pH值 | 導電度 | 化學需氧量 | 總磷度 | 合計 |
| 第1台 (偵配版) | 校正後0小時 | 2.0% | -1.7% | 9.0% | -2.1% | -9.9% | ±1 | ±0.5 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| | 校正後2小時 | 1.2% | 1.7% | 10.0% | -2.1% | -8.6% | ±1 | ±0.5 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| | 校正後4小時 | 2.9% | 8.3% | 10.7% | -6.8% | 0.0% | ±1 | ±0.5 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| 第2台 (偵配版) | 校正後0小時 | -0.8% | 5.0% | 5.0% | 6.3% | -11.8% | ±1 | ±0.5 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| | 校正後2小時 | 0.8% | 6.7% | 10.0% | 4.7% | -7.0% | ±1 | ±0.5 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | pass | pass | pass | pass | 100% |
| | 校正後4小時 | 0.8% | 10.0% | 12.1% | 6.2% | 5.7% | ±1 | ±0.5 | ±15% | ±30% | ±50% | pass | fail | pass | pass | pass | 80% |
| 第3台 (基配版) | 校正後0小時 | -3.9% | -1.7% | -1.8% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| | 校正後2小時 | -1.6% | 1.7% | -2.1% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| | 校正後4小時 | -0.4% | 1.7% | -4.0% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 第4台 (基配版) | 校正後0小時 | -2.4% | -3.3% | 3.0% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| | 校正後2小時 | 2.0% | -1.7% | 1.0% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| | 校正後4小時 | 1.2% | -1.7% | 3.0% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| 第5台 (基配版) | 校正後0小時 | -2.7% | 1.7% | 5.0% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| | 校正後2小時 | -0.8% | 1.7% | 8.9% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |
| | 校正後4小時 | -1.2% | 5.0% | 12.0% | — | — | ±1 | ±0.5 | ±15% | — | — | pass | pass | pass | — | — | 100% |

圖 4.5 感測器數據品質查核管理模組

(四) 感測器狀態異常及檢修管理模組

本模組將依據狀態異常偵測設定規則，提供感測器檢修管理通知與異常次數總覽圖 4.6，可依瀏覽需求從表頭三角型按鈕排序不同感測站與預警項目。

感測器狀態異常可分為三種情形：(1) 損壞。通常為無感測值回傳、感測值持續無變化或不正常跳動及其他系統狀態顯示異常。(2) 異常。感測器出現間斷性不正常跳動、感測值超出合理範圍。(3) 有疑慮。感測值持續高於周邊其他感測器、感測值在某時段固定有上升下降趨勢。後續可配合感測資料分析決策應用系統設計之預警物聯網應用模組，共同判斷感測器狀態異常情形。

| 縣市 | 區域 | 測站 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|-----|----|----------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 | 19 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 17 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_24 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 19 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 茄苳溪_1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 17 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 18 | 55 | 144 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 18 | 62 | 144 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 21 | 57 | 144 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67 | 18 | 58 | 144 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67 | 19 | 64 | 144 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 | 19 | 56 | 144 | 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 19 | 60 | 144 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 南坎溪主流_22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 20 | 61 | 144 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 桃園市 | 河川 | 東門溪_1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | 16 | 57 | 144 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

圖 4.6 感測器狀態異常及檢修管理模組

(五) 系統運作儀表及資訊顯示管理模組

本模組將感測器控制及資料處理分析貯存模組回傳系統運作資訊顯現於平台，並設計各參數預警規則於異常時通報檢修人員。包括偵測及監控感測器整體作業狀態參數功能，以利物聯網系統應具備蒐集分析系統內各感測器作業情形，控制模組用以即時監控感測器作業環境，包括機箱內溫度、電流、電壓、溼度等參數、測站水系圖、區域性水質中位數/平均數/最大值/最小值，歷史數據水質/設備預警狀況與 Error Code 訊息提供維運人員即時了解系統運作情形（圖 4.7）。

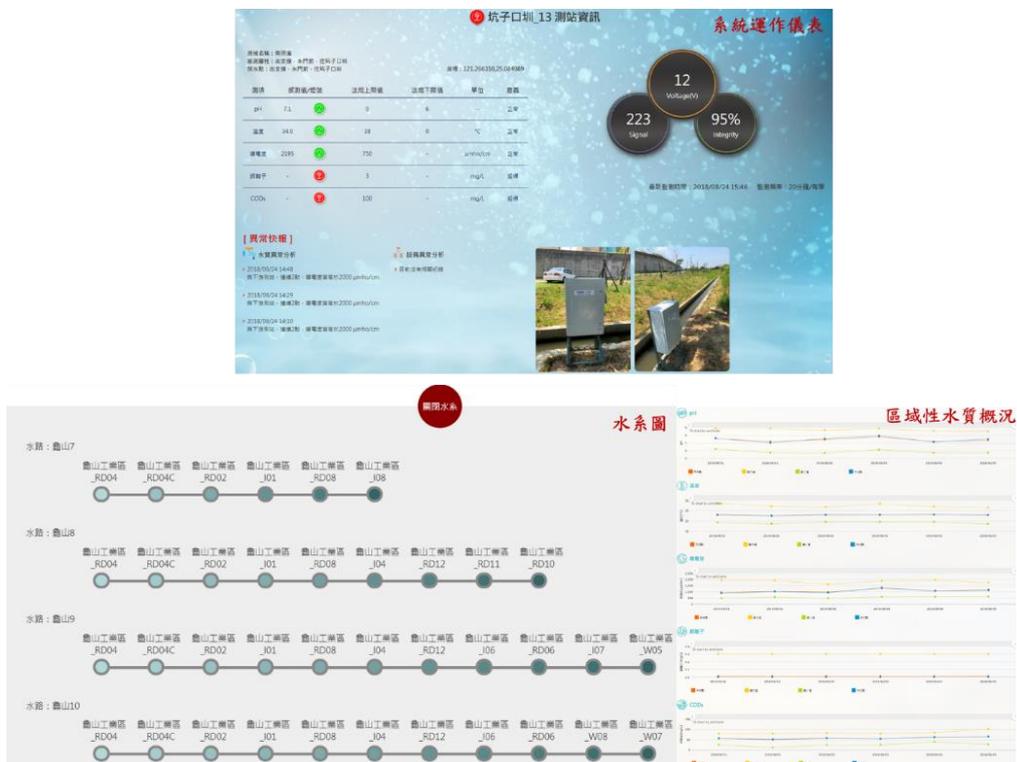


圖 4.7 系統運作儀表及資訊顯示管理模組

二、數據異常追蹤自動化

水質物聯網維運管理系統將以使用者為中心及資訊系統敏捷性專案管理開發方式做為改善目標，於 10 月完成，目前透過人工方式已完成 12 件污染事件追蹤，整理如下文所述。

(一) 水質專案管理追蹤系統

水質專案管理追蹤系統透過水質環境管理自動化模組，建立以下標準流程（圖 4.8）：

1. 自動化將異常頻率高點測站資訊建立追蹤案件，並利用 LINE 通知監控中心人員
2. 專案管理系統內容包含該測站設備／水質預警高頻資料、水質數據趨勢圖、上下游某一測項水質比對圖、同測站跨感測項比對圖、與該測站有關之水系資料、建立高度關注測站與測項條件
3. 透過源頭追蹤分析模組與其他環境資料庫系統比對
4. 透過 LINE 推播方式提供污染每日污染起訖時間與出現頻率等資訊內容
5. 依現場需要協助必要的執法技術及儀器支援，尋求縣市環保局討論或現場啟動稽查專案
6. 最終透過前 5 個事件案例發展成標準程序及作業模式

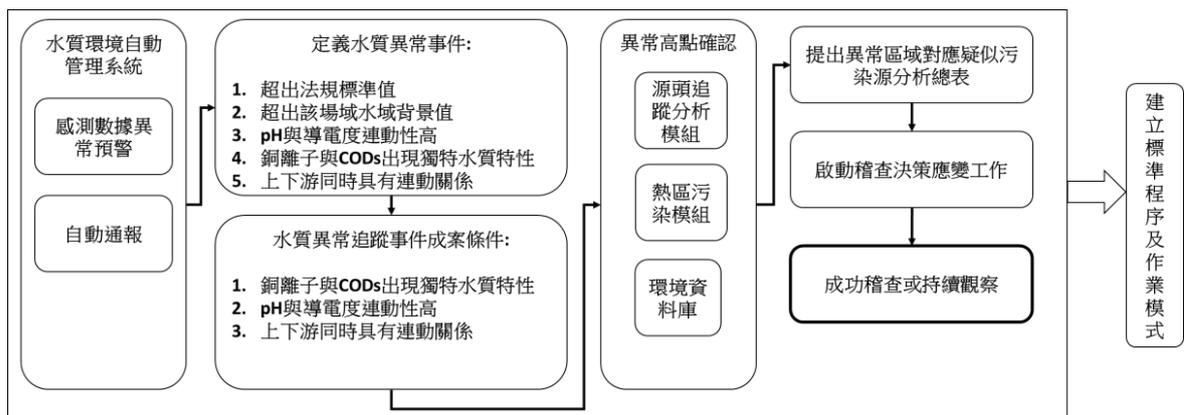


圖 4.8 水質專案管理追蹤系統

(二) 水質污染事件分析結果

透過布建之水質感測器傳輸數據為基礎，本節應用水質專案管理追蹤系統，從感測數據異常預警、數據分析、源頭追蹤、可疑污染源資訊，結合相關數據及資料庫，彙整事件案例研析資料作為參考。

1. 資料分析流程

資料統計分析步驟分成 4 大步驟：

- (1) 數據完整率分析：統計每台機器的每日完整率，確認資料具代表性，測站數據完整率至少達 80% 以上
- (2) 數據品質分析：將場域依照不同水質特性分類，如農田區、河川區、工業區等型態，確認數據品質良好且設備穩定
- (3) 水質時空異常分析：承(2)，若數據品質高，將可進行水質時空異常分析，了解其跨測項與跨上下游測站之間的數值變化情形，若異常達 1 週即可列為污染追蹤事件。
- (4) 執法應用建議：提供造成數據異常之可疑工廠，以及高污染風險稽查時段建議

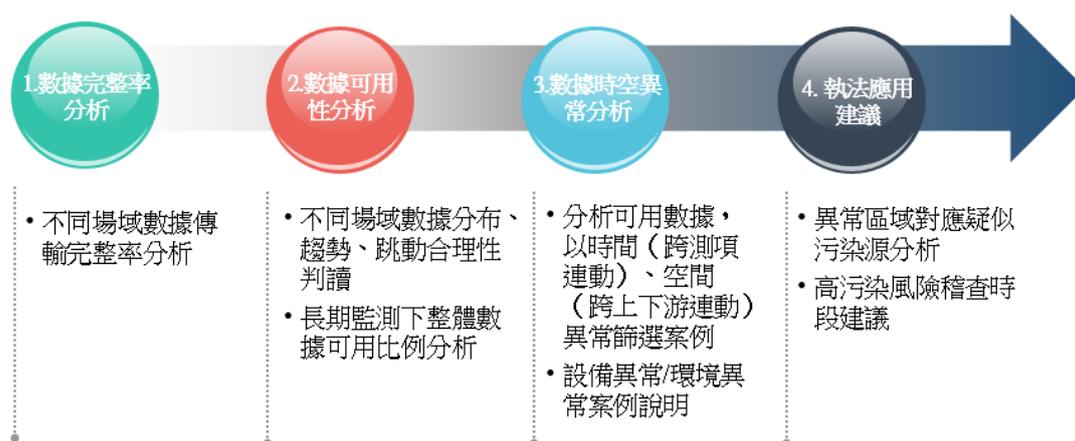


圖 4.9 水質污染資料分析流程

4.1.1 水質污染異常事件案例

今年分析 150 台感測器結果，共篩選出 31 件水質污染異常事件案例（表 4.1~表 4.2），其中 7 件為高關注案例、24 件為低關注案例（詳如附件四、31 件異常事件案例清單），又事件案例分成高關注與低關注其定義如下：

- 一、高關注案例：以有固定污染排放時間且可疑污染源相當明確之標的。
- 二、低關注案例：污染排放時間尚未有一定的週期，且疑似污染源範圍尚未限縮之標的。

水質污染異常事件判定於數據完整率與數據品質都在合理範圍下，以空間與時間異常分析方法，鎖定有異常水質數據變化感測點，比對其上游同時間水質數據，藉此確認污染源的可能排入點；並透過時間異常分析方法，觀察水質感測數據是否在不同時間下出現高/低峰值週期性變化，以及各感測值彼此連動關係。

表 4.1 7 件高關注案例清單

| 關注度 | 事件編號 | 縣市 | 區域 | 測站名稱及點位 | 水質異常項目 | 疑似污染源 | 異常期間及時間 | 近期追蹤結果 (11月) | 建議後續作為 |
|-----|------|-----|-------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--|----------------|----------------|
| 高 | 01 | 新竹市 | 香山工業區 | I_4 (24.79627, 120.93577) | pH 固定時段出現高值 | 華俊機械模具有限公司 | 8/27~9/1 16:00~20:00 10/7~10/28 12:00~20:00 | 持續異常 | 採水樣比對/增設/移機 |
| 高 | 02 | 新竹市 | 香山工業區 | I_3 (24.79431, 120.93094) | pH單一時段下降; EC上升 | 新鶴、隆和、機達、申章 | 8/20 12:00~17:00 10/7~10/14 | 持續異常，然無固定時段 | 已與EPB測站確認異常，追蹤 |
| 高 | 03 | 新竹市 | 香山工業區 | I_1 (24.78903, 120.93065) | pH易出現低值 | 待確認 | 10/11~10/13 14:00~17:00 10/21~10/28 14:00~22:00 | 持續異常 | 採水樣 |
| 高 | 04 | 新竹市 | 香山工業區 | I_7 (24.7960582, 120.9306667) | pH出現低值 | 監測牛埔溪支線末端，I6-I7間工廠 | 10/7~10/28 無特定時段 | 持續異常 | 採水樣 |
| 高 | 05 | 桃園市 | 南崁溪工廠 | I_4 (24.95676, 121.31196) | CODs (超標範圍: 100~200 mg/L) | 千邑企業股份有限公司二廠 | 5/6~6/5 16:00~20:00 | 長時間持續異常，然無固定時段 | 採水樣比對，可派員稽查 |
| 高 | 06 | 桃園市 | 南崁溪工廠 | I_5 (24.971801, 121.321577) | Cu ⁺² (超標範圍: 3~3.5 mg/L) | 宏企工業股份有限公司(歇業中) | 5/6~6/5 13:00~19:00 | 長時間持續異常，然無固定時段 | 採水樣比對，可派員稽查 |
| 高 | 07 | 桃園市 | 南崁溪工廠 | I_8 (25.05994, 121.28641) | EC經常高於3,000 us/cm以上高值 | 敬鵬工業股份有限公司(第二廠) | 經常性長時間高值 | 長時間持續異常，然無固定時段 | 持續追蹤 |

表 4.2 24 件低關注案例清單

| 關注度 | 事件編號 | 縣市 | 區域 | 測站名稱及點位 | 水質異常項目 | 疑似污染源 | 異常期間及時間 | 近期追蹤結果 (11月) | 建議後續作為 |
|-----|------|-----|-------|---|--------------------------|------------|--|---------------|---------|
| 低 | 01 | 新竹縣 | 湖口工業區 | I_RD02 (24.8708621, 120.9982011) | pH 單一時段出現超過9的高值訊號 | — (工廠多) | 9/14 15:00~16:00 10/12 14:00 10/31~11/1 11/08~0917:00~19:00 | pH與EC仍出現連動高值 | 持續追蹤 |
| 低 | 02 | 新竹市 | 香山工業區 | I_1 (24.78903, 120.93065) | pH, EC, T 固定時段出現高值 | 待確認 | 8/27~9/2 10:00~13:00 9/22~9/27 10:00~13:00 | 無異常 | 持續追蹤 |
| 低 | 03 | 新竹市 | 竹科園區 | I_D01 (24.79167, 120.96377) | pH固定時段出現低值 | 竹科園區污水處理廠 | 8/15~8/17 20:00後 8/26~9/2 20:00後 | 無異常 | 已比對CWMS |
| 低 | 04 | 新竹市 | 竹科園區 | I_RD01 (24.780613, 121.01285) | pH固定時段出現低值 | 竹科園區 | 9/30~10/03 19:00~21:00, 03:00~05:00 10/14 06:00~07:00 | 無異常 | 採水樣比對 |
| 低 | 05 | 雲林縣 | 斗六工業區 | S_1 (23.708713, 120.5959077) | pH, EC, T 固定時段出現高值 | 富喬工業股份有限公司 | 10/01~10/03 10:00~14:00 10/7~10/9 10/21~10/28 10:00~12:00 | 持續異常 | 採水樣比對 |
| 低 | 06 | 桃園市 | 龜山工業區 | I_03、RD_14 (24.981783, 121.329983)、 (24.983477, 121.329103) | I_03與RD_14導電度有連動關係 | 欣興電子山麓一廠 | 2018/12 16:00~24:00 | 設備異常，數據暫無分析效益 | 持續追蹤 |
| 低 | 07 | 桃園市 | 龜山工業區 | RD_13 (121.321613, 24.986147) | 導電度經常超過2,000 mS/cm以上 | 三洋紡織纖維 | 2018/12 09:00~12:00 | 持續異常，然無固定時段 | 採水樣比對 |
| 低 | 08 | 桃園市 | 龜山工業區 | I_01 (24.984103, 121.323296) | CODs (超標範圍：100~180 mg/L) | 群浚科技 | 5/6~6/3 10:00~16:00 | 持續異常，然無固定時段 | 採水樣比對 |

| 關注度 | 事件編號 | 縣市 | 區域 | 測站名稱及點位 | 水質異常項目 | 疑似污染源 | 異常期間及時間 | 近期追蹤結果 (11月) | 建議後續作為 |
|-----|------|-----|-------|-------------------------------------|--------------------------|------------|---|-----------------------|--------------|
| 低 | 09 | 桃園市 | 龜山工業區 | I_04 (24.983465, 121.323775) | CODs (超標範圍：100~170 mg/L) | 日翔軟板科技 | 5/6~6/3 14:00~17:00 | 相較上週，暫無出現超過100 mg/L高值 | 採水樣比對 |
| 低 | 10 | 桃園市 | 龜山工業區 | I_07 (24.979936, 121.327858) | CODs (超標範圍：100~150 mg/L) | 高技企業 | 5/16~5/22 | 設備異常，數據暫無分析效益 | 持續追蹤 |
| 低 | 11 | 桃園市 | 龜山工業區 | I_09 (121.32915, 24.983523) | CODs (超標範圍：100~190 mg/L) | 邑昇實業 | 5/1~5/15 11:00~15:00 | 長時間持續異常，然無固定時段 | 採水樣比對 |
| 低 | 12 | 桃園市 | 南崁溪工廠 | I_10 (25.063629, 121.2768035) | pH連續出現9以上高值 | 石鑄砂石廠 | 10/4~ 10/7-10/8 16:00~23:00 10/28~11/11 14:00~15:00 | 出現3次超過法規標準值異常事件 | 已比對採樣，將通知環保局 |
| 低 | 13 | 新竹市 | 香山工業區 | I_4 (24.79627, 120.93577) | EC單一時段出現高值 | 華俊機械模具有限公司 | 10/23 04:00 ~ 05:00 | 新事件 | 採水樣比對/增設/移機 |
| 低 | 14 | 雲林縣 | 斗六工業區 | R_1 (23.7283866, 120.590339) | pH特定期段上升 | 斗六工業區RD排水 | 10/18~10/25 01:00 ~ 12:00 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 15 | 雲林縣 | 斗六工業區 | R_5 (23.7235007, 120.5894737) | pH, EC分別異常上升 | 斗六工業區RD排水 | pH : 10/18~10/25 15:00 ~ 20:00 EC : 10/24 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 16 | 新竹縣 | 湖口工業區 | I_RD01 (24.8687864, 121.0214072) | EC固定時間出現900 us/cm以上高值 | 上游住宅及工廠 | 10/14~27 9:00 ~ 14:00 11/01~11 12:00~14:00 | 相較前兩週，仍為固定時間出現高值訊號 | 採水樣 |

| 關注度 | 事件編號 | 縣市 | 區域 | 測站名稱及點位 | 水質異常項目 | 疑似污染源 | 異常期間及時間 | 近期追蹤結果 (11月) | 建議後續作為 |
|-----|------|-----|--------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--|--------------|--------|
| 低 | 17 | 新竹縣 | 湖口工業區 | I_1 (24.8630143, 121.0140784) | pH (超標範圍：5~6 mg/L) | 住宅及工廠 | 10/28~11/11 10:00~13:00、 17:00~18:00 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 18 | 新竹縣 | 湖口工業區 | I_02 (24.8658871, 121.0054092) | pH (超標範圍：5~6 mg/L) | 住宅及工廠 | 10/28~11/11 5:00~9:00 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 19 | 新竹市 | 香山工業區 | I_3 (24.79431, 120.93094) | EC高值 | 新鶴、隆和、機達、申章 | 11/12~11/19 12:00~22:00 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 20 | 新竹市 | 香山工業區 | I_7 (24.7960582, 120.9306667) | pH高值 | 監測牛埔溪支線末端，I6-I7間工廠 | 11/12~11/19 無特定期段 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 21 | 雲林縣 | 斗六工業區 | R_1 (23.7283866, 120.590339) | pH高值 | 斗六工業區RD排水 | 11/11~11/19 8:00~14:00 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 22 | 雲林縣 | 斗六工業區 | R_5 (23.7235007, 120.5894737) | pH高值 | 斗六工業區RD排水 | 11/12~11/19 10:00~16:00 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 23 | 雲林縣 | 科技工業區 | R_1 (23.710185, 120.5067832) | pH高值 | 雲林科技工業區RD | 11/12~11/19 11:00~14:00 | 新事件 | 持續追蹤 |
| 低 | 24 | 雲林縣 | 竹圍子段灌區 | F_7 (23.7137932, 120.4296174) | pH高值 | 嘉南大圳上游水質 | 11/12~11/19 無特定期段 | 新事件 | 持續追蹤 |

4.1.2 環境執法應用標準程序

一、環境執法應用標準程序

以水質布建轄區為範圍，針對轄區內之污染徵兆事件，經解析後以八階段進行管理，包含限縮污染可疑範圍、污染異常事件提供、整合異質資料勾稽可疑對象、鎖定可疑目標、深入分析污染事件特徵、確認不法事件行為模式、進行現場稽查、建立智慧執法成功案例等。依據各階段管理程序說明如下，流程圖如圖 4.10 所示。

(一) 限縮污染可疑範圍

由水科技物聯網應用平台(WIOT)於每月第一週彙整完成前一個月各縣市感測數據高污染事件區域排序，並標定高污染事件區域點位與污染發生時間。

水科技物聯網應用平台(WIOT)輔助智慧稽查有兩種主要情境：週期性污染與突發性污染。

1. 週期性污染：

- (1) 使用 WIOT 平台監控感測器變化，可從儀表板發現特定時段出現持續性高值的現象，懷疑是特定工廠於特定時段排放。
- (2) 進一步使用 WIOT 平台熱區分析功能，抓出污染高值的重點區域。
- (3) 從潛勢區域再去空間搜尋周邊可疑工廠，列出可疑工廠名單。

2. 突發性污染：

- (1) WIOT 平台 24 小時 365 天持續監控工業區的感測器濃度變化，當出現數值高濃度群聚現象時，系統將即時發送 Line 告警通知，提醒第一線的稽查人員。
- (2) 稽查人員可從 Line 通知，點擊連結查看此事件污染動態影片。
- (3) 從變化趨勢觀察，藉此鎖定可疑的污染發生地點。

(二) 污染異常事件提供

由計畫管理團隊(PMO)於每月第二週提送各縣市前一月污染熱

區及污染時間分析報告，再由環保署監資處函文水保處、督察總隊及縣市環保局，各環保單位依據事件特性進行資訊確認與事件分案。

(三) 整合異質資料勾稽可疑對象

於每月第三週由環保署監資處函文水保處、督察總隊及各縣市環保局依據分案事件進行資料勾稽，依據污染熱區及污染時段勾稽熱區範圍內列管工廠、裁罰紀錄及其他異質資料。並由水科技物聯網應用平台(WIOT)提供高污染事件記錄資料及分析資料，以利勾稽可疑事業單位。

(四) 鎖定可疑目標

於每月底前由環保署水保處、督察總隊及各縣市環保局依據分案事件鎖定高可疑目標工廠，標定周邊關注感測點，由計畫管理團隊(PMO) 協助提供稽查單位調度機動感測器加強高可疑工廠周邊布點，並持續由，協助提供協助提供高可疑工廠周邊感測點數據紀錄及分析成果，據以鎖定可疑目標工廠。

(五) 深入分析污染事件特徵

持續由計畫管理團隊(PMO) 協助提供稽查單位調度機動感測器加強高可疑工廠周邊布點，由水科技物聯網應用平台(WIOT)提供高可疑工廠周邊感測點數據紀錄及分析成果，於下個月第一週持續鎖定可疑目標工廠，並解析不法排放之行為特徵。

(六) 確認不法事件行為模式

於下個月第二週前由環保署水保處、督察總隊及各縣市環保局依據分案事件確認高可疑工廠污染行為及排放時間，並依據不法事件行為模式及事件規模，會合檢、警、調偕同辦案，進行現場稽查布局。由水科技物聯網應用平台(WIOT)協助持續提供高鎖定高可疑目標工廠，並由計畫管理團隊(PMO) 持續協助提供高可疑工廠污染行為及排放時間。

(七) 進行現場稽查作業

於下個月第三週前由環保署水保處、督察總隊及各縣市環保局

依據分案事件啟動現場稽查作業，偕同檢、警、調辦案，透過科學採樣舉證，執法裁處不法排放工廠。並由計畫管理團隊(PMO)持續追蹤與協助各環保執法單位稽查成果，達成智慧執法之目標。

(八) 建立智慧執法成功案例

於下個月月底前由計畫管理團隊(PMO)彙整各單位稽查成果與智慧執法成功案例，並研擬精進方案，由水科技物聯網應用平台(WIOT)協助建立現場稽查成功案例之感測點數據紀錄資料，並回饋智慧判讀之機制，以利建立機器學習案例，最後由環保署監資處紀錄與回饋各環境執法單位稽查成果與成功案例，據與強化智慧執法之環境治理能量。

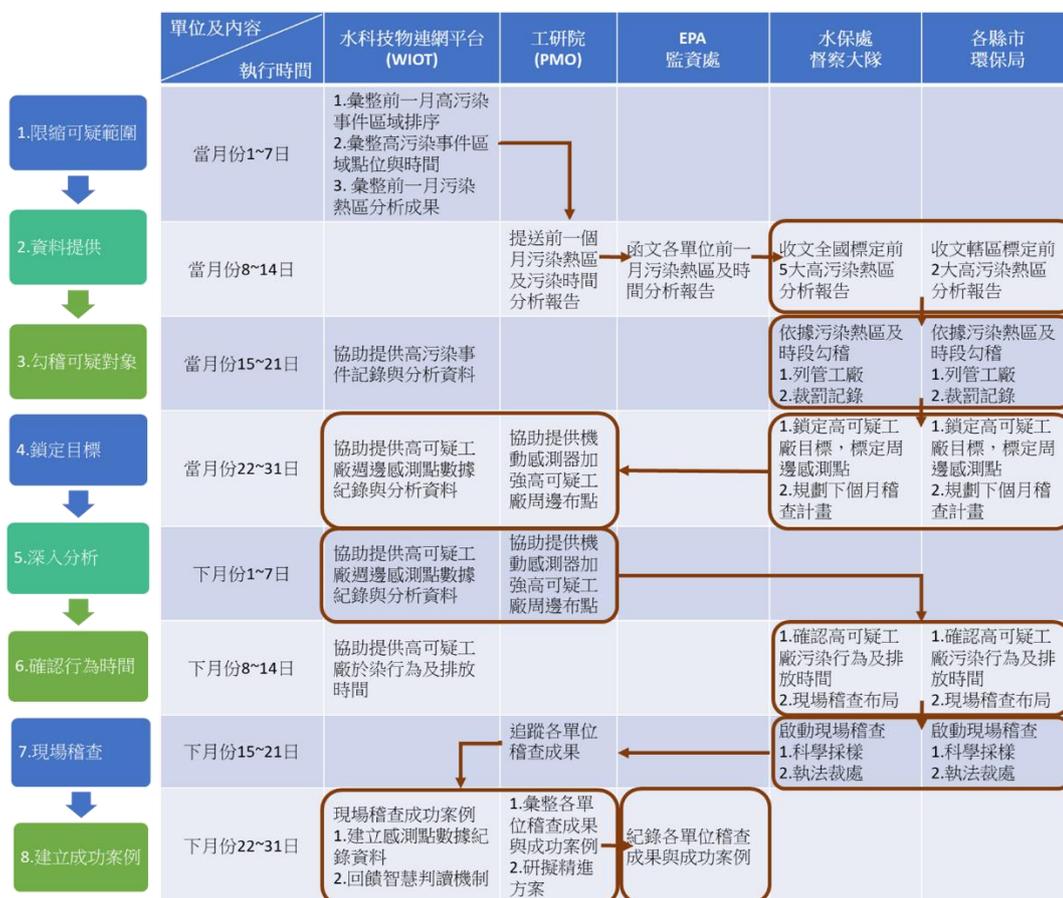


圖 4.10 環境執法應用標準程序圖

二、環境執法應用案例

透過 31 件水質污染異常現事件案例，本計畫已挑選新竹市香山工業區與竹科工業區共 5 案事件作為環境執法應用案例（圖 4.11）。

| 縣市 | 區域 | 測站名稱及點位 | 水質異常項目 | 疑似污染源 | 異常期間及時間 | 近期追蹤結果 (10月) | 建議後續作為 |
|-----|-------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|---|-----------------|------------------------|
| 新竹市 | 香山工業區 | I_4 (24.79627, 120.93577) | pH 固定時段出現 高值 | 華俊機械模具 有限公司 | 8/27~9/1 16:00~20:00 10/7~10/28 12:00~20:00 | 持續異常 | 採水樣比對 /增設/移機 |
| 新竹市 | 香山工業區 | I_3 (24.79431, 120.93094) | pH單一時段下降; EC上升 | 新鶴、隆和、 機達、申章 | 8/20 12:00~17:00 10/7~10/14 | 持續異常，然 無固定時段 | 已與EPB測 站確認異常， 追蹤 |
| 新竹市 | 香山工業區 | I_1 (24.78903, 120.93065) | pH易出現低值 | 迦南 | 10/11~10/13 14:00~17:00 10/21~10/28 14:00~22:00 | 持續異常 | 採水樣 |
| 新竹市 | 香山工業區 | I_7 (24.7960582, 120.9306667) | pH出現低值 | 監測牛埔溪支 線末端， 16~17間工廠 | 10/7~10/28 無特定期段 | 持續異常 | 採水樣 |
| 新竹市 | 竹科園區 | I_RD01 (24.780613, 121.01285) | pH固定時段出現 低值 | 竹科園區 | 9/30~10/03 19:00~21:00, 03:00~05:00 10/14 06:00~07:00 | 持續異常 | 採水樣 |

圖 4.11 環境執法應用案例

以香山工業區某周遭電鍍廠測站為例，於當月第 1 週透過水科技物連網平台(WIOT)彙整高污染事件區域點位與時間，次週提送相關污染報告予 EPA 監資處與新竹市環保局。鎖定目標後，已於 11 月 12 日偕同新竹市環保局啟動現場稽查採樣，同時勾稽工廠事業廢水現場採樣量測數據與水色水味等水質異常可疑處，本次稽查雖未達違反法規標準值，但後續將持續依據感測數據的收集與分析回饋。

針對區域污染徵兆事件之分析，因環境變異的複雜性，現階段污染徵兆分析僅能限縮污染熱區範圍，針對污染溯源僅能提供可疑範圍，必須再通過異質資料的解析比對，才能聚焦在少數幾個可疑目標工廠，透過累積環境執法的成功案例，協助機器學習系統的成長，逐步強化智慧化環境分析的能力。



圖 4.12 香山工業區某電鍍廠現場稽查圖片

4.2 滾動式修正平台分析模組及污染案例加值分析

今（108）年將續維運 106 年 ~ 107 年建立之水質感測物聯網資訊管理平台，並滾動修正水質感數據於空間上與時間上之預警條件，自動分析推估環境外部污染異常或設備內部儀器異常；新增污染分析模組環境比對資料庫來源，以及依據水質感測數據隨環境或季節之變異調整污染熱區機器學習條件；並持續優化快速稽查模組操作介面。

一、水質數據異常追蹤自動化

為使水質或設備狀態能被預先提供正確之警訊資訊，提高維運或是稽查小組正確判斷後續工作調配，本工作透過去年度累積之經驗值及統計分析判讀，並已發展出 24 組預警規則，設定水質與設備異常預警通報規則，以提供相關人員提早做應變，設計原則如下：

（一）經驗法則

依據水質感測器及場域特性，以過去布建測試經驗訂定預警規則，如導電度超過某一偵測上下限。

（二）統計分析

以過去水質感測數據分布情形，設定超過某一偏移範圍後進行預警，並針對同一感測器跨測項及跨上下游感測器連動，訂定預警法則。

（三）人工判讀

由於數據異常種類過多，系統化自動判斷僅能以常見之經驗及統計分析預警，建議人工仍須於後端定期瀏覽監測數據，以初步篩選可能異常情形，如雖在統計範圍區間內，但連續上下不穩定跳動數據。

除此之外，本工作亦會持續透過本年度水質與設備最新狀態，滾動修正異常判讀條件原則為以下二點，以利於所設定之條件足以區分出設備損害異常或水質遭受到污染之異常，透過大資料統計運算方式取代長時間監控之人力與提高判讀之正確性，設定條件也減少複雜的時間空間比對迴圈條件，除了可縮短機器算時間也可強化資料視覺化與可視性（圖 4.13）。

(一) 設備異常

1. pH 連續 3 點無變化
2. 導電度為 0 或超過 10,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上 (偵測極限)

(二) 水質異常

1. 離群值條件 (時間): 導電度連續 3 點超出 80 或低於 20 分位
2. 離群值條件 (空間): 上下游測站溫度同時超出 80 或低於 20 分位
3. 法規限值條件: pH 低於 6 或高於 9

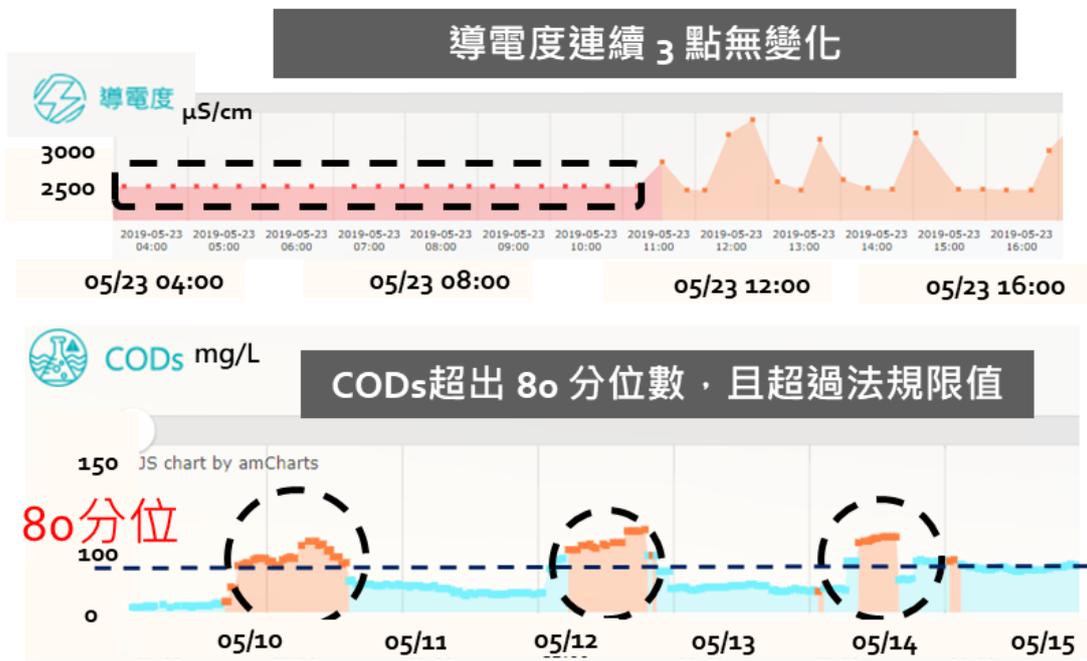


圖 4.13 水質數據異常追蹤自動化

二、疑似污染源頭分析模組

水質物聯網平台設計了一簡易之污染源頭追溯篩選方法，以三個步驟即可完成污染廠場篩選與分析能力，以提升緊急應變能力，協助調派稽查人員抵達正確之污染目標場址。三步驟操作方法如下說明 (圖 4.14)：

(一) 選定測站

於平台選擇要分析的測站 (可複選)，選定後平台顯示與測站有關的流域，使用者可確認是否為欲分析篩選之河段。

(二) 篩選產業別

平台系統會預先顯示步驟 A 所選之測站，其方圓 1 公里之高污

染潛勢的產業別，如印刷電路板業等。使用者透過滑鼠滑過工廠圖示，平台會顯示該工廠的名稱與產業別及地址，若要列入篩選對象，點選後即可加入到分析清單中。

(三) 物料分析與匯出報表

平台系統在此分析階段會顯示步驟 B 所選擇的廠場基本資料與物料申報情形及過去稽查處分之詳細資料；在物料分析功能平台會先預排各場廠前五大使用與排放之物料分析圖。

本報告已完成介接基本資料可分類為場廠運作資料、動靜態監測資料、稽查陳情資料及地理環域資料，如下，以分析不同環境因子條件下，與各污染異常點發生的關聯性，或以場廠資訊交叉比對分析，確認各投入產出因子對於污染異常點的影響性。

(一) 地理空間資訊：農田渠道圖資、河川流系流向圖資、工業區管路圖資等。

(二) 地理環域資訊：列管土壤區域、列管地下水區域、工廠位置、放流口位置。

(三) 場廠運作資訊：廠商所屬行業、機構代碼、生產地址、原料使用量、運作化學物質，列管申報資料。

(四) 稽查陳情資訊：陳情稽查及告發處分資訊。

三、污染熱區分析模組

107 年度已完成此預測模型預測下一時刻（十分鐘後）或三小時候之可能水質濃度變化，然而受限於模型假設與數學特性，其預測時間越長其準確度會越差，若隨季節或氣候變化而預測模型之準確度可能降低，因此，當模型預測準確度持續低於某一個門檻值，則可考慮重新訓練預測模型，本工作驗測過程持續更新預測值，並且透過歷史監測資訊與預測值之比較方能找出較合理之準則，分成輕、中、高三種不同程度之警戒標準（如圖 4.15）。



圖 4.15 污染熱區分析模組

四、快速稽查模組

本工作持續滾動調整加入環境物聯網 IoT 連續之污染監測結果，分析污染物與鄰近廠家污染物質之關係。由監控中心透過大數據分析初高頻率預警之測站與測項，並納入可疑污染物追蹤專案，若可疑汙染事件反覆發生即進入快速稽查模式，由監控中心以「任務派遣模組」發布污染源分析清單，並啟動稽查會議確認是否需啟動稽查行動（圖 4.16）。



圖 4.16 快速稽查模組

已完成地方環保局及本署等使用者進行 5 場次訪談工作，訪談對象為環保署監資處、北督，桃園市與新竹市及雲林縣環保局，並依本署及地方環保局使用意見持續改善，水質物聯網系統訪談機關需求回復單如表 4.3。其中北督與桃園市及雲林市，皆有水質物聯網平台推播污染事件資訊之需求，經署內同意以不定期方式整理有稽查必要之測站或工廠資料以提高稽查派遣效率。

表 4.3 水質物聯網系統訪談機關需求回復單

| 訪談機關 | 訪談時間 | 需求建議 | 修改結果 |
|-------------|-------|---|---|
| 環保署監資處 | 7月31日 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 水系的地理位置建議可以直接在圖台顯示 2. 預警是否有更清楚的表示方式是哪個規則在預警 3. 各縣市布建後平台數據建議各自觀看 4. 歷史熱區的時間軸，建議可以自行選時間區段 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 已使用圖釘方式於圖台定位與關注測站相關的其他測站，且水系之最上游測站使用藍圖釘作為區隔（圖 4.17） 2. 已於預警模組使用 Mouse over 方式顯示該數值所預警的水質/設備條件內容（圖 4.18） 3. 後續將透過帳號區隔縣市別數據，並陸續提供本年度布建縣市環保局承辦單位 4. 已完成歷史熱區時間軸功能 |
| 環保署北區環境督察大隊 | 8月6日 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 源頭分析模組建議可納入水保、事廢工廠資料庫，以確保資料完整性 2. 單位內已有稽查派遣系統，目前無需求 3. 熱區分析建議：1.分離感測項、2.可以選流系、3.排除設備異常數據 4. 特別異常測站建議納入週報通知，減少人為判讀時間 5. 週報是否能同步副知北督 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 已納入水保、事廢工廠資料於分析模組中 2. 後續若有其他需求可再提出需求討論 3. 已完成此功能 4. 將以不定期方式提供可疑污染測站與工廠基本資料作為稽查參考對象 5. 同上回覆 |
| 新竹市政府環境保護局 | 8月8日 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 空間分析功能可考慮加上十字線軸方便對應其他測站上下游關係 2. 香山有兩個點位位置不對，請調整 3. 歷史熱區建議可以加上紅燈測站的周圍工廠有哪些 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 已完成空間分析頁面達到最視化效果 2. 已調整正確 3. 已依歷史熱區建議可加上紅燈測站的周圍工廠 4. 後續若有其他需求可再提出需求討論 |

| 訪談機關 | 訪談時間 | 需求建議 | 修改結果 |
|------------|-------|--|---|
| | | 4. 單位內已有稽查派遣系統，目前無需求 5. 後台的預警統計建議附上預警條件名稱 | 5. 已於預警模組使用 Mouse over 方式顯示該數值所預警的水質/設備條件內容 |
| 雲林縣政府環境保護局 | 8月23日 | 1. 建議自動提供每週數據分析結果 2. E 化派遣功能雲林縣尚未建置，建議先等雲林縣布建監測一段時間後，確定有預警及稽查需求，再提供給稽查科使用 3. E 化派遣的 APP 未來可再討論租用帳號、開發等合作方式，可作為對水質或土壤及地下水採樣的紀錄及管理 | 1. 將以不定期方式提供可疑污染測站與工廠基本資料作為稽查參考對象 2. 將持續追蹤需求以提升模組使用效益 3. 將持續追蹤 E 化派遣 APP 於雲林場域的適用性與合作方式 |
| 桃園市政府環境保護局 | 8月29日 | 1. 平台目前功能建置完整，後續建議可自動提供每週數據分析結果 | 1. 將以不定期方式提供可疑污染測站與工廠基本資料作為稽查參考對象 |



圖 4.17 使用圖釘方式於圖台定位與關注測站相關的其他測站

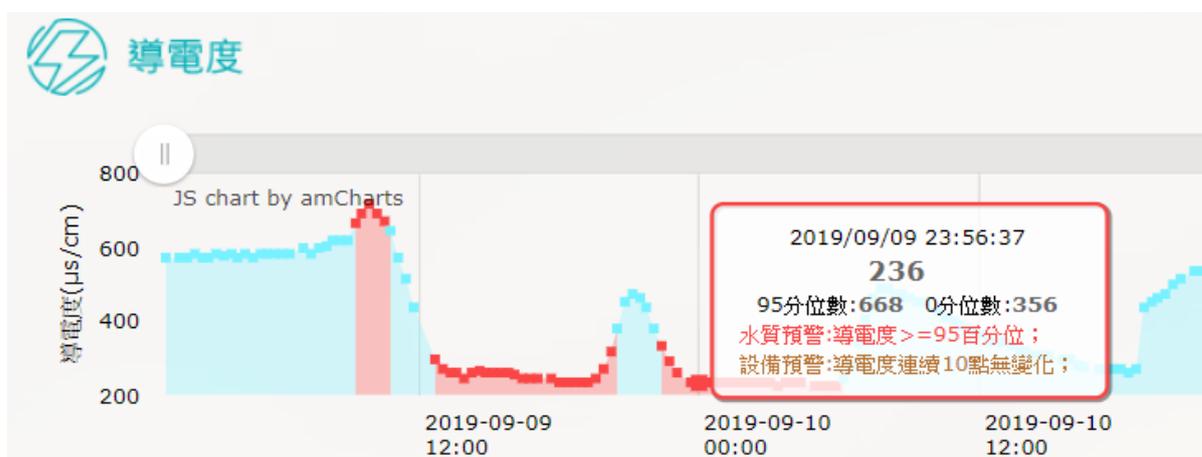


圖 4.18 使用 Mouse over 方式顯示該數值所預警的水質/設備條件內容

4.3 水質物聯網推廣應用規劃

以創新應用水質物聯網，運用感測元件為基礎結合民生需求，推廣應用於環境教育、產業商品研發，串聯環境水體資訊與民眾生活緊密結合，然而完善的民眾參與制度並非一蹴可幾，面對諸多治水議題，擴大民眾參與可以帶入多元利害關係人的觀點，藉由廣泛瞭解不同立場的論述，可以建立政府與人民的互信基礎，得以獲得公開討論與溝通協調的機會，避免因溝通不夠造成社會對立，徒耗政府與社會動能，也可避免弱勢權益因為資訊不對稱而被犧牲，並確保相關政策可以獲得社會支持。

本節以蒐集公民參與論述案例，了解透過公眾參與、資訊公開，藉以提昇民眾關心生活周遭環境水質之意識，以及培訓環境監測志工。此外，希望藉由舉辦世界水質監測日相關活動，推廣國產化感測元件，結合手持式設備應用，與世界各國同步檢測環境水質，讓台灣與世界接軌，以善盡地球村一份子的責任，共同為保護地球上珍貴的水資源而努力。

一、國際公民科學案例

(一) Water Canary

在污染事件發生後，我們如何判斷當地水質是否符合安全飲用標準？目前的檢測方法既費時又複雜，若不積極快速處理，往往會帶來災難是具有致命威脅的，正如 2010 年海地地震後霍亂爆發時的情況一樣。TED 會員 Sonaar Luthra 設計的一項可快速檢測水質的簡單工具－「Water Canary」(圖 4.19)，是一種可即時收集當地水質資料的水質檢測裝置。「Water Canary」分析水質樣本的原理，是利用專利光波技術，在幾秒鐘之內，以波長來判定水質是否受到污染，不必像實驗室內的檢測程序一般，必須靜待化學反應生成。檢測水質時只需將樣本插入，等待幾秒，若顯示紅燈，表示水受到污染；若顯示綠燈，表示水質安全無虞，這個發明將使每個人都能收集拯救生命的資訊並監測水質狀態。除此之外，他在其上安裝了一組價格低廉的 GPS 和 GSM 無線網路設備，每次讀取的數據均可自動傳送至伺服器，並即時標示在監測地圖上，只要有足夠的使用者，這樣的地圖就可被用來做為預防措施，在水質惡化成需要多年才能恢復的危急狀態前獲得控制。為了確保能有足夠的檢測樣本數，以達

到這個裝置的預期效果，Luthra 希望讓每個人都能免費取得「Water Canary」，並透過販售完整的串流數據來補足成本；另外，Luthra 還想公開裝置的技術原始碼，讓其他人得以打造自己的「Water Canary」想讓開源社群來測試這個裝置，並加以改善。



圖 4.19 Water Canary 裝置

(二) EPA's Volunteer Monitoring Program

美國環境保護局（EPA）水辦公室鼓勵所有公民了解他們居住環境的水資源，並鼓勵志願者監測，建立對污染問題的認識，參與污染預防培訓，幫助釐清找尋水質污染的問題原因，藉由志願者提供更多為政府機關可能未評估的水域數據，並增加各級政府決策者獲得的水質資訊量。志願者數據的用途包括判斷流域特性，篩選水質問題，以及測量基線條件和趨勢（圖 4.20）。

EPA 贊助召集志願者組織者和機構代表，管理志願者監測計劃協調員的名單，並出版關於志願者監測方法和規劃和實施志願者計劃的手冊。

EPA 的十個區域辦事處中的許多都積極參與志願者監測。他們的活動包括提供與數據品質控制相關的技術支援，擔任該地區志願者計劃的聯繫人，管理國家機構的撥款，以及提供志願者水監測和公眾參與，並為志願者提供信息交流服務，一些辦事處會定期舉辦區域研討會，將志願者聚集在一起討論監測成果。

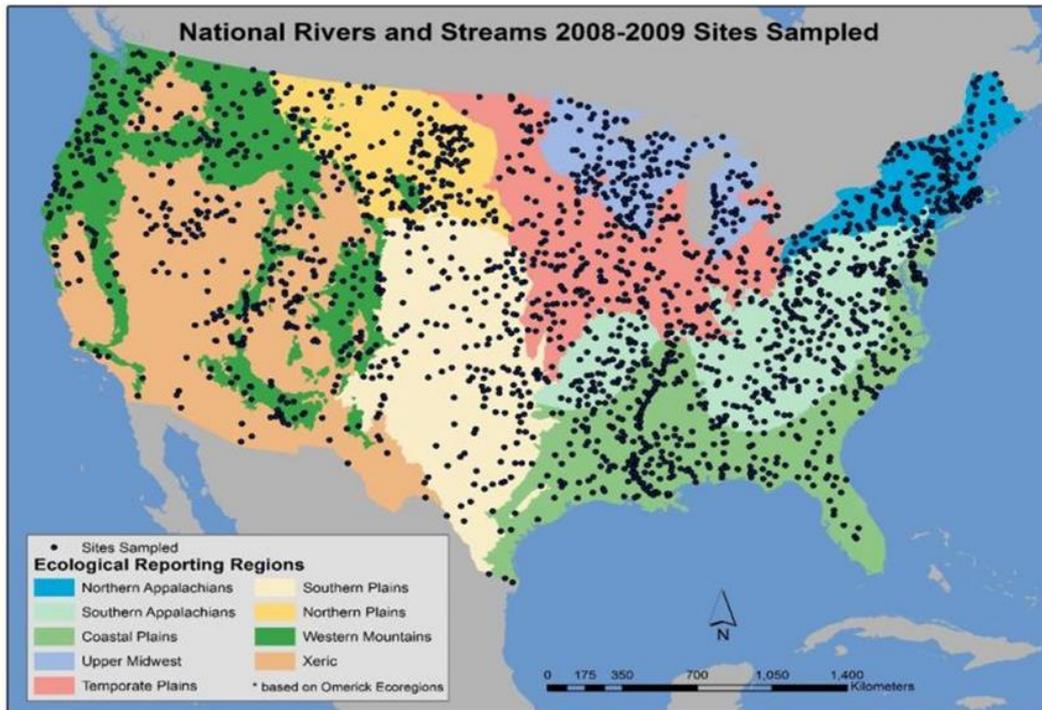


圖 4.20 EPA's Volunteer Monitoring Program 2008 年和 2009 年的夏季期間調查 1,924 個河流和溪流

(三) Blue Thumb

Blue Thumb 是俄克拉荷馬州保護委員會水質部門的教育部門，由美國 EPA 的 Section 319 計劃資助，其使命是通過教育來達到保護河流任務，透過培訓志願者監測小溪和溪流，並與他人分享他們對水質的了解，使人們能夠保護本地區的水免受非點源污染。

Blue Thumb 志願者目前已監測超過 75 條俄克拉荷馬州的溪流，成為 Blue Thumb 志願者的第一步是參加志願者培訓，全年在該州的不同地區舉辦幾次培訓營，大部分訓練內容都涉及保護溪流，河流，湖泊，濕地和地下水的活動。

在俄克拉荷馬州，300 多名志願者通過 Blue Thumb 培訓學習，並習得監控數據、感測器操作、數據解釋三大技能。

1. 數據監控：以生物監測、物理監測、化學監測、數據品質為學習目標（圖 4.21）。
2. 公民教育工具：提供之教育學習方式，其中包括「Mini-Academy」，旨在幫助教師培訓學生一天（或更少）進行監控，以及如何進行化學水質測試，使他們能夠進行真正的科學教學，並可根據每位

教師的需求量身訂製；「Enviroscape」，製做一個在社區流域模型，並模擬污染流入河道中，看看雨水徑流如何將其帶入下坡並進入當地水道，了解生活在流域中的意義以及城市和農村地區如何影響水質（圖 4.22）。

3. 數據解釋：對於想要了解更多資訊的志願者，Blue Thumb 會舉辦數據解讀會，以幫助志願者了解他們的監測工作成果，有助於他們了解更多地水質資訊，以及他們關心的河川（圖 4.23）。



圖 4.21 Blue Thumb Monitoring Information

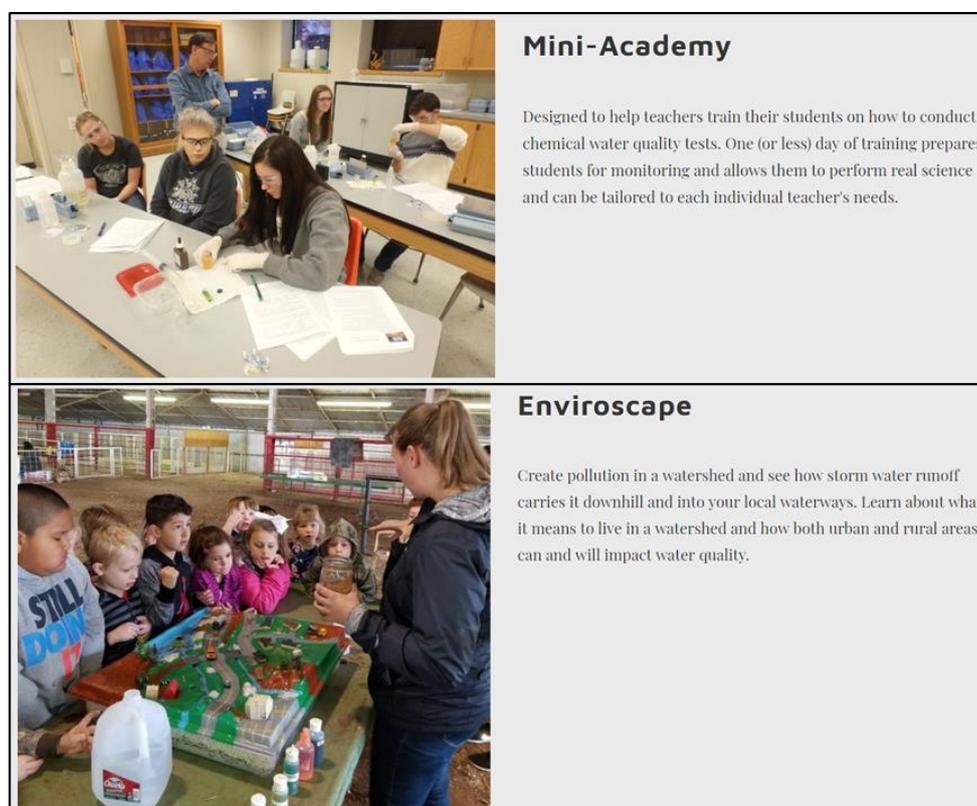


圖 4.22 Blue Thumb Education Tools

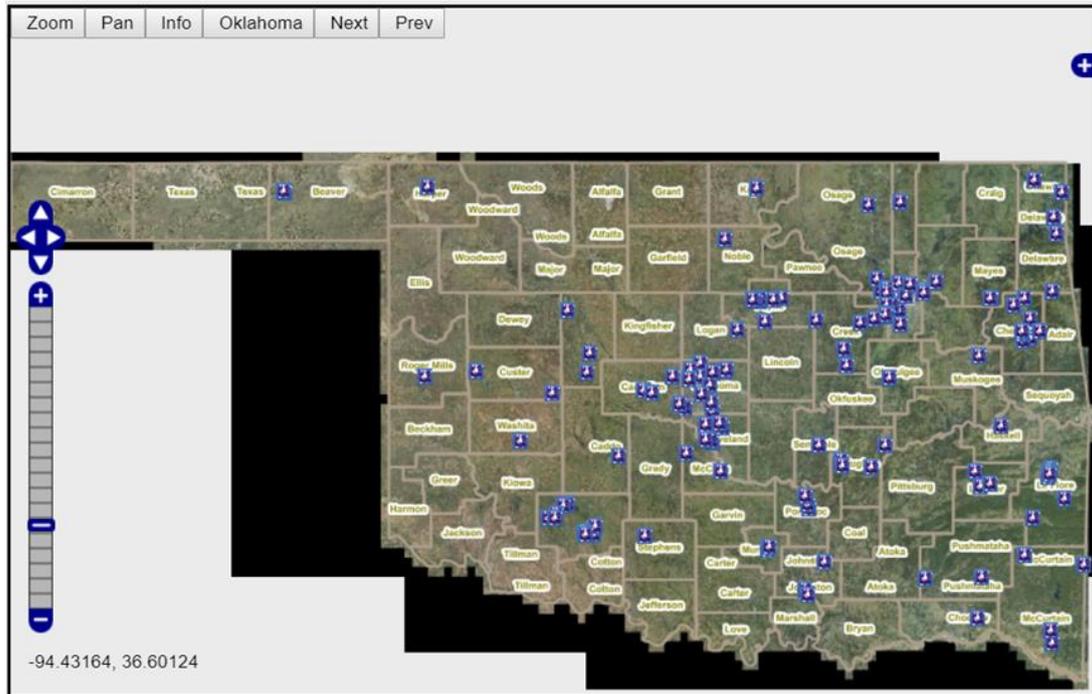


圖 4.23 Written Data Interpretations

(四) Water Action Volunteers

行動志願者（WAV）是一項公民科學計劃，旨在招募，培訓和支持志願者流監測。WAV 致力於教育和授權公民並收集在自然資源管理決策中共享和使用的高質量數據。

WAV 的管理來自 UW-Extension 和 Wisconsin DNR，由當地計劃協調員提供支持，他們通常隸屬於其他機構或非營利組織。WAV 志願者可參與一個或多個級別的監測，包括介紹性監測，狀態和趨勢（長期監測）以及有助於研究或特殊項目的監測。將志願者收集的數據輸入 SWIMS（地表水綜合監測系統）數據庫，該數據庫還存儲威斯康辛州湖泊和溪流的專業/ DNR 生物學家收集的水質信息（圖 4.24）。WAV 在其前 20 年中成長相當快速，自該計劃開始以來已有 2,000 多名公民接受 WAV 協議的培訓。2016 年，600 名志願者監測了 650 個獨特的流域點位，在威斯康辛州的 72 個縣中，有 59 個縣進行了 900 多次實地考察，超過 2,000 名學生也在老師的指導下參加。

該計劃還為教育工作者提供各種與水有關的教育材料。且大多數 WAV 市民監測員每月會例行性的監測居家社區的溫度，溶解氧，流量和透明度。志願監測員還會使用生物指數評估水生和河邊棲息地以及溪流的大型無脊椎動物群落以及留意幾個關鍵的水生入侵物

種。棲息地評估每年在夏季完成一次，而生物指數每年評估兩次，一次在春季，一次在秋季。

基於公民的水監測網絡是一個虛擬的計劃網絡，為公民提供參與監測水資源或以某種方式與水相關的自然資源的機會，這些計劃由全州各種組織和機構贊助，幫助公民找到他們可能有興趣加入的與水有關的監測計劃。

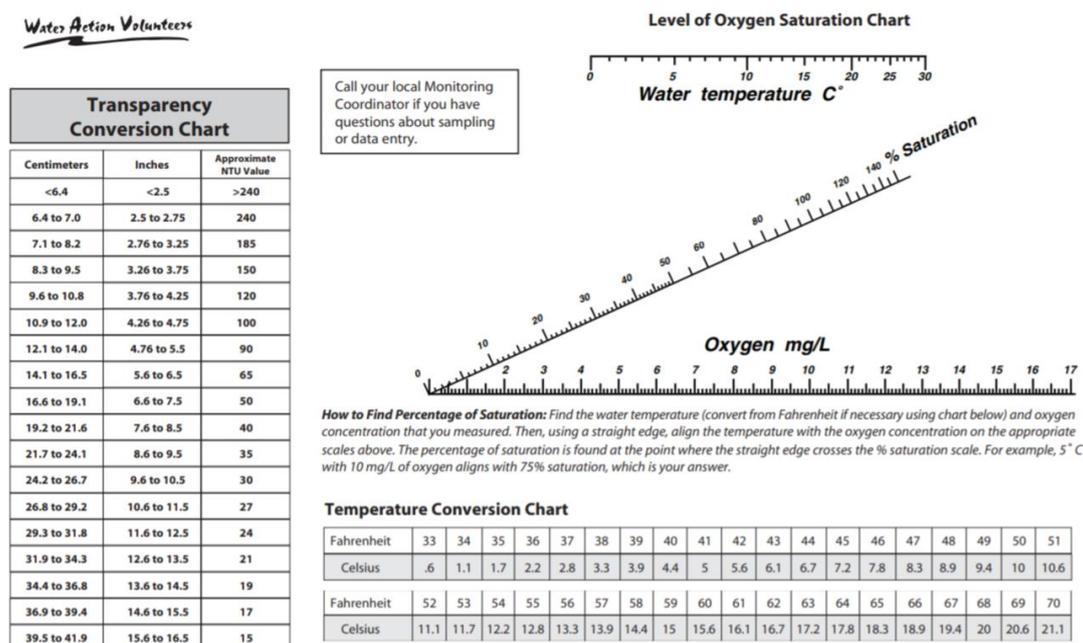


圖 4.24 行動志願者 (WAV) 地表水綜合監測系統) 數據庫

(五) World Water Monitoring Day

世界水質監測日是水環境聯盟 (WEF) 及國際水協會 (IWA) 發起的一個項目，是一個全球教育外展計劃，其宗旨是讓市民對當地水體進行基本的監察，以建立公眾對保護水資源的關注及參與。運行一套簡單的測試工具使任何人，不管大人或小皆可在當地水體樣本讀出一套水質參數，如水溫、酸鹼度 (pH 值)、清澈度 (濁度) 及溶解氧 (DO)，測試結果會透過 WWMD 網站與世界各有份地參與的社區分享。

該組織每年從 3 月 22 日 (聯合國世界水日) 到 12 月皆會舉辦月水挑戰賽 EarthEcho (是 EarthEcho International 的一項計劃，圖 4.25)，水挑戰通過讓公民對當地水體進行基本監測，建立公眾意識和參

與保護世界各地的水資源：

1. 測試 - 從了解所居住之社區的水質狀況開始，志願者可以使用組織網站購買的簡單測試工具來實現居住環境水質狀況。
2. 分享 - 輸入監測數據到 WWMD 網站國際數據庫，並使用 #MonitorWater 和 @EarthEcho 標籤在社交媒體上分享監測水質的故事和照片，並且可成功加入來自 140 多個國家的公民網絡，並成為全球清潔水和健康水道解決方案的一員。
3. 保護 - 通過測試結果，可以組織網站提供的資源來採取行動並保護社區中重要的水資源。

參與 EarthEcho Water Challenge 是一個很好的方式，可以成為全球水問題解決方案的一部分，並且保護當地流域的水質，確保環境和社區整體健康議題。



圖 4.25 World Water Monitoring Day 組織網站

二、國內水質感測器建議應用情境

(一) 國內水質監測公民科學推動現況及建議推廣方式

我國目前在水質監測公民活動的主要以一般地方河川巡守隊定期與不定期活動，以及各縣市在每年 9 月 18 日至 10 月 18 日舉辦的世界水質監測日為主要活動，透過響應國際水環境聯盟(WEF)及國際水協會(IWA)發起的活動項目，喚醒民眾參與監督水資源的意識，

達到國內公民科學活動的擴散。

目前我國在公民科學活動僅以世間水質監測日為年度主軸，實際上活動形式單一，推廣的力量較為薄弱。建議目前國內的公民科學可以參考國外的活動形式進而推廣，進一步認識水質感測器操作基本應用、何謂水質物聯網、水質監測與物聯網串聯及應用平臺的認識等。針對國內水質監測公民科學活動推廣有以下建議：

1. 水質監測競賽活動：透過舉辦水質監測競賽活動，帶領民眾透過娛樂及遊戲之方式，以最直接的現場實際操作模式認識基本水質監測相關常識以及水質感測器之應用。
2. 簡易水質感測器設計活動：透過感測器設計的活動，讓民眾發揮創意水質感測器，並帶領其進一步了解水質感測器的運作原理。
3. 智慧監測黑客松：以智慧監測為主題，透過會程式撰寫、簡報、美術設計等不同專業的人才集思廣益，在有限的時間內不限形式，明確的解決問題。
4. 水質監測活動教案設計比賽：藉由教案設計比賽，透過第一線教育現場工作者的教學經驗，設計出貼近教學現場的趣味實用教案，未來亦可提供公民科學活動規劃之參考。

(二) 水質監測活動規劃

本(108)年度規劃與新竹市環保局合辦水質監測日活動，以本計畫開發之手持式水質感測設備，結合 APP 共享資料，期藉由河川巡守隊應用，推廣國產化水質感測元件並進一步擴散至環境教育，以世界水質監測日為核心主軸概念，利用物聯網概念串聯環境水體資訊與民眾生活緊密結合，藉由一日教學及趣味遊戲情境體驗活動教導民眾使用輕便簡易的手持式感測器，用寓教於樂的方式提升民眾參與、監督、保護地球水資源意識，進而將環境永續概念融入生活。本活動分為講習說明及戶外實際體驗操作兩部分，活動規劃如表 4.4，活動當日全程將會邀請專業優質的攝影團隊全程拍攝紀錄。

講習說明以環境及水質指標說明及水質感測器使用操作講解兩部分進行。活動開始先概述環境與水質的意義，介紹常用的水質指標，讓參與人員先行了解環境與水質間互動影響的基本概念。接著

介紹水質感測器的原理、校正步驟及實際操作，並教導如何使用手機 App 檢視閱讀數據及代表意義，引導參與人員快速理解操作技巧，做為戶外實際體驗操作的預先準備。

戶外實際體驗操作主要以水環境觀察結合水質監測項目，搭配戶外分站小遊戲讓民眾闖關體驗，藉以提升互動感。開始遊戲前先簡單說明環境教育遊戲規則，接著開始進行 1 小時的闖關遊戲。遊戲設計將有 5 道關卡及 5 組題組，為分散關卡人潮，各題組的闖關路線亦不同，各關卡點至多容納 5 個小隊(約 20 人)。出發前各小隊抽出題組標號，參與人員必須合力解開每關關卡問題以取得水質監測用具，逐步完成關卡將會依序取得水及擦拭紙、手套、水資源周邊環境記錄表、筆、手持式感測器，待用具全部取得後開始進行水質監測及水環境觀察，並在 1 小時內完成所有任務。因參與人數眾多，遊戲進行中亦會進行適度引導，以利活動順利進行。於活動進行中，各小隊可現場直接讀取水質測質及歷史監測記錄。活動結束後，各小隊上傳的監測數據會進一步清理彙整，並與 GIS 地圖、攝影紀實、幕後花絮包裝為活動成果呈現。

表 4.4 水質監測日活動規劃

| 時間 | 活動內容 |
|-------------|-----------|
| 13：00-14：00 | 環境及水質指標說明 |
| | 水質感測器使用操作 |
| 14：00-14：40 | 移動及人員集合時間 |
| 14：40-15：00 | 遊戲規則說明 |
| 15：00-16：00 | 分站闖關遊戲 |
| 16：00-16：30 | 任務單講解及頒獎 |
| 16：30~ | 賦歸 |

本活動期以輕鬆活潑的遊戲方式，讓民眾從作中學習水質監測對環境保護的重要性，並感同身受。同時藉由活動推廣國產化手持式感測器，教導民眾正確使用操作，以達到擴散普及。實際辦理之活動規劃書請參照附件八，並已於 108 年 12 月 16 日於新竹市環保局進行水質監測訓練課程，並於溪埔子人工濕地公園進行現場應用操作，訓練對象為新竹市河川巡守隊隊員，共計 24 人參與。

4.4 掌握國內外水質物聯網資訊及協助布建發展與執法應用工作

一、蒐集研析水質感測物聯網系統及智慧城市資訊並修訂 4 項布建維運標準程序

- (一) 依環保機關執法需求，研析掌握環保機關執法水質感測器運用情境。
- (二) 研提最適化水質感測裝置組裝建議，並研擬環保機關執法應用布建應用推動策略、措施步驟、期程及作業程序等相關布建應用執行計畫。
- (三) 規劃完成智慧稽查布建維運體系包括選址、安裝、巡檢校正、維護更換、資料分析及執法行動應用等作業步驟之標準程序或作業原則。

美國已於 1997 年成立跨單位組織 NWQMC (National Water Quality Monitoring Council)，由 USGS 及 USEPA 在此委員會擔任聯合主席，成員包括各專業的政府及非政府組織，包括監測制訂、資料蒐集、分析、闡釋、傳播及使用水質資訊的代表。其為一個國家級的論壇，整合各種專業知識，發展協作、比較具有成本效益方式監測評估國家水質，為全國從事監測人員提供了發言權，以促進對水資源更多瞭解及管理。組織內又分為六大工作小組：(一)方法及資料比較組。(二)資料品質管理組。(三)水資訊戰略組。(四)協作及推廣組。(五)全國網絡流域參考組。(六)志願監測組。

NWQMC 作為水質監測引領單位，制訂水質監測框架及相關指引，目的為指導 NWQMC 活動，促進從事不同領域的專業人員及志願者之間溝通，並指導水質監測計畫的設計，確保所有組成包括在內、平衡、連結並能產出高質量的信息，強調有關水質監測設計方法一致的信息庫。監測框架涵蓋六大面向。

- (一) 監測目標：需確定監控目的、誰使用數據、如何使用數據。
- (二) 設計監測：監測設計滿足監測目標，考量：環境設置、取樣點位置、樣品採集頻率、量測項目、現場及實驗室使用的方法。
- (三) 蒐集數據：準確完整記錄數據。
- (四) 管理數據：數據要可用且可訪問，需要擁有足夠多的描述訊息，如 metadata，以利在管理者及公眾之間共享及比較。

(五) 闡釋數據：數據解釋方法在採樣前就應決定，數據成為解決監控目標的信息。

(六) 傳播結果：通過各種手段傳播數據解釋產生的信息，提供水質管理者決策者及公眾利益相關者使用。

NWQMC 作為指導單位，提出的監測設計、優勢、限制及產出結果值得我國參考，水質感測器布建執法應用成功關鍵因素為，需包括有效的感測設備及良好的數據品質、完整的感測點布建、連續的資訊匯流及創新的分析應用等層面。建議執法應用情境：

(一) 監測背景水質：以低密度布建，掌握關注之水體長期水質資訊。配合上下游連續監測資料比對，篩選水質異常頻率較高區域。

(二) 監測高污染潛勢區：針對水質異常頻率高之區段布建，篩選污染源位置。可於該區多個疑似污染源排放口及匯流處布建簡易型水質監測設備，依據水質異常特性及位置，搭配上流污染源清單，分析行業別、過去稽查記錄等資訊以利篩選污染源。

(三) 監測污染源：布建於特定潛勢污染源放流口，應加裝重金屬或 SCOD 等測項，分析水質異常時間熱區，作為後續環境執法應用參考依據。

(四) 重大水質污染事件：因應突發水質污染事件，或特殊季節監測需求，如夏季死魚頻發時期，可應用浮動式水質監測設備，進行短期高頻率水質監測，確認水質概況及污染物可能擴散區域。

以下說明感測點選址作業準則、布建安裝作業準則、巡檢校正及維護更換作業準則、資料分析及執法行動應用作業準則等 4 項標準作業程序：

(一) 感測點選址作業準則：

為有效利用投入資源，擴大布建具體效益。選址應以能解決實際迫切面臨之環境問題為優先，如重點污染潛勢區、民眾經常檢舉區域及環境污染事件頻發區域。本準則以解決實際環境問題為目的，訂定場域篩選準則為：(1)依據過去水質、地下水、土壤或底泥監測背景資訊，挑選經常超標地區；(2)篩選經常受到陳情或有重大環境污染議題事件地區；(3)挑選周遭或場域下游有敏感受體地區；(4)考量通訊傳輸良好及布建維運較為容易地區。決定可能布建場域後

，再針對場域特性選擇合適布建地點，應同時考量區別性、代表性、完整性及目的性，以利於後續資料加值應用，發揮實質效益，場域及裝機位置篩選準則如圖 4.26。

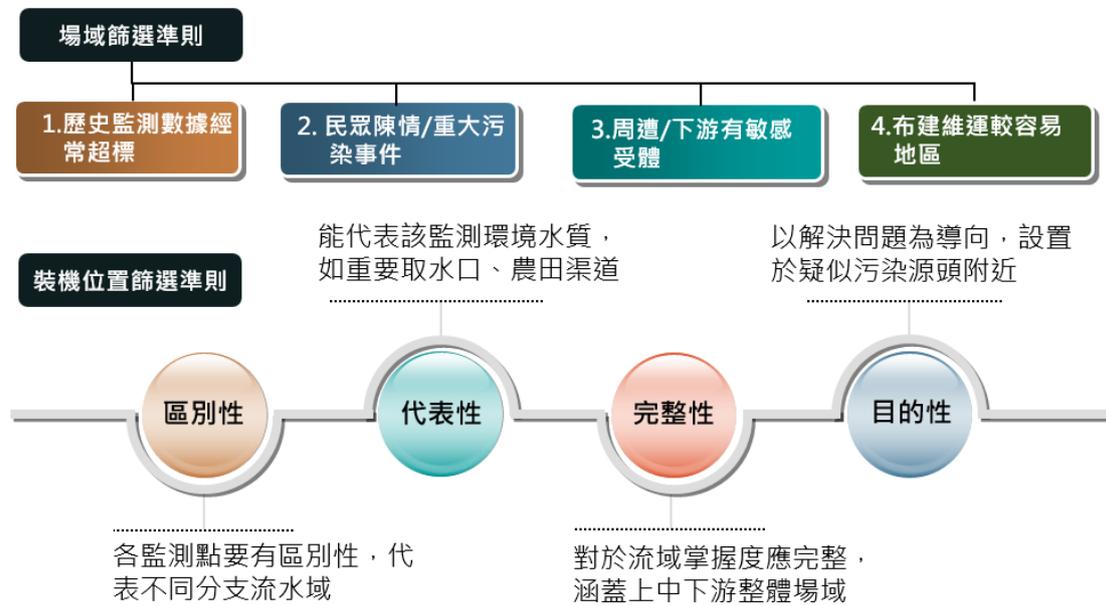


圖 4.26 場域及裝機位置篩選準則

1. 裝機位置選擇注意事項

- (1) 需有固定處，如混凝土牆壁、堤岸、道路側溝、農田渠道與橋墩(橋墩較不建議，如有需求，除須請相關單位協助申請外，亦有容易被質疑影響水路安全問題)，且人員需可方便抵達。
- (2) 垂直抽水揚程將影響機台續航時間，以 2 公尺內小型幫浦為佳，若揚程過高，則採用中型幫浦，以 5 公尺為限，抽水管路不可影響用路及水路安全，如可申請用電則不在此限。
- (3) 揚程需以機台裝設高度計算，並同時估算場域淹水時高度，不得超過裝機位置。
- (4) 裝設場域用地是否容易申請。
- (5) 周遭環境安全性（交通、治安），是否影響硬體保全、維運安全。
- (6) 避免上方多金屬及混凝土遮蔽場域，影響通訊傳輸。

(7) 以不影響當地主管機關及居民之現地設備、水路及其他業務用途為原則。

2. 當地環保機關可能需協助行政支援事項

- (1) 協助用電、用地申請，及布建所需跨部會協調事宜。
- (2) 協助提供圖資及相關資料，如污水、雨水下水道管路圖、各匯流處對應工廠清單、運作資料及工廠放流口位置。
- (3) 協助提供疑似污染源清單及放流口位置。
- (4) 後續有污染異常時之稽查協助。

(二) 布建安裝作業準則

本安裝標準作業程序規範之建立，係使水質感測設備於現場安裝過程中，能有一標準作業程序(Standard Operating Procedures, 簡稱為 SOP)加以遵循，得以讓作業人員在執行現場安裝水質感測設備作業時，確保作業人員與現場環境之安全，以及安裝與運作作業流程與品質，避免發生遺漏安裝與防護之用具以及作業程序等缺失，亦方便作業人員釐清設備於現場安裝與運作作業過程中所面臨之突發狀況與問題，達到快速安裝與運作作業的品質與一致性，減少人力資源浪費，降低新進同仁的學習成本。

1. 設備與安裝機具確認：作業人員至現場安裝水質感測設備前，應先評估現場安裝架設事項與問題導向，以便可預先準備足夠安裝、拆卸，以及替換等工作。
2. 水質感測設備確認：現場安裝水質感測設備之前，作業團隊需先瞭解內部各系統相對位置以及管路設計，作業人員熟知相關資訊可有助於提升自我排除異常狀況之能力。
3. 安裝機具與防護裝備確認：作業人員接到派工指示後，首先應確認工程編號、圖面、零組件名稱，並核對零組件材質，規格與圖面無誤，且齊全才能製作組合。依據圖面選擇正確之安裝方式及材料。視零組件組合需求，選擇適當場地及器具。為確保施工品質，應先將施工順序、變形或者損壞防止、加工需求等事前準備

妥當。為因應無法消除的危險，應使用安全防護裝備（如護罩、安全措施、護圍等），將各項安裝危險加以限制或消除。

4. 實場機台架設之環境地形確認：作業人員必須了解現場機台架設之地形與環境情況，針對安裝環境情況，確認機台之外裝具有符合該安裝環境之防水/防污以及防盜之功能，並在出發至現場前確認機台架設之方式，選定架設之材料與施工工具，以避免至現場後才發現機台外裝或者是架設材料不符合實場地形與環境情況。作業人員至裝置安裝現場後，於第一時間觀察現場環境是否對裝置安裝造成影響，包括：土石覆蓋、渠道/河川水位過高淹沒、渠道/河川水位過低抽不到水、安裝位置位於高深度之渠道等狀況，並針對安裝困難點進行處置。

5. 安裝作業

- (1) 閱讀並理解裝置安裝與操作手冊：在操作任何安裝工作前，請仔細閱讀提供的手冊。熟悉裝置的特點、工作情況、應用場合與使用限制，尤其要熟知其特定危險。
- (2) 固定工具、動力驅動及設備：確保工具與動力驅動牢靠地固定於地面。
- (3) 防止發生意外：在將安裝工具插接到電源系統前，讓所有電源開關處於 OFF (關閉)位置。
- (4) 操作環境：不要於潮濕的環境中操作工具。在吵雜的工作場所，請佩戴耳朵保護裝置。確保工作區域光照良好。
- (5) 穿戴合適的服裝：禁止穿戴未扣好的外套、寬鬆袖口的衣服、領帶或可能捲入轉動機台的其他任何東西。請務必佩戴防護眼鏡與足部防護裝置。
- (6) 保持警惕：如因服藥或疲勞而導致精神狀態不佳，請不要進行安裝作業。避免在設備周圍喧鬧嬉戲，並讓旁觀者與設備保持一定的距離以確保安全。

- (7) 檢查設備：啟動工具前，檢查所有可動配件是否存在任何阻擋。確保防護裝置與工具零配件已安裝且牢靠固定。
 - (8) 保持工作區域清潔：確保工具周圍的工作區域無可能限制操作的障礙物。清除工具上的切屑以維持正常操作。
 - (9) 採用管架台支撐：對於長管段與較重工件，請使用地面安裝的管架台支架。確保工件牢靠固定在地面的管鉗中妥當固定。
 - (10) 切勿誤用工具：僅實施執行工具與裝置的設計功能。切勿以超過安裝與操作方法手冊中規定的速度工作。
 - (11) 維修工具前關閉電源線：只有授權人員才能進行維修安裝工具。維修或進行任何調整前，請先關閉電源連接。
 - (12) 對安裝工具進行維護：保持工具清潔和切削刀具鋒利，以實現安全可靠的安裝與操作。遵照執行所有程序。向授權人員報告一切不安全狀況，以便立即糾正。
6. 電氣連接作業：供電模組可能並未與裝置一起安裝，因此，在設裝置必須安裝斷開裝置，例如符合安全標準的開關或斷路器。而供電模組必須將其安裝在靠近裝置的位置，便於作業人員觸及，且必須將其明確標記為裝置供電模組與斷開裝置。在接近或執行任何連接之前，必須切斷電源、繼電器、所有帶電控制電路以及高通用模式電壓的供電。所有至次級電路的連接必須具備基本絕緣。安裝完成後，確保無法接觸到帶電零件，例如端子。用於外部電路的端子僅與無法接觸到帶電零件的設備一起使用。如裝置以及供電模組與說明有所不同，可能設備或供電模組提供的保護被破壞。務必將信號線與電源線分開佈線，對於信號輸入與繼電器連接，使用絕緣電線。只能由獲得許可的技師更換內部儲電電池，並在裝置外殼的後部提供預留開孔，作為電線引入裝置的備選方式。如需去除預留開孔膜蓋，將裝置的背部放置在堅固、平坦的表面，打開門與內蓋，將小型平頭螺絲刀放入預留開孔槽內並用錘子輕輕敲擊，從而將預留開孔膜蓋取下。如果需安裝無線

傳輸模組，則使用電線引入口或預留開孔。連接無線傳輸模組，須將模組安裝至內部指定位置，確保將無線傳輸天線之訊號連接線佈置在接線盒之間，並將電線連接至指定的端子。

7. 過濾、傳送與清潔模組功能確認：若水質感測裝置採用過濾器及清潔模組，裝置安裝完成後，需先以乾淨水體充填過濾模組，再置放於監測水體中，啟動設備後確認過濾與傳送模組能正確運作，達到過濾與傳送之功能。清潔模組需確定流道系統清潔之功能正常運作與清潔效果。
8. 感測模組設定與校正：水質感測設備完成安裝架設後，應進行現場測試校正，各項感測器校正方法，分別以工研院研發之溫度感測器、電導度感測器、酸鹼值感測器、光學式化學需氧量感測器、重金屬離子濃度感測器為例進行說明。
 - (1) 溫度：以使用經標準量測機構確認之溫度計進行比對校正。
 - (2) 電導度：以標準氯化鉀溶液配製 1.412 或 14.12 mS/cm(25°C) 標準品進行校正，並注意執行溫度補償；抽取現場水樣配合已校正之電導度計進行現場比對分析。
 - (3) pH：使用國家標準或同等級以上之標準溶液(pH4、pH7)進行校正，並注意執行溫度補償；抽取現場水樣配合已校正之 pH 計進行現場比對分析。
 - (4) SCOD：利用無水鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)配置 25、50、75、100、125、150、175、200 mg/L 標準溶液，以紫外光(UV=254nm)之光源掃描水樣，分析各標準品在此波長下之吸收度(Abs)，求得 SCOD 之標準曲線。
 - (5) 重金屬：向具公信力的廠商購買配製好高純度的濃縮溶液，或自行以高純度金屬（純度至少為 99.99-99.999%）配製 0.5、1、2、3、4、6、10 mg/L 標準溶液，分析各標準品在特定電壓下之電流峰值或積分面積，求得特定重金屬之標準曲線。
9. 資料傳輸確認：作業人員在安裝與測試完成後，需進行資料傳輸

測試。先確認平台端作業人員已開始作業，並通報後端平台測站點位，開始測試資料是否已正確傳送，等候端平台確認後即完成安裝作業程序。預設通訊方式無法運作，例如現場訊號不良，立即抽換可行性無線通訊模組，以確保數據傳輸之品質。

(三) 巡檢校正及維護更換作業準則：

巡檢校正維護作業準則將作業流程合理化，得以確保作業人員執行巡檢品管及維護之作業品質，方便作業人員釐清水質感測設備現場面臨之突發狀況與問題，亦可避免發生遺漏維護用具以及遺忘維護步驟等缺失，建立快速品管維護校正作業的一致性，減少人力資源浪費，降低新進同仁的學習成本，其巡檢品管及簡易維護標準須知事項分別為：巡檢管理與維護流程、水質感測設備架設型態、水質感測設備內部系統架構、現場巡檢管理注意事項、各項感測器標準校正程序、系統清洗維護作業、簡易耗材抽換維護作業等。

1. 前置作業：作業人員必須瞭解巡檢品管及簡易維護標準作業程序之手冊內容，並於實驗室通過水質感測設備系統清洗維護、簡易耗材抽換以及感測器校正等各項考核，通過訓練考核合格之作業人員可執行現場水質感測設備巡檢與維護，各水質感測設備必須於兩週內進行巡檢維護校正，依據水質物聯網自動通知維護提醒，工作團隊持續收集通報資訊，並於實施作業前應預先判定水質感測設備之數量，藉由水質物聯網觀察該些水質感測設備之維護情形準備足夠的使用器具以及備用系統，並且規劃巡檢品管及維護作業之行車路線，減少車程上不必要的耗時。
2. 巡檢作業：建議每 2 週每機台至少需巡檢一次，並以手持式設備確認數據品質。作業人員至水質感測設備現場後，於第一時間觀察現場環境是否對水質感測設備的機箱外觀造成影響及破壞，包括：土石覆蓋、渠道/河川水位過高淹沒、渠道/河川水位過低抽不到水、昆蟲築巢、人為破壞等突發狀況，作業人員將觀察之情形確實紀錄於水質物聯網之「巡檢與維護表單」，機箱外部巡視結束後，工作人員依現場水質感測設備架設之型態與環境地形來應對

水質感測設備拆卸與安裝之情況，取得水質感測設備後以機箱鑰匙開啟機箱，巡視水質感測設備內部各項系統與管路，若於各項系統硬體上有異常狀況請確實記錄於巡檢與維護表單，機箱內部可能發生之異常狀況包含：電路板受潮生鏽、機箱內部昆蟲築巢、管線生物膜生長、系統模組生鏽受損等情形。

3. 維護作業：作業人員在維護時，應具備至少 3 組現場可回溯標準的校正設備儀器，包含：攜帶式溫度計、攜帶式電導度計、攜帶式 pH 計等，提供作業人員當下可快速檢測分析現場水質，藉由現場水質數據比對水質感測設備之各項感測系統之效能，若比對不符合需重新校正，確認比對成功後，作業團隊登入水質物聯網進入各水質感測設備偵測平台，查看即時發送之數據是否與校正電腦之韌體程式偵測數據相符合，若水質物聯網平台之數據尚未更新或是不符，則需重新確認韌體程式語言之編譯，確認成功上傳水質物聯網平台後，重新燒入正確之程式至水質感測設備，並將校正參數整理於電腦資料庫中，最後將校正之工作事項確實記錄於巡檢與維護表單。

(四) 資料分析及執法行動應用作業準則：

水質監測計畫最終目的為後端的資料分析及執法應用，本準則旨在訂定資料分析原則、程序，及提供環保機關稽查建議，輔助稽查作業事項，期作為未來水質監測資料分析標準指引方向。

1. 數據完整率分析：評估數據傳輸品質，確認數據代表性是否足夠，建議數據完整率至少大於 80%。可以場域劃分分區評估，如工業區、灌溉渠道。以 20 分鐘傳輸各污染測項 1 筆數據，計算 1 個月之數據完整率為例，方式說明如下。

$$\frac{20 \text{ 分鐘內即時展示之感測有效值筆數}}{\text{有效總筆數}(30 \text{ 天} \times 24 \text{ 小時} \times \text{每時 3 筆} \times \text{各測點項數}) - \text{不可抗力之無效或無數值筆數}} \times 100\%$$

不可抗力是指因設備必要之元件更換維修，或天氣環境影響而導致無法監測情形。

2. 數據品質分析：評估數據品質，確認數據分析可信度是否足夠，

建議數據滿意率至少大於 80%。可透過第三方比對，或自行現場及實驗室檢測。數據品質目標則依環保機關訂定，舉例說明，酸鹼值誤差應為 ± 1.0 pH 以內；導電度誤差 $\pm 15\%$ 以內；溫度誤差應為 $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 以內，COD 與 SS 誤差需小於 30%；2 項重金屬項目誤差則需小於 50%。數據品質滿意度計算方式說明如下。

$$\frac{\text{查核結果符合數據品質目標總項次數}}{\text{查核總項次數}} \times 100\%$$

3. 數據可用性分析：數據品質為單點檢測查核結果，可進一步透過程式或人工方式，判斷數據長期分析下的合理性。建議判別準則為(1)範圍合理性：數據是否超出合理範圍；(2)趨勢合理性：是否有數據持續異常上升/下降情形，溫度日夜變化趨勢。(3)跳動合理性：數據是否連續上下跳動過大，或出現極端值。
4. 數據時空異常分析：確認數據可用後，即可透過時空異常分析判別污染熱區。以同一段時間區間，分析跨感測項彼此之連動關係；或以上下游數個測站，分析跨測站的數據跳動連動關係，以判別污染出現時間及位置高峰值。
5. 執法應用建議：確認異常點位及時間後，應確認上游可能排放污染源，以污染行業別、水污染許可及過去稽查陳情案例作為判斷依據，並依據數據過去出現污染時間週期，彙整建議稽查時間具體建議，由環保機關進行環境執法。

前述管理作業體系將配合行動化資訊裝置，提供作業人員使用及落實執行作業程序，並以作業儀表及資訊作業、分析管理系統，運用大數據分析以增進感測器物聯網硬體設施維運管理效率。本團隊將配合水科技物聯網平台開發，建立完成維運體系自動化所需之軟硬體設備，以增加水質布建維運時效性並降低人力需求。本團隊已初步檢討我國水質物聯網布建經驗，訂定裝機、維運位置選定上之限制條件，可作為未來標準作業程序的修訂建議，亦可作為縣市環保局合辦水質布建時依據，包括布建目的性、水體具固定處高度、深度、周邊應有設施、維運基本需求等。後續將持續蒐集國際水質物聯網布建資訊，並檢討 4 項布建維運標準程序。

二、蒐集研析水質感測元件及物聯網應用資訊

本節蒐集彙整國際水質感測元件、物聯網應用資訊，研析我國於水質感測元件之發展趨勢、優劣比對，提出未來水質感測物聯網地方機關環保執法需要、其他水質感測情境及產業推動具體方向。

目前國內對於水質監測數據多僅止於觀測量測數據，並未針對數據做更有效之應用與加值，且目前同時具備「水質感測」、「連續監測」及「物聯網應用」之水質感測器並不多見，因此，本計畫執行期間，將回顧目前國內外水質感測元件及物聯網應用資訊的相關文獻，研析目前之技術應用現況、瓶頸及優劣比對，以作為未來水質感測情境及產業推動具體方向，於 9 月提出規劃分析報告一份，主要探討方向如下：

- (一) 國際水質感測元件及設備優劣分析比較
- (二) 物聯網應用於環境水質監測之案例分析
- (三) 建議我國水質感測元件、設備及應用情境發展方向

感測元件為感測器的核心，其準確度會影響水質監測時之判讀。應用於水質即時感測設備的感測元件所需之條件，為符合在高空時性的分析結果下，須考量其尺寸、反應、測量範圍、敏感度、準確度、壽命、維護、成本等要求，微型、耐用、精準並符合成本考量的感測元件為即時感測設備的首要選擇。雖然感測元件的優化研究試圖更精進感測元件之準確度及降低成本，但研究仍於實驗室測試階段，並未進一步於真實情境中進行實驗，當前文獻仍選擇市售感測元件作為感測設備的開發應用，其優點為市售感測元件已廣泛被應用於真實情境，且其元件成本不高，如表 4.5 所示，目前市面上已有許多市售的感測元件提供感測設備開發選擇。

表 4.5 市售感測元件及其可測量之水質參數(Li and Liu, 2018)

| 單一參數感測元件 | |
|---|--|
| 元件 | 水質參數 |
| ATI | 自由餘氯 |
| Hach A-15 CI-17 | 自由餘氯/總氯 |
| Hach 1720 D, WQ730,WQ720,SEN0189 | 濁度 |
| GLI PHD, WQ201,WQ101,ENV-40- pH, PASPORT pH Sensor - PS- 2102,SEN0161 | pH |
| GLI 3422, WQ-Cond, ENV-40-EC- K1.0 | 導電度 |
| Hach Astro TOC Ultraviolet/Process Analyzer | 總有機碳 |
| WQ401, ENV-40-DO | DO |
| WQ600, ENV-40-ORP | ORP |
| 多重參數感測元件 | |
| 元件 | 水質參數 |
| Dascore Six-Sense Sonde | 導電度、DO、ORP、溫度、自由 餘氯 |
| YSI 6600 Sonde, 6820 V2,600XL, WQMS | 導電度、DO、ORP、pH、溫度 、自由餘氯、總氯、氨氮、硝酸 鹽、濁度 |
| Hydrolab Data Sonde 4a | 導電度、DO、ORP、pH、溫度 、自由餘氯、總氯、氨氮、硝酸 鹽、濁度 |
| Smart Water (Libelium) | 導電度、DO、ORP、pH、溫度 、濁度、硝酸鹽 |
| Aqua TROLL 600 Multiparameter Sonde | pH、ORP、濁度、導電度、溫度 、壓力、硝酸鹽、氯化物 |

市售之感測元件可分為單一參數感測元件及多重參數感測元件，可以據感測設備所需應用情境選擇符合的元件。多重參數感測元件其優點為將多項測量參數整合，節省感測元件所佔設備之體積，但其存在之風險可能會有元件故障，需整組更換之問題，以造成維護成本提高。目前多數研究之感測設備以單一參數感測元件組作為感測設備的核心元件，其優點為可自由組合目標感測設備之參數所需，並且可以任意更換其中受損的元件，以降低感測設備之維護成本。目前市面上以 Atlas Scientific 公司所開發的感測元件為目前最被廣泛應用於感測設備中作為元件套組。

近年來因無線感測網路監測技術日趨成熟，因其低成本、高空時性等特點，在水質監測之應用具有便利性及高度發展性。而文獻中無線網路感測設備探討中，大多著重於感測設備間之節點連結、網路傳輸及資料蒐集等硬體應用討論，對於感測元件及設備之開發應用資訊為主題文獻相較匱乏，而表 4.6 為針對利用無線感測網路監測技術衍生開發應用於環境水體之感測設備研究。(S. Sukaridhoto et al.,2015)開發無線電控制潛艇感測器，其潛艇內部裝載泵及電機單元以驅動壓載艙，使潛艇可以從水面潛入水中並保持靜止，亦可使推進動力裝置及升降機，利用 Atlas Scientific 感測元件套組，包含 pH、ORP、D.O.及導電度，搭配 GPS、無線通訊模組及馬達，容納至 77.4 cm x 28.5 cm x 29 cm 之潛艇模具中，以無線電控制方式，追蹤特定河段之水質。為達到能廣布感測設備自環境水體並同時降低設備成本，(Kageyama et al., 2018)以日本工業標準 (JIS) K 6741 中規定之硬質聚氯乙烯管作為主體外殼，其優點具有防水性、耐環境性及戶外可用性等，並置入市售溫度感測器及自行研發之導電度計及通訊模組等進行實驗監測，開發出可應用之漂浮式感測設備。(Koparan et al., 2018)將感測元件及通訊系統裝載至無人機地面水質測量系統。定制的六軸飛行器配備有電子感測器平台，其系統之電子組件皆塗有防水膜，可以測量溫度、電導率、溶氧及 pH 值，可用於進行難以接近或危險的水體上進行現場測量。

表 4.6 應用於環境水質監測之感測設備

| 感測設備類別 | 監測參數 | 參考文獻 |
|----------|------------------|-------------------------------|
| 無線電控制潛艇 | pH、DO、ORP、溫度、導電度 | (S. Sukaridhoto et al., 2015) |
| 漂浮式感測設備 | 溫度、導電度 | (Kageyama et al., 2018) |
| 無人機地表水系統 | pH、DO、溫度、導電度 | (Koparan et al., 2018) |

然而，雖無線感測網路監測技術日趨向上，可進一步結合物聯網技術讓數據可以被即時掌握，但目前為止國際文獻之研究仍存在以下問題：

1. 無線感測網路技術結合物聯網應用文獻多著重於探討通訊網路模組應用，並無特別著重探討感測元件及設備。
2. 無線感測網路技術結合物聯網應用文獻中大多為在配水系統中之應用，而應用於環境水體真實情境中相關資訊仍較缺乏。
3. 無線感測網路技術結合物聯網應用文獻中於環境水體之試驗目前皆已市售感測元件組合模組作為實驗中之感測器，以探討物聯網技術之可用性。

目前之國際文獻中，皆針對單一層面主題進行探討，意即將感測元件研發、感測設備開發應用及物聯網技術應用分層討論，並皆於實驗階段。雖然在各層面之開發應用探討皆有正向發展，但目前為止尚未出現至元件開發至後端應用整合性的應用研究案例。

水質物聯網應用範圍層面涉及廣泛，不單僅限於一般環境水體監測，舉凡民眾生活用水及不同產業如水產養殖、農業等產業水質監控等應用情境，各種應用情境中所考量的水質參數的應用依據法規現值或是實際應用條件亦略有所差異。在感測元件之選擇上，目前無論何種情境，常用之水質參數以 pH、溫度、溶氧、導電度、氧化還原電位及濁度等為主。在水質物聯網感測設備的開發中，應著重不同應用情境開發適合的感測設備，其設備選擇之水質監測參數主要以前述為參考，並針對不同的應用情境其特殊參數需求客製感測設備以滿足應用所需條件。另外，除了一般常見之固定式、漂流式手及持式等類型之感測設備外，若遭遇特殊事件及其地理環境無法利用前述之感測設備監測時，可考量開發如無線電控制潛艇類型或無人機感測系統等機動性的感測設備，讓水質監測更具全面性。

當前國際間對於感測元件開發資訊仍於實驗階段，感測設備實際開發應用相關資訊亦有限，至今感測元件端、設備端及物聯網技術之串聯仍未有實際之文獻探討及相關案例分享，國際無線網路水質感測元件之研發仍舊於實驗階段，而現階段應用於水質感測設備之感測元件仍主要以市售為主，直接研發應用於感測設備仍缺乏實際案例。因此目前國外文獻中感測設備開發仍使用市售之感測元件，且感測設備的串聯應用及物聯網之發展仍在萌階段，尚未發展成熟及具完整性。針對我國水質物聯網之發展，除了從元件端研發，進一步應用於感測設備開發及後端物聯網技術之完整的整合串連外，感測設備可依據不同應用情境進行客製開發，並藉由情境應用中可能發生之情況，改進及優化感測設備。

三、協助訂定水質物聯網感測器執法應用推動策略及措施

為推廣國產化水質感測物聯網，建議以本計畫開發之 pH、溫度及導電度三合一微型水質感測晶片作為基礎，再依據工業、農業及民生運用情境，如圖 4. 27，開發不同機構及組裝建議。本團隊去（107）年已將水質感測器布建於農田渠道、河川及工業區不同應用場域，將依布建經驗據以調整最適化組裝建議。

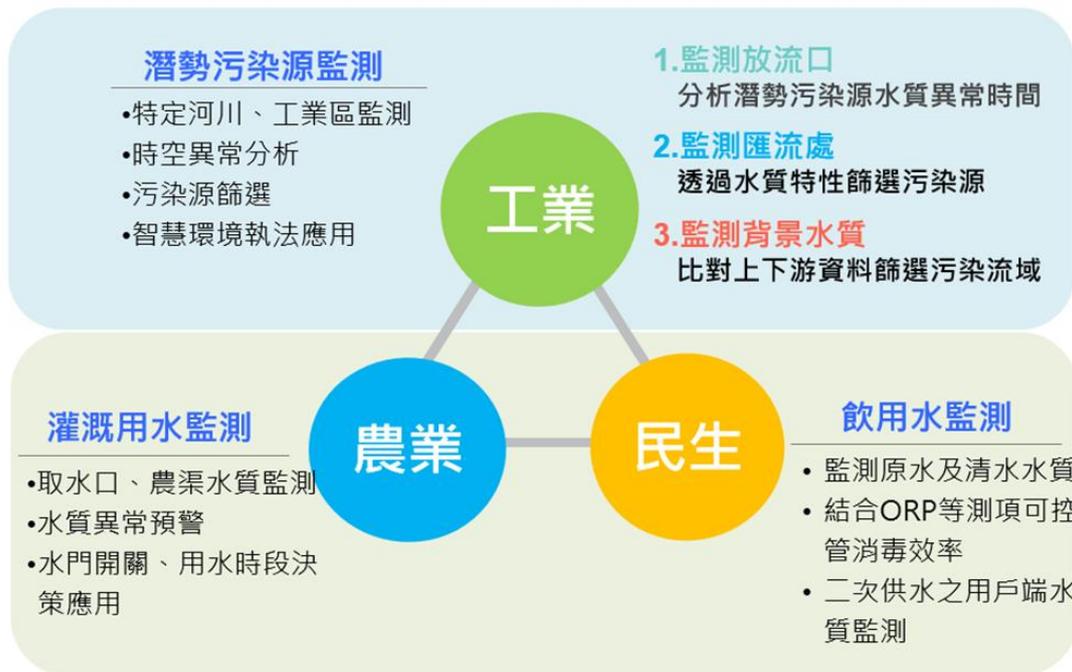


圖 4.27 水質物聯網感測器運用情境



圖 4.29 PWQMN Open Data 資料集

United Nations Global Environment Monitoring System Water Programme，該計畫由 UNEP 主導建立的全球性水質 Portal，如圖 4.30 從 1977 年至今，提供表面及地下水質資料交換，擁有超過 100 個國家 3,700 個測站資料。GEMStat 會驗證現有資料的完整性、驗證即時資料的品質，並提供使用者適切資料使用建議確保 QA/QC，其視覺化及資料統計的呈現方式值得作為參考，擁有者為德國聯邦政府 German Federal Ministry。水質即其他資訊是透過政府部門及非政府部門的聯絡點蒐集及回傳，該計畫透過這機制可確保資料的 QA、QC，讓結果呈現更為全面，GEMStat 要確保數據有效性以及準確，會透過以下三個方式：

- (一) 驗證現有資料的完整性
- (二) 驗證即時資料的品質
- (三) 提供使用者適切的資料使用建議

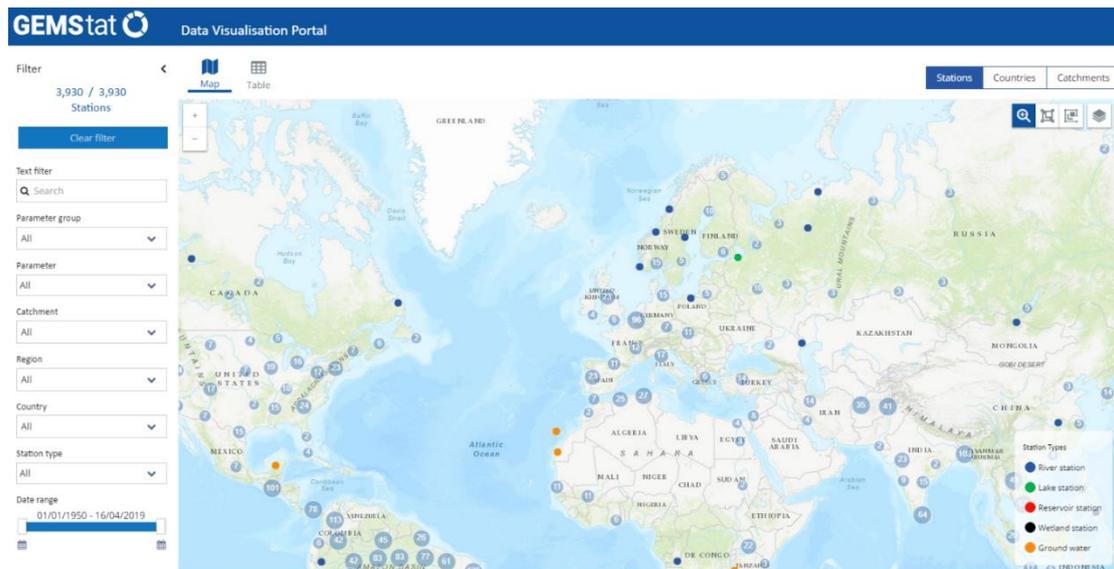


圖 4.30 GEMStat 資料共享平台

Autonomous Underwater Vehicles (AUV)為具備動力的水面下水質感測設備，可以大量減少人工監測時間，可支援高解析度 3D 調查。USGS 應用此設備於湖泊、海灣水域監測，可依程式自動導航調查水深、水質及流速。感測項目包括：導電度、溫度、深度、藍綠藻、溶氧、pH、濁度。整合感測器包括：多變數水質感測器、流速計、single-beam echo sounder 水深探測器、側翼聲納、GPS。可依據事先編寫的程式排程操作，自己導航，長度約 1.8 公尺，約 30 公斤，續航力 8 ~ 10 小時，充電約 5 ~ 6 小時。最深可到 100 公尺，最快速度時速 4.63 公里至 6.482 公里。數據內部儲存，也可透過無限傳輸。售價約 15 萬美金，如圖 4.30。



圖 4.31 Autonomous Underwater Vehicles (AUV)

為符合未來水質感測物聯網應用情境，本團隊建議水質感測裝置組裝建議：

- (一) 水質感測器感測項目：應至少有 3 項，包括酸鹼值、導電度、溫度，以基配版作為釐清污染源區段之基本監測設備，進一步可視不同類型場域監測需求，增設重金屬、SCOD 等項目，監測重點污染源。
- (二) 模組化設計：水質感測器需可模組化，提供未來快速抽取更換不同感測元件或新增感測項目，設計上需考量各感測元件於採樣流道設計合理性。模組化方式需配合後續擴充條件，以電路板擴充槽或外接 USB 形式設計。
- (三) 資料傳輸模組：感測器通訊模組可因地制宜選擇，且需達到快速抽取更換，並可適地性選擇資料傳輸通訊模組，以達資料即時完整且成本經濟等最適化。為求傳輸數據穩定度，建議避免採用 LoRa 模組，儘量以 4G、Wi-Fi、NB-IoT 等連續傳輸較穩定之模組為優先，或採 2 組以上模組互相支援。
- (四) 供電模組：感測器供電模組應符合節能省電，且有供電穩壓設計及接用不同電源轉換設計，並確保感測器運作及資料傳輸之電力無虞。如有結合路燈安裝可能有日間不供電情形者，應設計儲電裝置，以供夜間儲電、日間供電操作使用。另因應無法接電地區，應有至少可維持一週運作之電池，或搭載太陽能板設計。
- (五) 資料儲存機制：為防止通訊異常，應備有 SD 儲存卡備份數據。感測器微控制器及資料儲存單元，應具備感測資料處理、篩選、大量儲存及感測元件功能狀態偵測及通知功能，以掌握感測器維護管理需求或抽換更新。
- (六) 感測器機體設計：感測器機構設計應具備戶外防水功能，且預留應採樣抽水口及排水口設計。

建議未來布建應用推動策略措施如下：

(一) 推動策略

1. 水質監測全面化：建立水質物聯網監測網絡

2. 布建應用智能化：打造智慧布建應用管理體系

(二) 措施步驟

1. 以污染監測應用目的選址，確保監測效益
2. 透過智慧布建應用管理體系，強化數據品質
3. 運用水質物聯網分析應用平台，判斷污染熱區
4. 連結後端執法應用，改善環境品質

(三) 期程及作業程序

水質物聯網未來應透過地方政府合作，配合環保署水質物聯網布建計畫，掌握我國水質污染熱區。建議於 108 年底完成縣市需求調查，於明年 4 月前確認縣市政府應用場域；於 5 月及 8 月分階段執行布建監測；10 月前彙整計畫 106 ~ 109 年 4 年期計畫成果彙整。

四、協助研提審查地方政府所提水質物聯網感測器布建合辦計畫

為推廣應用本計畫研發之水質物聯網感測器，本團隊將協助 109 年地方政府水質感測器布建合辦計畫之研提、評估、規劃、審查，提供專業分析及建議，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。本團隊已於今（108）年訂定合辦計畫規範、範例作業。建議 109 年以固定式、浮動式及手持式 3 種形式應用成果，結合地方政府布建需求，放大物聯網監測應用效益。未來將配合署內持續討論及推動，必要時將召開地方政府溝通協調會議。

第五章、結論與建議

5.1 結論

一、感測元件研發

- (一) 完成酸鹼值、電導度與溫度三合一感測器的精進，其量測範圍與精度/誤差分別為 pH 3 - pH 12 \pm pH 0.5 ($R^2=0.978$)、90 - 10500 μ S/cm \pm 13.5% ($R^2=0.990$)，以及 10 - 85°C \pm 0.5°C ($R^2=0.990$)，並透過清洗與自動校正步驟降低溶出物與電位飄移影響。亦透過授權進行技術移轉與小量生產。
- (二) 同時採用方波伏安法，完成餘氯，以及晶片式重金屬離子濃度(銅、鉛)感測器之研發，其量測範圍與誤差分別為 0.2 - 3.0 mg/L \pm 8% ($R^2=0.953$)、0.5 - 5.0 mg/L \pm 11% ($R^2=0.992$, 銅離子濃度)，以及 0.5 - 3.0mg/L ($R^2=0.979$, 鉛離子濃度)，並進行模組化設計與原型機製作，而原型機分別於自來水廠與實地進行測試驗證。
- (三) 利用光學原理，設計「微型濁度感測模組」，驗證結果顯示：(1)感測模組在動態與靜態之推估結果具有一致性；(2)低濃度(0 - 40 NTU)建議以 VIS LED/散射推估模式/動態檢測方式量測，誤差約為 20%；(3)相對高濃度(40 - 400 NTU)建議以 IR LED/吸收度量測模式/動態檢測方式量測，誤差 $<$ 3%；目前最佳之設計方式建議以 VIS LED 為燈源，同時搭配散射跟穿透量測。

以上所研發之感測器可透過工規連接器與固定式/移動式感測裝置，以及一般監測站進行對接使用，大幅提升研發之感測器使用範圍。

二、水質感測器精進

- (一) 針對不同新興感測模組的研發，以及不同場域的應用，分別完成 3 台固定接觸式新興研發原型機與 3 台固定非接觸式原型機，並透過實驗測試驗證其功能，後續將進行實地測試驗證。
- (二) 優化固定式三合一感測器機構與裝置，完成使用者介面、實驗室測試以及 50 台感測器組裝，並分別於桃園市、新竹縣市與雲林縣進行實

場布建與維運，配合 107 年布建機台共發現 31 件疑似水質污染事件，正配合縣市環保局與稽查大隊進行稽查。

- (三) 完成浮動載具錨錠式與漂流式共 6 台設備製作與實場測試工作。
- (四) 完成移動式三合一感測器的設計，以及 50 套感測器製作，並配合河川教育訓練，提供河川巡守隊員進行使用與意見回饋，做為未來感測器精進之依據。

三、水質感測器布建與維運

- (一) 依水質異常熱區篩選，統整本計畫效益較低之布建點位，於 10 月啟動移機作業，共將 14 台設備移至高污染潛勢區，鎖定特定污染源。
- (二) 完成共 50 台水質感測器選址及布建，包含新竹市、新竹縣、桃園市及雲林縣，主要監測工業區、農田用水、自來水取水口等應用場域，含去年成果，共計完成我國 150 台水質感測器布建應用。
- (三) 本計畫自分別於 5 月、8 月及 10 月(每季一次)進行 2 次現場比對數據查核，數據品質滿意度分別為 88.5、91.3 及 90.3%，每季之有效數據完整率均達到>95%之目標。

四、水科技物聯網應用平台

- (一) 連結終端使用者實際需求，以縣市環保局、督察大隊稽查應用為主，完成水科技物聯網應用平台 5 場次訪談與改良工作。
- (二) 以設備維運管理、水質資料分析自動化處理目標，達到預警、通知、管理功能，輔助以最低維運人力，創造高數據品質，及高效率分析應用。共完成感測器紀錄履歷管理模組、感測器巡檢及維護管理模組、感測器數據品質查核管理模組、感測器狀態異常及檢修管理模組、系統運作儀表及資訊顯示管理模組等 6 大功能模組功能。
- (三) 完成水質物聯網結合產業與民眾需求之推廣應用規劃報告，未來可作為上中下水不同感測設備設計之應用推廣參考。
- (四) 已完成智慧稽查布建維運體系標準作業程序報告，將計畫布建維運三年經驗彙整，供未來縣市合作布建參考。

5.2 建議

一、感測元件研發

- (一) 建議嘗試採用摻雜不同成分之金屬氧化薄膜，以提高酸鹼值量測線性度、準確度、使用壽命，以及三合一感測器的使用價值。
- (二) 餘氯電化學分析部分，後續建議可優先針對濃度梯度因子進行改善，增加相關擾動裝置或藉由電化學逆掃程序，以提升水樣中餘氯接近電極表面的機率，並減緩表面鈍化情形。
- (三) 重金屬晶片化電極壽命較一般電極短，建議未來可改用三極式電極模組，將可大幅增加電極壽命。
- (四) 以光學為原理所開發之感測器雖具備即時監測之功能，但其光學觀景窗容易遭受污染而產生水質監測資料高估的現象，建議未來在模組設計端可多構思系統清潔模式的開發，搭配目前已開發完成之參考光源設計，可大幅提升光學感測器之使用領域。

二、水質感測器精進

- (一) 因應不同場域將採用多種感測器，固定式原型機將進行修正感測器對接方式，確認感測器易於與固定式機台對接。
- (二) 移動式三合一感測器現階段為新開發原型機，透過使用者的使用意見回饋，將針對移動式三合一感測器進行修改與精進，以及加入更多水質測量項目。測試驗證其功能，後續將進行實地測試驗證。
- (三) 國產化水質感測元件可進一步模組化，精進為可整合至不同型態之監測設備，如浮動式載具、自動連續監測設備等。

三、水質感測器布建與維運

- (一) 未來可將效益較低之布建點位，執行移機作業，並提供給各縣市環保局。
- (二) 建議以本計畫開發之固定式、手持式及浮動式監測裝置，結合地方政府應用需求推廣，並嘗試應用於多樣化場域。

四、水科技物聯網應用平台

- (一) 水科技物聯網平台應依縣市環保局、督察大隊使用需求精進，建立帳號權限管理系統，並納入各樣態應用情境需求。

第六章、參考文獻

- Chiang J. L. and Kuo C. Y., “*pH-Sensing Characteristics and Hysteresis Effect of AZO/Glass Extended-Gate Field-Effect Transistor*”, International Conference on Electric Information and Control Engineering, 2011.
- 吳尚璟，“以觸控膜為基材之延伸閘極場效應電晶體應用於水中氫離子濃度感測”，國立中山大學機械與機電工程研究所，碩士論文，2015。
- 葉承諭，“使用 8052 微電腦單晶片、Android 應用程式及 A7125 無線收發模組為主要基礎元件之系統開發、改良與研究”，樹德科技大學電腦與通訊系，碩士論文，2015。
- 松井邦彥，中華民國 88 年，感測器應用電路的設計與製作，台北市：建興。
- Zhang C., Wang J., Olah A., and Baer E., “*Composite nanofibrous microfiltration water filter*”, Applied Polymer, 134(48), pp. 45557, 2017.
- He W., Kim H. K., Wamer W. G., Melka D., Callahan J. H., and Yin J. J., “*Photogenerated Charge Carriers and Reactive Oxygen Species in ZnO/Au Hybrid Nanostructures with Enhanced Photocatalytic and Antibacterial Activity*”, Journal of the American Chemical Society, 136(2), pp. 750-757, 2014.
- 許智豪，淺談行動電源電路之設計，電子技術設計，2014。
- 經濟部標準檢驗局，鋰電池充電器性能與安全測試之研究，2009。
- 葉家宏，直接甲醇燃料電池應用於 3C 便攜式設備效益研究，國立臺北科技大學冷凍空調工程系所，碩士論文，2006。
- Barnard, H., Rhoades, B., Wetzels, C., Derr, A., Zaneveld, J. R. V., Moore, C., Koch, C., and Walsh, I. "Real-time and long-term monitoring of phosphate using the in-situ CYCLE sensor", IEEE Oceans MTS Conference, pp. 1-6, October 2009.
- Cleary, J., Maher, D., Slater, C., and Diamond, D. "In situ monitoring of environmental water quality using an autonomous microfluidic sensor", IEEE Sensors Applications Symposium Conference, pp.23-25, February 2010.
- 廖憶華，以光學頻譜分析定性及定量廢水水質特性之研究，國立中央大學環境工程研究所碩士論文，中華民國 95 年。
- 鄭禹祥，COD、SS 及流量即時自動監測系統之發展與建立，國立中央大學環境工程研究所碩士論文，中華民國 96 年。

- 游佩蓉，利用 UV/VIS/NIR 吸收光譜同步量測水中 SS、有機物及重金屬之研究，國立中央大學環境工程研究所碩士論文，中華民國 98 年。
- 行政院環保署，水質感測物聯網應用技術研發及農地污染潛勢區布建驗證，中華民國 106 年。
- <http://www.libelium.com/water-quality-monitoring-europe-largest-fluvial-aquarium-zaragoza/>
- https://www.s-can.at/index.php?option=com_k2&view=item&Itemid=777&id=91
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815215300293>
- Gao, W., Nyein, H. Y., Shahpar, Z., Fahad, H. M., Chen, K., Emaminejad, S., ... & Bullock, J. (2016). “Wearable microsensor array for multiplexed heavy metal monitoring of body fluids”, *Acs Sensors*, 1(7), 866-874.
- Zinoubi, K., et al. “Determination of trace heavy metal ions by anodic stripping voltammetry using nanofibrillated cellulose modified electrode”, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 799 (2017): 70-77.
- Kavitha, J., et al. “A Mercury Free Dopamine Dithiocarbamate Modified Electrode For Pb (II) Determination by Anodic Stripping Voltammetry”, (2017).
- EPA's Volunteer Monitoring Program :
<https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/epasvmp.html>
- Blue Thumb : <http://www.bluethumbok.com/>
- Water Action Volunteers : <http://watermonitoring.uwex.edu/level1/wav.html>
- EARTHECHO WATER CHALLENGE :
<http://www.worldwatermonitoringday.org/>

第七章、附件

- 附件一、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」審查委員意見回覆
- 附件二、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」第一次工作進度報告委員意見回覆
- 附件三、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」期中報告委員意見回覆
- 附件四、31 件異常事件案例清單
- 附件五、智慧稽查布建維運體系標準作業程序準則
- 附件六、國際水質感測元件及設備應用分析研究報告
- 附件七、水質物聯網結合產業與民眾需求之推廣應用活動規劃書

附件一、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」評選委員意見回覆

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|--|---|
| 1 | 本案經費高及工作項目多，建議增加工作進度報告次數，調整工作報告及期中報告提出時間。 | 本計畫今(108)年度招標時間較晚，計畫書依公告內容須完成之項目進行規劃，後續將依實際需求配合署內調整工作進度期程。 |
| 2 | 研發濁度感測器，廢水放流水、水環境濁度濃度範圍與自來水清水差異甚大，建議先不考量自來水(自來水事業已有健全監測管理系統)，且 SS 為法規管制項目，濁度與 SS 如何轉換，亦於研發時考量。 | 濁度感測器是第一次研發之工作項目，預計以環境檢測為優先，另有鎖定產業作為應用，因此希望亦能推動在自來水之應用。去(107)年已開發 SCOD/SS，SS 部分較適合環境及污水應用，皆使用光學法。 |
| 3 | 研發重金屬感測器，擬改良 107 年度之缺失，感測重金屬項目為何(與 107 年度相同嗎)? 擬改良哪些項目及成效目標。 | 重金屬今年檢測項目跟去年一樣，針對銅及鉛之量測可達放流水標準，但今年將以晶片化為主，去年的三電極系統體積比較大，晶片化在抽換及應用上檢測數據將較為精確及穩定。 |
| 4 | 建議應針對去年執行實測成果進行說明。 | 過去成果說明於 P.120 之團隊工作實績有簡述，請委員參考。 |
| 5 | 宜補充餘氯、溶氧、濁度三種感測器於監資處施政之重要性與連結。 | 新增項目部分，過去多以自然水體、灌溉用水及工業區之重點水質項目為主，希望今年除環境監測外，能擴展至自來水應用及清水監測等其他面向，目前於產業上應用之初步成果已有廠商來洽談，後續配合計畫執行，提出重要施政建議供署內參考。 |
| 6 | 布建場地建議除考量列管農地與工業園區外，應有針對 sensor 於極端環境應用之。 | 極端環境部分，目前尚無此規劃，後續將配合計畫與署內討論是否要作極端環境測試。 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|--|
| 7 | P.118 水質資訊系統開發測試編列 100 萬，是否包含 P.86-P.98 各項精進功能？ | 經費分析部分，水質系統平台開發編列 100 萬主要以系統數據串流、數據分析、布建維運自動化管理系統，最後彙整成一派工系統，其中分設備異常跟水質異常管理，最終作決策應變。另水質異常分析開發編列 75 萬，主要針對異常案例部分並設計自動化的專案異常追蹤管理及人力分析。 |
| 8 | P.50 開發 NBIOT 的通訊模組，是尋找或組合既有商品化產品，否則未來是否有經濟規模？ | NBIOT 部分工作團隊所使用之通訊模組為自行開發，希望以抽換式為主，可針對不同應用場域及通訊需求進行立即性抽換，並應用於大規模場域布建及商品搭配合適之感測項目。 |
| 9 | P.99 「規劃空品物聯網」，「促進空品感測國際認證」，是否應改為水質才對。 | P.99 空品部分係為誤植，將再作錯誤修改。 |
| 10 | 既有模組實際的數據完整率與品質滿意度為多少？ | 去年品質滿意度接近 90%，完整率接近 96%，均高於去年標準 85%，故今年 85% 應該可以達成。 |
| 11 | 現有發展的感測元件，有哪些適用的對象，請說明。 | 過去所研發之感測元件項目為酸鹼度、電導度、溫度、重金屬、化學需氧量及懸浮固體物，並於工業區、河川流域及農地灌溉渠道進行布建測試，之後規劃將開發成果推廣於環保稽查、水保及水利單位，以提高產品之應用性。 |
| 12 | 研發之系統或元件是否已申請專利，創新之處為何，請說明。 | 工作團隊所研發之感測元件在 106 年及 107 年已針對部分開發成果進行 2 國 3 項次之專利申請，今年度規劃會 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|--|---|
| | | 針對感測器本身之系統進行專利申請，以利進行產品後續之推廣與技轉。 |
| 13 | 成本分析建議列入考慮。 | 成本分析部分，感測器硬體物料清單與單價已詳細列出計算，今年對設備的研發會更明確，並加上研發投入人力及時間，針對成本分析將更加精確，後續再提供給署內及委員參考。 |
| 14 | 各國之發展狀況和比較可簡單說明。 | 各國技術發比較，可參考服務建議書中 P.5-12 感測項目與國際重要產品之差異化競爭策略分析。 |
| 15 | 未來的產業效益應列入分析。 | 未來的產業效益除參閱上述 P.5-12 外，亦可參考 P.107-110 之計畫預期效益，有針對目前所開發產品之各項效益進行說明。 |
| 16 | 既有分析模組的應用問題，未說明今年度的計畫內容，未針對過去問題進行重點規劃。 | 去年由於感測數據不穩定，造成預警模組測試期程過短且未能調整完善，陸續發現許多設備異常導致的感測數據現象，今年將持續滾動式修正預警分析模組，並依據實際使用需求調整源頭分析、熱區分析及快速稽查模組。 |
| 17 | 偏重技術說明，應用和展示說明偏少。 | 問題導向部分，目前已有監測設備廠商有興趣，均在洽談中，後續有機會作推廣應用。 應用和展示部分，今年預計產出原型機及感測器，配合縣市環保局進行特定場域布建及分析相關案例，提供稽查人員參考，另提供移動式感測器供相關人員應用。 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|--|
| 18 | 感測器之校正及偏移如何追蹤及調整？以確保數據品質？可否商品化？專利？ | 校正偏移部份，設備開動時均會校正，另操作中亦有自動校正，將加強維護，確保監測數據品質。另以網路數據分析數據異常情況，若異常非環境問題而是設備問題，將作改正。另今年將優化感測器模組及電路設計，以商品化為目標，並已申請相關專利。 |
| 19 | 最低偵測極限是否滿足不同布建需求？相對於環境背景濃度或放流水標準是否可以測得？ | 最低偵測極限部分，感測器設計時已考量不同場域布建可量測最大範圍，透過電路設計的匹配以調整量測準確度，於現場校正程序即能測得環境背景濃度或放流水標準。另去年有配合環保署中區督察大隊將感測器放在一些非法工廠周邊，以 pH 跟導電度較惡劣的環境為主，今年將配合找其他不同場域做為測試。 |
| 20 | 針對過去遭遇困難如何有效克服？例如儀器校驗保養、數據傳輸、資料分析及應用等？ | 去年遭遇的問題部分，先前計畫有呈現，後續將彙整列出相關事項及今年預計如何改善之方向，並於第一次工作會議上詳述。 |
| 21 | 對於不同河段條件，有無設置建議重要事項？若為魚群大量死亡監控如何進行？ | 設置河段條件建議水體離岸邊近，以利固定水質監測設備（浮動式/固定式），且方便人員維運及校正，並需注意水流量大時水位高度，避免淹過水質感測設備，若周遭有電力設備可接電宜佳。針對大量死魚監控，建議挑選下游場域（DO 低），採用浮動式水質監測設備，連續監測一週，掌握水質 EC、pH、Temp.、DO，瞭解 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|----------|-----------------------|
| | | 可能造成死魚之異常感測項目，以利後續應變。 |

附件二、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」第一次工作進度報告委員意見回覆

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|--|
| 1 | 針對執法應用方面，建議團隊與處內、地方環保局及督察大隊針對工業區內的污染熱區或可疑廠場成立專案，建立感測器實際操作及稽查應用 SOP，作為示範案例。 | 感謝委員意見，今年將篩選出 30 件水質污染異常案例，並挑選其中數件與稽查執法單位合作，以建立感測器實際操作及稽查應用 SOP，作為示範案例。 |
| 2 | 手持式水質感測器請搭配環境教育推廣應用，配合環境水質監測日，設計應用情境及相關活動，後續提供河川巡守隊等一般民眾使用。 | 感謝委員意見，本團隊將於 9 月中測試手持式水質感測器，確保具良好品質，透過署內大型活動發表，後續提供河川巡守隊等一般民眾體驗測試。 |
| 3 | 固定式水質感測器請規劃與水質自動連續監測設備 CWMS 作平行比對及監測，如比對污水處理廠或科學園區等放流口所設置之自動連續監測設備是否有一致性或異常情形，增加感測器之情境運用。 | 感謝委員意見，本團隊今年布建之場域已有規劃與多家水質自動連續監測設備 CWMS 作平行比對及監測，亦包括污水處理廠或科學園區等放流口，其中在新竹縣市設置 3 點，雲林縣亦有 3 點以上之規劃。 |
| 4 | 水質感測器之基本規格、效能、耐用性及穩定性等各項參數請確認清楚。 | 對於水質感測器之基本規格、效能及穩定性等各項參數已確認清楚，後續將針對感測器耐用性進行測試驗證，以期減少維運工作的負擔。 |
| 5 | 請針對去年所布建之 100 組水質感測器，重新檢視數據品質、資料傳輸、校正及維運等流程，找出數據偏移原因；另彙整感測元件老化鑑定方法與布 | 感謝委員意見，目前針對數據偏移原因歸納出機台異常、布建環境影響或者是元件老化等因素，並針對相對因素建立錯誤代碼，例如流道堵塞，水樣不易排出，為機台異常，其錯誤代 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|--|---|
| | 建過程產生的問題，以供未來布建參考。 | 碼為 512；現場水樣混濁或是流速過快造成無法取樣，為環境影響，其錯誤代碼為 256；再者，監測數據無法傳送，其錯誤代碼為 2。透過錯誤代碼的建立讓讓平台系統可以加以辨別，用於派工維修以及數據分析篩選。 |
| 6 | 固定式、手持式及浮動式感測器測試數據請彙整提出並上傳至工作群組，定期回報研發及布建進度，所有的工作期程請於查核點前一個月提出並提早完成。 | 團隊定期回報感測器研發、測試與布建進度，以及測試成果，工作期程並會盡早完成。 |
| 7 | 餘氯感測元件多使用於自來水場域，故量測範圍應至少涵蓋飲用水水質標準之上下限。另請加入餘氯感測元件使用情境說明（如自來水、污水或游泳池）。 | 感謝委員建議，目前餘氯感測範圍已新增至 0.2~3.0 mg/L。且未來使用情境可配合自動化監測系統，並應用於自來水、養殖漁業或游泳池等場域當中，以確保水中餘氯含量，即時發出警示提醒，以達到自動控制加藥等智能運作。 |
| 8 | 浮動式感測器測試結果在 pH 及 DO 數值均有飄移趨勢，請進行連續性測試其穩定度，同時請以手持式設備平行比對數值。 | 感謝委員意見，團隊已同步進行實驗室及實場測試，依據 8~9 月測試結果，DO、pH 穩定度及準確度皆具良好品質，為求實驗精準，本團隊已購置更高階手持式設備，後續將進行比對。 |
| 9 | 專利申請進度請於期末報告中說明申請流程，並補充提出申請及專利通過時間。 | 已對專利申請與答辯進行補充說明，清楚條列專利申請日與案號、答辯情況，或者獲證日期與證書字號。 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|--|
| 10 | <p>「智慧稽查布建維運體系標準作業程序準則」中，建議將影響水路安全之虞的橋梁點位直接刪除；另作業程序過於繁複，請持續滾動式修正並以圖解方式簡化內容。</p> | <p>感謝委員意見，已修正於「智慧稽查布建維運體系標準作業程序準則」，並精簡作業程序，將於後續期程滾動式修正。</p> |
| 11 | <p>本計畫請強化計畫成果展現及實際應用案例。</p> | <p>感謝委員意見，本計畫將強化實際應用面，於年底彙整「CWMS 比對結果」、「水質異常案例分析」及「多樣化水質感測設備應用實例」，加值本計畫成果。</p> |

附件三、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」期中報告委員意見回覆

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|--|
| 1 | 實際進度計算之依據為何？（P.22~P.24） | 實際進度為以實際工作進度、查核點完成情形及執行期程為計算依據。 |
| 2 | R2 為 R^2 之誤，精確度及誤差的定義為何？（P.20~P.21） | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 精確度(Precision)係指該量測方法或技術之穩定性，即重複量測同一濃度或水樣時，各量測結果之間的相似程度。 ➤ 誤差(errors)則係指量測結果偏離真實值的程度。 |
| 3 | 濁度感測器元件開發部分，圖 2.37 為吸光係數或吸光度？另單位 FNU 為何意義？（P.63~P.68） | <p>感謝委員指正，說明如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 此圖表示的物理意義應為吸光度 (ABS)，已於期末報告中修正感謝委員指正 ➤ NTU 指 散 射 濁 度 單 位 (Nephelometric Turbidity)，表明儀器在與入射光成 90°角的方向上測量散射光強度。FNU 指福爾馬 胼 (Formazin Nephelometric Units) 散射法單位，同樣表明儀器在與入射光成 90°角的方向上測量散射光強度。 ➤ NTU 用於 USEPA 的《方法 180.1》和《水和廢水標準檢驗法》。FNU 用於歐洲的 ISO7027 濁度方法。 ➤ FAU，即福爾馬胼衰減單位，表明儀器在與入射光成 180°角的方向上測量光線穿過樣品後的衰減 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|---|
| | | <p>程度。通常用分光光度計或是色度計進行這種測量。</p> <p>➤ 無論採用何種濁度單位，NTU、FNU、FTU 或是 FAU，標定所用的均是同樣的福爾馬肼基準物。因此，對同一份福爾馬肼標準液進行測量時，用任何單位表示的值都是一樣的，但測量樣品時，不同單位表示的值可能會有顯著差別。</p> <p>本報告避免誤解－在研發部分成果均統一為 NTU 的單位，僅在建議規格部分會以儀器規範角度出現 FNU 或是 FAU 的單位。</p> |
| 4 | <p>去年計畫執行情形宜在前言說明清楚，以避免在本文出現無法瞭解。(P.69、P.71、P.75)</p> | <p>謝謝委員提醒，已修正在本文出現的去年計劃執行情形。</p> |
| 5 | <p>數據品質滿意度判定偏低或異常者，宜詳加研析。</p> | <p>感謝委員提醒，本計畫後端有數據分析團隊，會參考此項資訊多做確認，必要時採樣確認或通報稽查單位。</p> |
| 6 | <p>工研院團隊已依規定進行各項工作，成果豐碩，工作值得肯定。</p> | <p>謝謝委員。</p> |
| 7 | <p>報告前頁之基本摘要中：</p> <p>a. 主要執行內容建議以工作實績置入而非規定工項。</p> <p>b. 查核點內容達成情形請將各規定值均予說明（如導電度±15%誤差達成狀況）</p> | <p>a. 感謝委員指教主要執行內容改以質化與量化描述本計畫實績。</p> <p>b. 謝謝委員的意見，各項查核點達成情況已完成撰寫，且詳細說明完成實際狀況與測試驗證數值，並確認與合約規定無誤。</p> |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|---|
| 8 | <p>所開發之餘氯以自由有效餘氯為主，是否適用於結合有效餘氯之監測？</p> | <p>本技術方法為以方波法為基礎，透過偵測自由餘氯在特定電位下還原時所產生之電流，以換算水樣中自由餘氯濃度，故亦可透過還原結合有效餘氯，即一氯胺及二氯胺時所產生之電流值，偵測其濃度，惟其適用電極及電化學參數，與自由有效餘氯具有其差異性，故仍需透過相關試驗進行驗證評估。</p> |
| 9 | <p>對於濁度：</p> <p>a. 因有參考光源、清洗等單元，請說明是否會受濁度顆粒特性（如成分、形狀、黏度等）影響。</p> <p>b. 在檢測測試中，以 NTU、FTU、FAU 呈現之結果是否相同？</p> <p>c. 有 1、3、5cm 光徑模組，偵測極限不同，是否有客製化之規劃？</p> | <p>感謝委員意見，回覆如下：</p> <p>a. 濁度確實會受顆粒特性影響，有鑑於此，研發團隊有蒐集國內外著名大廠儀器之演算方式，後續將以參考光源修正與多重演算模式來適應不同類型之濁度型態，動態修正不同場域的結果。</p> <p>b. 感謝委員意見，NTU 與 FTU 均為標準方法 USEPA 180.1 與 ISO7027 所採用之散射量測單位，而 FAU 則為穿透量測單位，標定所用的均是同樣的基準物(Formazin)。因此，用任何單位表示的值都是一樣的。</p> <p>c. 目前設計可適用於自來水與相對高濁度的情境，光源模組與電路設計均已完成，未來如需客製化僅需在測試模組組件中修正即可。</p> |
| 10 | <p>重金屬分析元件因需前處理，</p> | <p>1. 重金屬元件為穩定電化學反應環</p> |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---------------------------------------|---|
| | 請說明其方式。另元件能測量多少種重金屬？項目為何亦請說明。 | <p>境，需添加緩衝溶液。在本年度反應槽設計中有使用微流道混合的方式進行緩衝液與水樣混合。</p> <p>2.可量測重金屬種類取決於電極、緩衝溶液、操作條件等因素，目前可量測之重金屬為 Cu^{2+} 與 Pb^{2+}。</p> |
| 11 | 微流道之流動狀況，除均勻度外是否考量堵塞問題？ | 微流道設計確容易堵塞，故在先前感測器水樣抽取至所有感測元件前均有過濾裝置。未來會將更細的過濾方法規畫至模組精進規畫中。 |
| 12 | 通訊現已有 5G 通訊，其適用狀況如何或有規劃加入？ | 5G 通訊包含寬帶(wide band)與窄帶(narrow band)二個應用領域，其中寬帶的特點在於高速低延遲，對於需要即時反應且大量傳輸的應用來說有助於效能提升，例如自動駕駛車、遠端機械遙控、分散式運算等，但目前尚未商業運轉且預估通訊費用高昂。而環境監測屬於週期長且低速需求，相對需要的是低功耗低成本的窄帶通訊，本年度使用的 NB-IoT 就是屬於 5G 通訊中窄帶主流技術。 |
| 13 | 已裝設或布建成果，因已可呈現異常狀況，請考量結合稽查，讓成果更具成效。 | 感謝委員意見，本年度會依據異常案例的篩選結果，與地方環保局或是稽查大隊進行適宜之後續動作，讓成果最大化。 |
| 14 | 手持式之檢測器可協助考量如何與河川巡守或地方環境志工結合之方式，研提建議。 | 感謝委員的建議，將以河川巡守隊為優先使用對象，使用前將進行教育訓練，讓巡守隊員隨時進行水質量測，並針對異常部分進行拍照與備註，同 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|--|--|
| | | 時有蒐集使用情況，以做為後續精進之依據。 |
| 15 | 本案各查核點至 9 月底止，實際執行進度已達 70%，符合契約要求。 | 謝謝委員。 |
| 16 | 應用平台中已完成維運管理各模組，應有實際的使用才能知道問題，例如現場檢修、履歷管理等，如果無更新資料、不願輸入，模組將閒置。 | 感謝委員意見，本團隊已於 11 月正式啟動智慧維運管理系統多項功能，維運人員每天依據系統預警設備異常情形，回覆並調派人力維運，系統以最簡易化設計，增加使用意願。 |
| 17 | P.176 水質物聯網推廣應用規劃，內容多為國外的案例說明，除了公眾參與、資訊公開外，國產化感測元件較少規劃。 | 感謝委員意見，本團隊已強化國外研發元件端說明，列舉主要研發感測項目，並建議我國水質感測元件、設備及應用發展情境。 |
| 18 | 巡檢規劃每 2 週一次，是否每 2 週要維護保養？ | 感謝委員意見，目前之簡配機台為 2 週維運一次，但另有機動叫修之團隊，處理臨時出現異常狀況之機台。 |
| 19 | P.31 提到水位偵測功能，目前生產之電路板是否已加入此項測值？ | 謝謝委員的意見，目前水位計已納入電路製造試量產中，而其主要功能在於控制取樣與校正幫浦的驅動，後續將考量應用於實場水位量測上。 |
| 20 | P.35 配合明年合辦期程，目前三合一感測模組技術移轉進度為何？須盡快移轉製造商，讓製造商可以量產提供市場需求。 | 感謝委員的建議，目前已跟相關廠商完成 MOU 跟 NDA 之簽署，其授權合約亦正在議約中。現階段亦配合廠商在進行試量產，以便進行驗收標準之修正。 |
| 21 | P.115 手持式感測器請盡速完成使用人員回饋修正及商品化產出。 | 感謝委員的建議，現階段已經完成第一階段使用者的意見回饋，並進行修改精進。 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|--|
| 22 | P.124 今年可移機之 21 台，請盡速完成機台模組更新及移機作業。 | 感謝委員意見，計畫團隊完成機台模組更新，會儘速針對需移機之地點進行作業。 |
| 23 | P.132 今年有新增與 CWMS 比對機台，後續請分析與 CWMS 比對成果。 | 感謝委員意見，與 CWMS 之比對結果已於例行月進度提出，目前比對趨勢一致。 |
| 24 | P.139 請補充 7-9 月有效資料完整率。 | 感謝委員意見，已補充於期末報告，請參閱 p.164。 |
| 25 | 查核數據第二季相較於第一季，在 COD 及銅離子部分，滿意度均有明顯降低，潛勢工廠區 I2 及龜山工業區 RD09，後續針對提高數據品質滿意度該如何精進？更換感測器模組之期程請盡速提出。另請說明是委託哪間檢測機構查核。 | 感謝委員意見，說明如下： a. 本年度數據滿意度之查核單位為清華檢驗公司 b. 數據滿意度部分，SCOD 部分在第二季滿意度稍低的原因推估應為夏季水溫較高，水中細菌較容易滋生，對光學檢測較為不利，此現象在最後一季的滿意度已有明顯回升；而銅離子部分，因可符合檢測水樣之樣本數較少，應不算是明顯降低，整體滿意度大多在 60-80%之間跳動。 |
| 26 | P.158 水質異常事件 2：請確認高污染風險稽查時段，應該是上午 9 到 12 點左右。 | 感謝委員意見，高風險時段已修正為上午 9 到 12 點。 |
| 27 | P.161 水質異常事件 8：潛勢工廠區 I5 可疑廠場宏企工業已經歇業，惟銅濃度仍然偏高，請團隊針對該點感測模組進行更換，以確認數據正常性，並確認周遭是否有其他污染來源。 | 感謝委員意見，團隊已針對該點採樣，確認銅離子仍偏高，範圍界在 0.5 ~ 1.5 mg/L。 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|--|
| 28 | <p>P.167 設備異常規則中，偵測極限為導電度超過 5,000μS/cm，但今年導電度偵測可提升至 10,000μS/cm，請再確認設備異常規則是否修正。</p> | <p>感謝委員的意見，相關極限設定已經修改，並且配合錯誤代碼 (Error Code)的建立，可作為後端平台判斷之依據。</p> |

附件四、「水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用」期末報告委員意見回覆

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|---|
| 1 | 本計畫之執行結果相當值得期待。 | 感謝委員。 |
| 2 | 餘氯感測請進一步說明是否能區別自由餘氯及結合餘氯。 | 本技術方法為以方波法為基礎，透過偵測自由餘氯在特定電位下還原時所產生之電流，以換算水樣中自由餘氯濃度 同理，亦可透過還原或氧化結合有效餘氯，即一氯胺及二氯胺時所產生之電流值，偵測其濃度，惟其適用電極及電化學參數，與自由有效餘氯具有其差異性，故仍需透過相關試驗進行驗證評估。 |
| 3 | 三合一水質感測器模組，除了酸鹼度、電導度及溫度外，是否可能有其他組合，例如：酸鹼度、濁度、餘氯等。 | 謝謝委員的意見，固定式/浮動式水質感測器可擴充對接其它感測器，增加其應用範圍，然唯一要考量在於控制程序與水路修正，這將會影響感測器改裝時程，而手持式感測器除了感測器可以晶片化整合多重水質測項(例如電化學量測)外，基本係為單一水質測項。 |
| 4 | 限制條件部分，除了髒污等物理性條件外，是否有特殊之干擾物質，建議進一步說明。 | 謝謝委員的建議，目前正透過EDS等精密儀器分析造成感測器破壞的化學成分與原因，確認感測器破壞模式，以便建立相關布建限制條件，提高感測器的使用成效與壽命。 |
| 5 | 濁度之適用範圍宜明確訂出，用「低」「高」濁度易造成混 | 感謝委員的建議，低與高濃度為計畫初期所擬定的相對性標準，未來本計 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|--|
| | 淆或誤會。 | 畫所開發之光學式濁度感測器會依不同水源建立不同特性與濃度之檢量線，並標註其相關可量測範圍與誤差量化數據。 |
| 6 | 維運管理系統應有相當實用性，可進一步推廣應用。 | 感謝委員意見，本團隊將持續精進，並推廣至其他應用領域。 |
| 7 | 工研院團隊已依規定進行各項工作，均有相當豐富具體成效，工作值得肯定。 | 感謝委員肯定。 |
| 8 | 報告中尚有「預計」達成之敘述（如 IV），請修正。 | 謝謝委員提醒，已刪除「預計達成」之字眼。 |
| 9 | 計畫中感測模組各物種檢量線是否需符合 $R^2 > 0.995$ 之規定？或有其他基本設定之基準值（若有，其依據為何？）。 | 感謝委員的意見，目前團隊所開發之裝置檢量線，其 R^2 的建立會大於 0.999，而實際場域的水質特性變異較大，其誤差是依據實際量測與標準方法比對後以誤差百分比作表示，主要參考依據以國內 NIEA 標準為主。計畫中感測器之應用目的，主要為作於即時預警之裝置，其優點為偵測時間短，且可用於現地偵測。目前開發電化學感測器標準檢量線 R^2 分別為 0.95(餘氯)、0.98(重金屬)，與市售儀器量測結果相比誤差小於 11%，且依據分析操作人員經驗，當水質分析儀器誤差 $\pm 15\%$ 為可接受範圍 |
| 10 | 設計上電路板改用 PCB 板，故在其使用之物料上，可考量符合 RoHs 規定。 | 謝謝委員的建議，PCB 製程均符合 RoHs 規定，相關證明亦請製造商提供。 |
| 11 | 在微流道混合槽，對污水其可 | 餘氯感測器之應用情境，主要為針對 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|--|--|
| | 能堵塞狀況控制方法請說明。 | <p>民生用水，其因水質狀況較為良好，較無堵塞情形發生之虞；重金屬感測器之應用情境，較鎖定於地面水體或工業廢水排放管道，為避免水中污染物造成微流道堵塞及感測誤差，於感測器前會加裝前過濾，以預先將可能造成堵塞之物質去除。</p> <p>此外，本感測器之設計，於各試驗進行前後可以清水進行清洗，且於固定保養期間可進行反洗程序，以減少微流道堵塞之虞。</p> |
| 12 | 對於濁度因低與高在散射與穿透光效能有異，故於實際運用上是否有綜合性彈性調整功能。 | <p>感謝委員的建議，本計畫所開發之光學式濁度感測器利用同步感測散射與穿透光強度，搭配參考光源，建立 4 種不同之演算模式，並建立不同濃度之檢量線，透過電路調控與智慧學習，可彈性調整量測檢量線的使用。</p> |
| 13 | 對於晶片易有電極損壞狀況平均 2 週換一次晶片，請與市售產品比較。 | <p>謝謝委員的意見，目前市售傳統感測器一般標示使用壽命為 1 年，本計畫所研發的感測器使用壽命約在 2-3 個月，而在惡劣的監測環境下僅能維持 2 週左右，因此目前除了分析感測器的破壞模式外，亦在精進感測器相關的材料與製程，冀望能加強感測器的耐候性與使用壽命，以提高競爭力。</p> |
| 14 | 建議中電極壽命狀況可再考量修正。 | <p>謝謝委員提醒，已修正 5.2 章第一部分第四項。</p> |
| 15 | P.191 判定設備異常或水質異常，除了判讀條件外，系統預 | <p>感謝委員意見，本系統以統計法則及 Error Code 判斷異常後，仍須人工判</p> |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|---|
| | 警後是否仍需人工介入？ | 斷確認異常情形，系統將依據誤判及準確判斷情形，滾動式修正判斷法則。 |
| 16 | P.184 水質異常中選出7件高關注案例，在 P.189 則選出5件環境執法應用，兩者標準有何不同？ | 感謝委員意見，高關注案例是指污染源明確、週期明確之異常站點資訊。5件環境執法應用是依據高關注事件中，與新竹市環保局合作，挑選其中5家污染源作為稽查標的。 |
| 17 | 維運管理系統對站點搬遷資訊的紀錄是否有保存？ | 感測委員意見，本計畫於測站搬遷後不會刪除數據，僅於系統頁面隱藏，未來仍可於後台查詢歷史數據。 |
| 18 | 水質感測物聯網、水科技物聯網、水質物聯網、WIOT 等名詞不一，但在網路搜尋多連結至水利署的水資源物聯網，未來宜與水利署有所區隔。 | 感測委員意見，目前系統尚未開放公開查詢，未來將定義本系統名稱為「水科技物聯網應用平台」，已修正於期末報告。 |
| 19 | 請團隊彙整本計畫各類型感測器之應用對象、場域、情境及範圍，並說明其可解決之問題及預期成果。每項產品需有對應之最佳應用情境，如未來可與自來水處之合作，執行相關平行比對測試驗證。 | 謝謝委員的建議，團隊已開始彙整目前所研發的各形式感測器裝置，並針對使用限制規劃相對應的應用情境，讓研發的感測器裝置能夠達到最佳應用以及顯著的稽查成效。 浮動式監測設備主要提供給專案型稽查計畫使用，可於固定場域連續監測1個月，或調查某條流域上中下游水質；另也可推廣至產業應用，如養殖漁業、農業、智慧水塔等用途。 |
| 20 | 目前所設置之 150 組固定式感測器，請就設備所呈現之狀況(如數據偏移、數值未變化等) | 本計畫於計畫期程盤點過 150 台感測設備，依據數據異常頻率、維運困難度等條件，判斷是否具效益，篩選出 |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|---|---|
| | <p>、感測器布建設置標準、值得持續觀察之熱區及水質穩定無須加強監測之點位，提出布建成果彙整並分析數據，另盤點各類型感測器之使用限制，並提出替代方式。</p> | <p>21 台可移機感測器，並就有效益之點位，提出 31 件污染特徵及異常案例，實際與環保局合作稽查。未來將進一步分區確認每一台感測器具體效益，如數據偏移、數值未變化等，並與縣市合作，強化潛勢污染源監控，及其他擴充應用用途。另外，固定式感測器具有揚程過高、河川離岸太遠會不易取水等使用限制，可搭配深水泵取水或移動監測位置改善取水限制；手持式部分，則為不便於直接伸入水體量測，可透過取水裝置或加設小型取水泵作為替代；浮動式感測器的使用限制為無法布建於感潮河段、水深至少 30 公分、電池供電僅限 3 天，若搭配太陽能板，太陽能板線應避免風吹水流拉扯，另需定期清潔防撞柵欄之雜物，使得水流交換穩定、需定期（約 1 個月）維護校正感測器，布建時避免水位超過防水盒上蓋接縫及側傾，暫無使用時須將 sensor 保護蓋套上避免老化，漂流式則不適用障礙物過多河川、下游回收處寬度小於 10 公尺，或有橋處回收。</p> |
| 21 | <p>請於報告書中說明固定式感測器與 CWMS 數據之比對，未來感測器是否能取代 CWMS？建議團隊未來可將儀器架設於污水處理廠或下水道系統放流水</p> | <p>謝謝委員的建議，現階段已於科學園區污水處理廠排水口裝置感測器，並亦取得汙水廠 CWMS 相關資料，其比對成果亦補充在報告書中，而結果顯示目前仍須精進感測器的準確性與</p> |

| NO | 評選委員審查意見 | 廠商答覆情形 |
|----|--|---|
| | 進行測試結果加以整理說明。 | 穩定度，才有機會取代 CWMS。 |
| 22 | 期末報告之結論請以結構化撰寫呈現。 | 感謝委員的指教，已將結論改以結構化方式呈現。 |
| 23 | 本年度須產出之 3 台固定非接觸式原型機在書面報告僅說明機構設計，尚未看到實驗室測試驗證內容及數據。 | 謝謝委員的意見，已將測試驗證結果補充在報告書第 112 頁。 |
| 24 | P.121 浮動式感測器在芎林鹿寮坑溪場域測試結果，導電度在 11/1 及 11/4 有數據異常及中斷狀況，其原因為何？ | 感謝委員意見，經確認後為溫度感測器出現不穩定情形，將持續釐清問題。 |
| 25 | P.148 今年有新增與 CWMS 比對機台，但於報告書中未有說明感測器與 CWMS 比對成果，請補充說明。 | 謝謝委員的建議，針對固定式水質感測器與 CWMS 的成果比對，已補充在報告書中第 155 頁。 |
| 26 | P.191 設備異常規則中設定導電度超過 $5,000 \mu S/cm$ 即觸發規則，今年度導電度已修正上限為 $10,000 \mu S/cm$ ，請修正。 | 感謝委員的指教，已在期末報告書中修正電導度量測上限為 $10,500 \mu S/cm$ 。 |
| 27 | P.207 直接讀取水質測「質」，應為「值」。其他錯誤文字亦請檢視修正。 | 感謝委員提醒，已在期末報告書中修正為水質測「值」。 |

附件五、31 件異常事件案例清單

一、 高關注清單：

(一) 事件 1：新竹市香山工業區 I_4pH 易出現高值（圖 4.32）。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|--------------|------------------------|------------|
| 01 | 新竹市香山工業區 | I_4 (pH) | 監測華俊機械模具前排水道 | 8/27~9/1 16:00 ~ 20:00 | 華俊機械模具有限公司 |



附件 1.1 高關注_水質污染事件 1

(一) 事件 2：新竹市香山工業區 I_3pH、EC 易有連動高值訊號（附件 1.2）

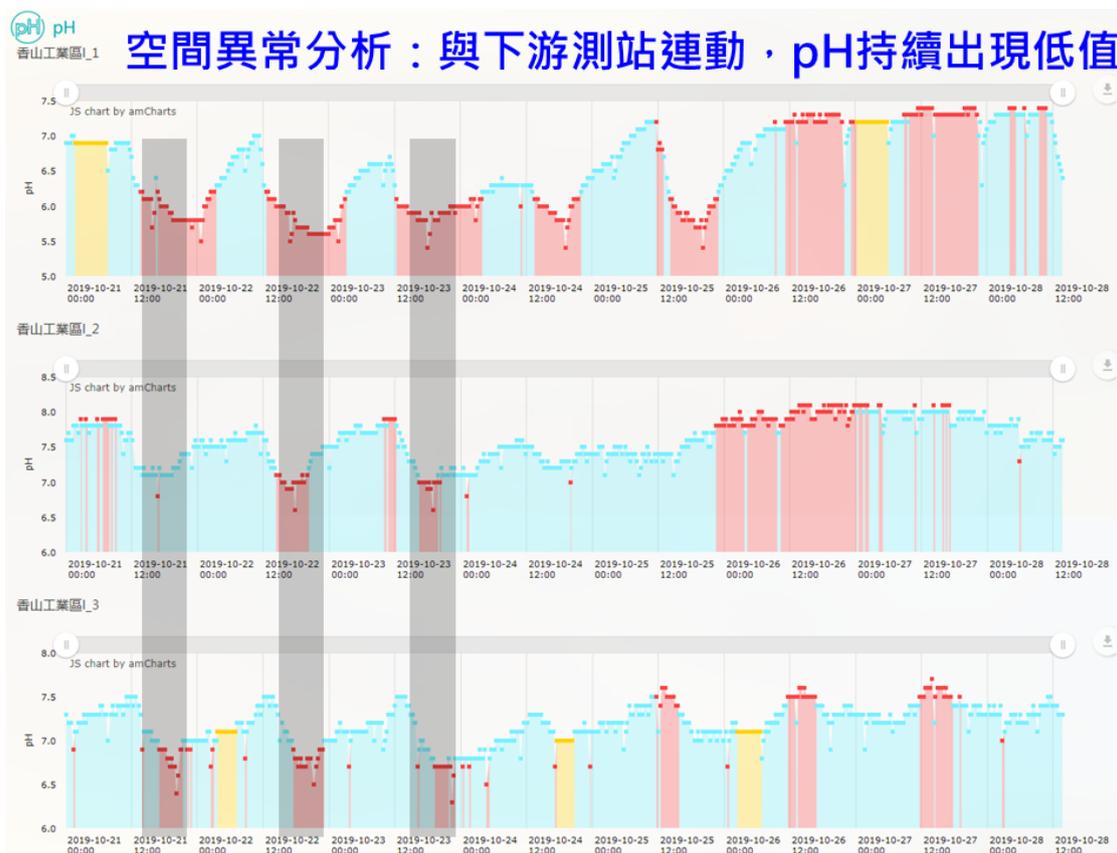
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 02 | 新竹市香山工業區 | I_3(pH, EC) | 位於環保局、農田水利會測站旁，監測排水道 | 8/20 12:00~17:00 | 新鶴、隆和、機達、申章 |



附件 1.2 高關注_水質污染事件 2

(二) 事件 3：新竹市香山工業區 I_1pH 易出現低值（附件 1.3）。

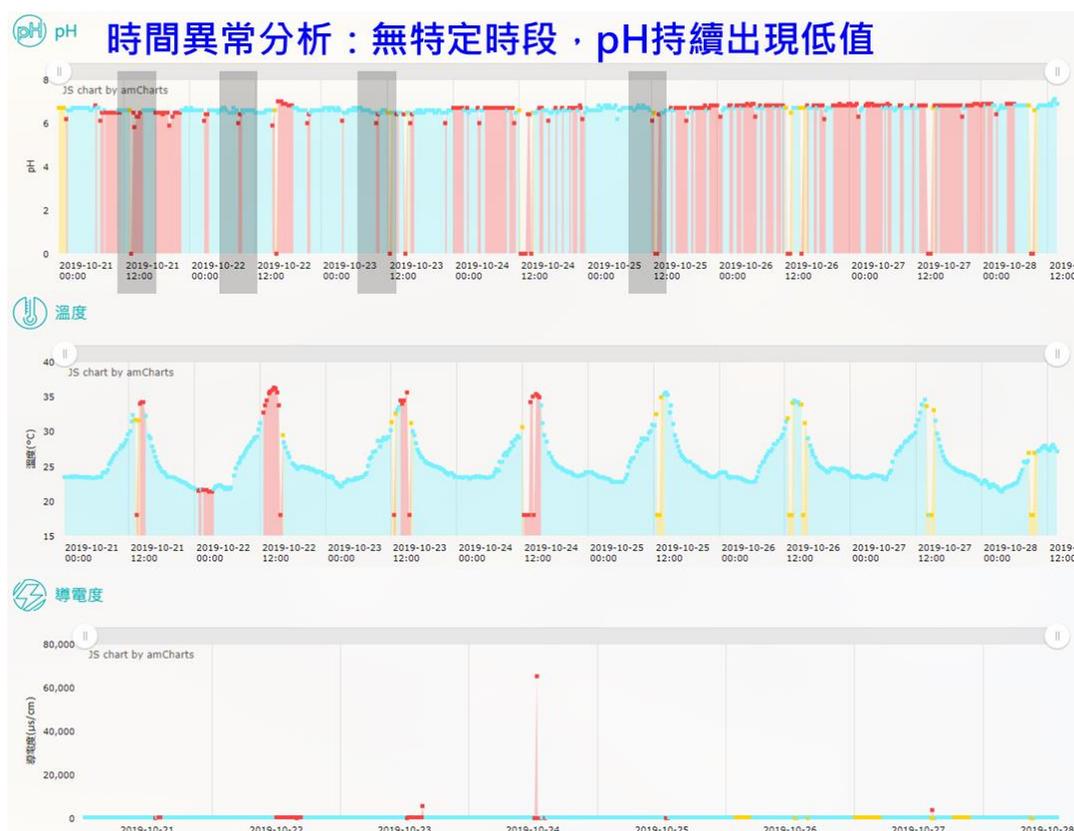
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|----------------|----------------------------|---------|
| 03 | 新竹市香山工業區 | I_1 (pH) | 監測汀甫圳八輪支線工廠排水道 | 10/11~10/13 14:00~17:00 | 與EPB確認中 |



附件 1.3 高關注_水質污染事件 3

(三) 事件 4：新竹市香山工業區 I_7pH 易出現低值（附件 1.4）

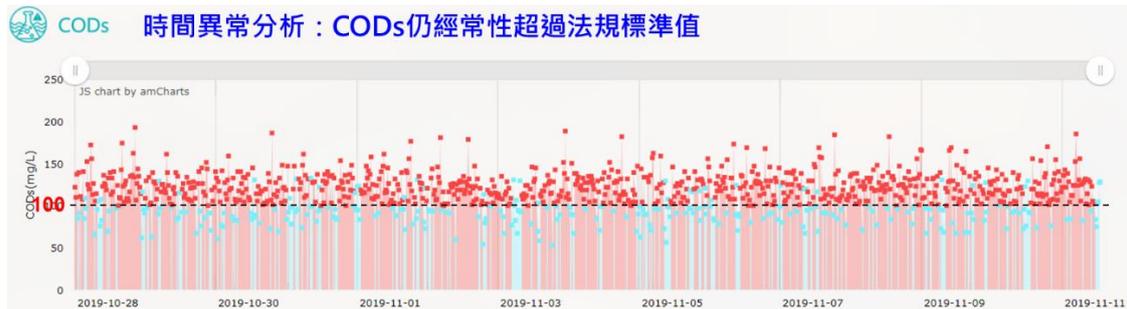
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|--------------------|------------------|-------|
| 04 | 新竹市香山工業區 | I_7 (pH) | 監測牛埔溪支線末端 16~17間工廠 | 10/7~10/14 無特定時段 | |



附件 1.4 高關注_水質污染事件 4

(四) 事件 5：南崁溪工廠 I_4SCOD 經常超過法規標準值（附件 1.5）

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-------|-----------|---------------|------------------------|--|
| 05 | 南崁溪工廠 | I_4(CODs) | CODs經常超過法規標準值 | 5/6~6/5 16:00~20:00 | 千邑企業股份有限公司二廠 (為桃園市環保局提供之總量管制區高污染潛勢事業名單) |



附件 1.5 高關注_水質污染事件 5

(五) 事件 6：南崁溪工廠 I_5 銅離子經常高於 2.5mg/L 以上，甚至有時候已高於 3mg/L，超過法規標準值（附件 1.6）

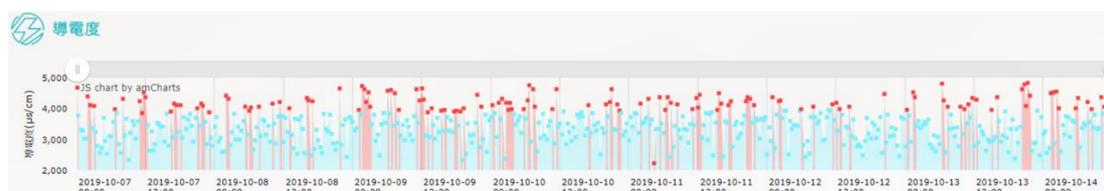
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-------|------------------------|---|------------------------|---------------------|
| 06 | 南崁溪工廠 | I_5(Cu ²⁺) | 銅離子經常高於 2.5mg/L 以上，甚至有時候已高於 3mg/L，超過法規標準值 | 5/6~6/5 13:00~19:00 | 宏企工業股份有限公司 (歇業中) |



附件 1.6 高關注_水質污染事件 6

(六) 事件 7：桃園市潛勢污染工廠區_I8 EC 經常超過法規標準值（附件 1.7）

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|---------|-----------|-----------------------|----------|-----------------|
| 07 | 潛勢污染工廠區 | I_8(EC) | EC經常高於3,000 us/cm以上高值 | 經常性長時間高值 | 敬鵬工業股份有限公司(第二廠) |

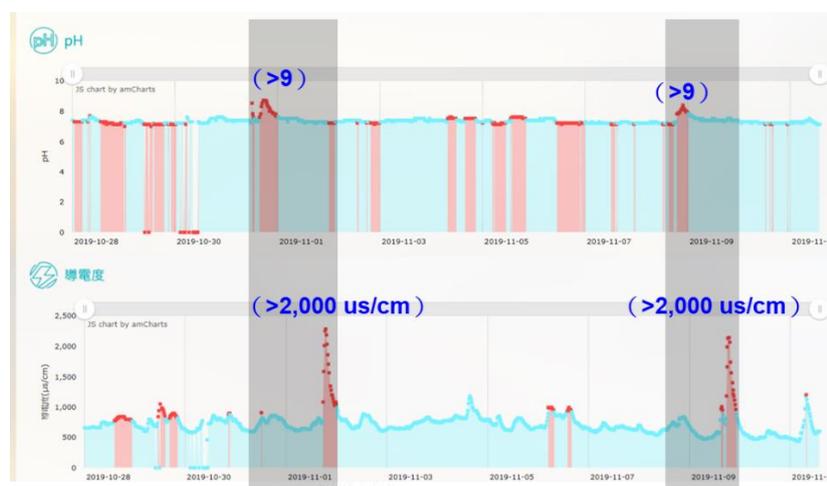


附件 1.7 高關注_水質污染事件 7

二、 低關注清單：

(一) 事件 1：新竹縣湖口工業區 RD_02pH 於 09/14 下午 4 點出現超過 9 的高值訊號，且跨測項連動（附件 1.8）。

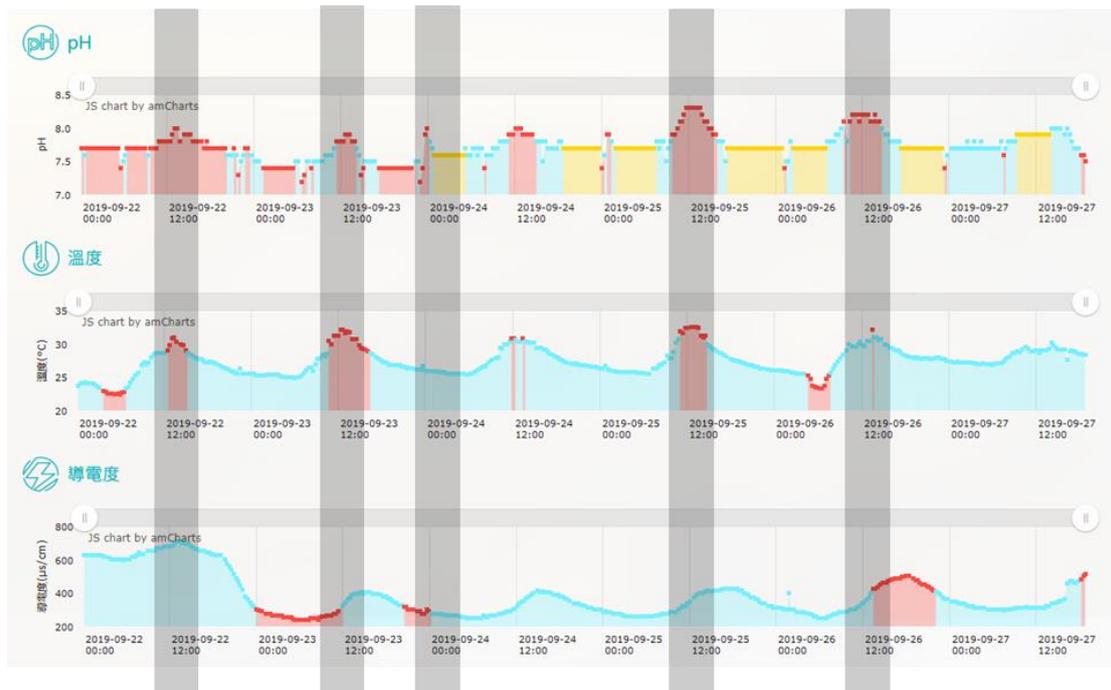
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|-----------|-------------------------------|---------|
| 01 | 新竹縣湖口工業區 | RD_02(pH) | 工業區西區兩排水口 | pH於09/14下午4點出現超過9的高值訊號，且跨測項連動 | — (工廠多) |



附件 1.8 低關注_水質污染事件 1

(二) 事件 2：新竹市香山工業區 I_1 pH 易出現高值，且 EC 及 T 同步高值
(附件 1.9)。

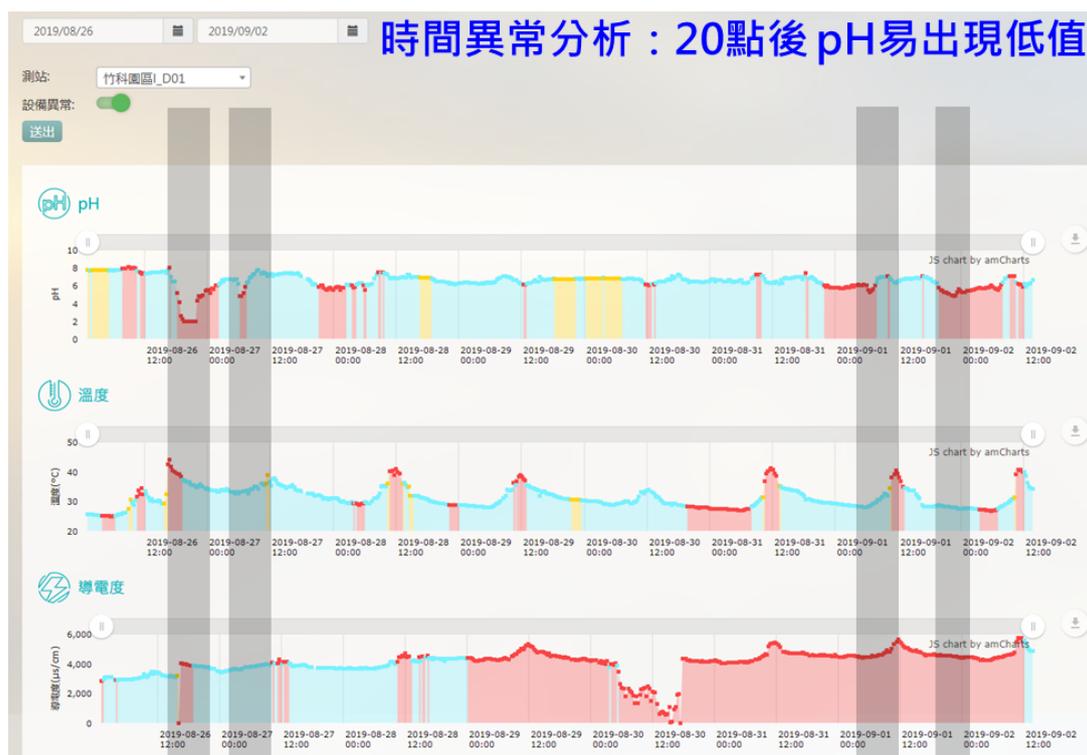
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|----------------|-------------------------|--------------|
| 02 | 新竹市香山工業區 | I_1 (pH) | 監測汀甫圳八輪支線工廠排水道 | 8/27~9/2 10:00~13:00 | 台灣玻璃工業股份有限公司 |



附件 1.9 低關注_水質污染事件 2

(三) 事件 3：新竹市竹科園區 I_D01pH 20 點後 pH 易出現低值（附件 1.10）。

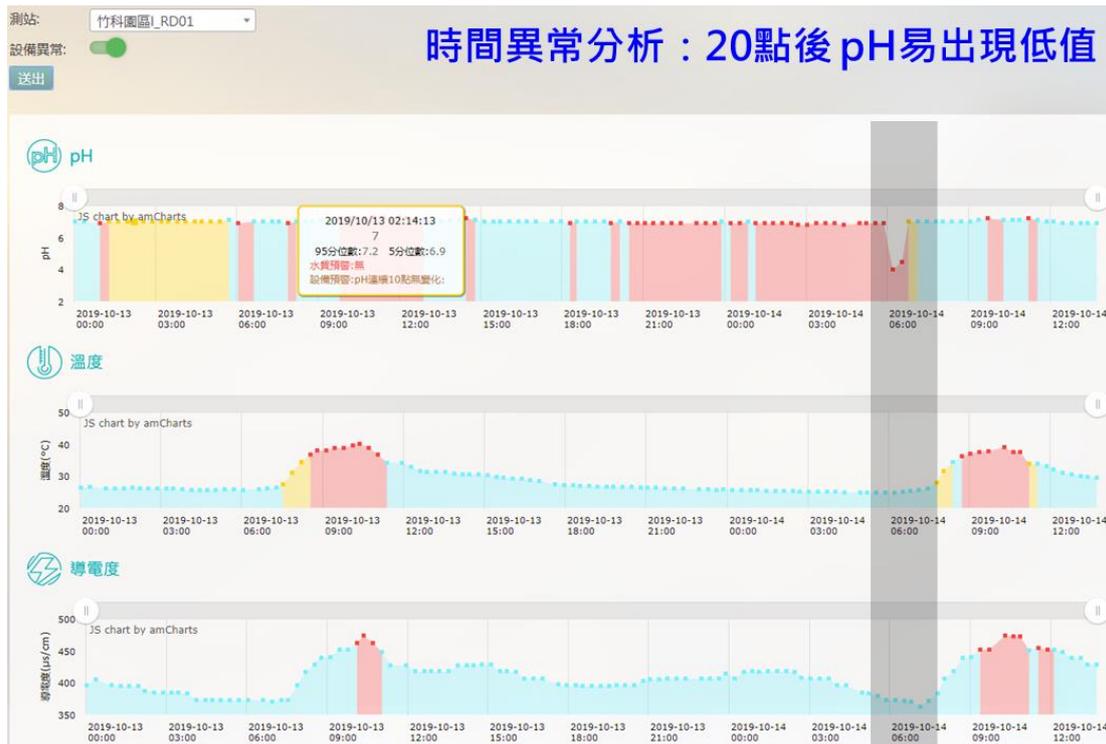
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|---------|-----------|---------------|------------------|-----------|
| 03 | 新竹市竹科園區 | I_D01(pH) | 園區排水5公里外放流處監控 | 8/15~8/17 20:00後 | 竹科園區污水處理廠 |



附件 1.10 低關注_水質污染事件 3

(四) 事件 4：新竹市竹科園區 I_RD01pH 19~21 點及 03~05 點 pH 易出現低值（附件 1.11）。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|---------|------------|-------------------|-------------------------------------|-------|
| 04 | 新竹市竹科園區 | I_RD01(pH) | 竹科園區 RD03及靜心湖排水監控 | 9/30~10/03 19:00~21:00, 03:00~05:00 | 竹科園區 |



附件 1.11 低關注_水質污染事件 4

(五) 事件 5：雲林縣斗六工業區 S_1 固定時段 pH, T, EC 同步出現高值（附件 1.12）。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|-----------|----------------------------|------------|
| 05 | 雲林縣斗六工業區 | S_1 (PET) | 監測富喬廠內放流口 | 10/01~10/03 10:00~14:00 | 富喬工業股份有限公司 |



附件 1.12 低關注_水質污染事件 5

(六) 事件 6：龜山工業區 I_03 與 RD_14 導電度出現空間上連動關係，且常出現高值（附件 1.13）。

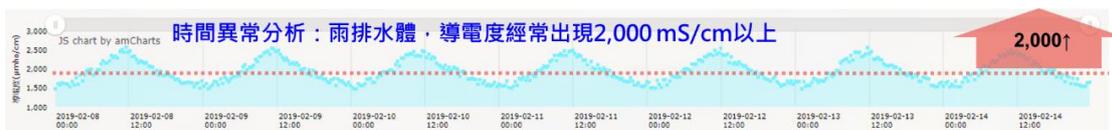
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-------|-----------------|---|---------------------|-------------------------------------|
| 06 | 龜山工業區 | I_03、RD_14(E/C) | I_03(工廠放流口)與 RD_14(兩排) 導電度經常出現4,000 mS/cm以上高值訊號，且連動性高，初步判斷與周遭工廠排入之高導電度廢水相關性 | 2018/12 16:00-24:00 | 欣興電子山鶯一廠 (為桃園市環保局提供之總量管制區高污染潛勢事業名單) |



附件 1.13 低關注_水質污染事件 6

(七) 事件 7：龜山工業區 RD_13 導電度經常出現 2,000 mS/cm 以上之高值訊號，初步判斷與周遭工廠排入之高導電度廢水相關性高（附件 1.14）。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-------|------------------|--|---------------------|--------|
| 07 | 龜山工業區 | 龜山工業區 RD_13(E/C) | 此測站為偵測兩排水體，其導電度經常出現2,000 mS/cm以上之高值訊號，初步判斷與周遭工廠排入之高導電度廢水相關性高 | 2018/12 09:00-12:00 | 三洋紡織纖維 |

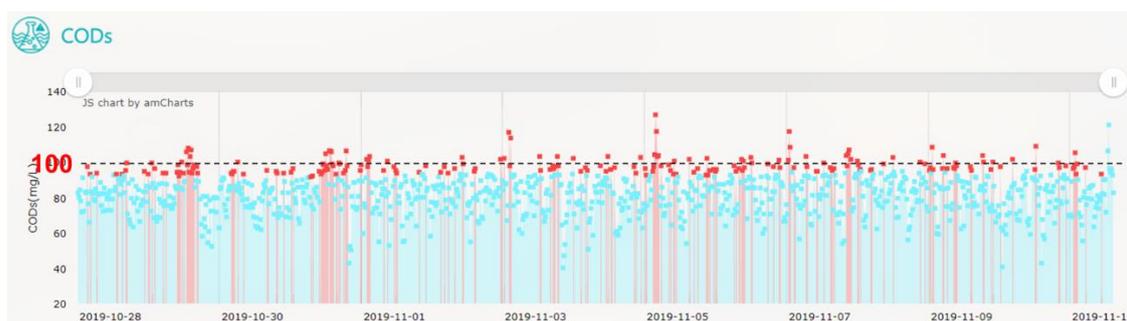


附件 1.14 低關注_水質污染事件 7

(八) 事件 8：龜山工業區 I_01 SCOD 經常性超過法規標準值（附件 1.15）

。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-------|------------|----------------|------------------------|------------------------------------|
| 08 | 龜山工業區 | I_01(CODs) | CODs經常性超過法規標準值 | 5/6~6/3 10:00~16:00 | 群泓科技 (為桃園市環保局提供之總量管制區高污染潛勢事業名單) |



附件 1.15 低關注_水質污染事件 8

(九) 事件 9：龜山工業區 I_04 SCOD 經常性超過法規標準值(附件 1.16)。

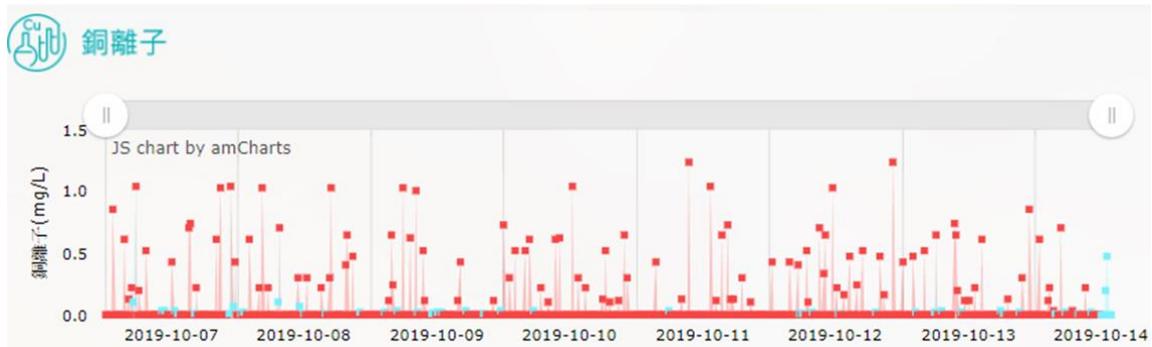
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-------|------------|----------------|------------------------|--------------------------------------|
| 09 | 龜山工業區 | I_04(CODs) | CODs經常性超過法規標準值 | 5/6~6/3 14:00~17:00 | 日翔軟板科技 (為桃園市環保局提供之總量管制區高污染潛勢事業名單) |



附件 1.16 低關注_水質污染事件 9

(十) 事件 10：龜山工業區 I_07 出現維持 5 天的 Cu²⁺ 高值(附件 1. 17)。

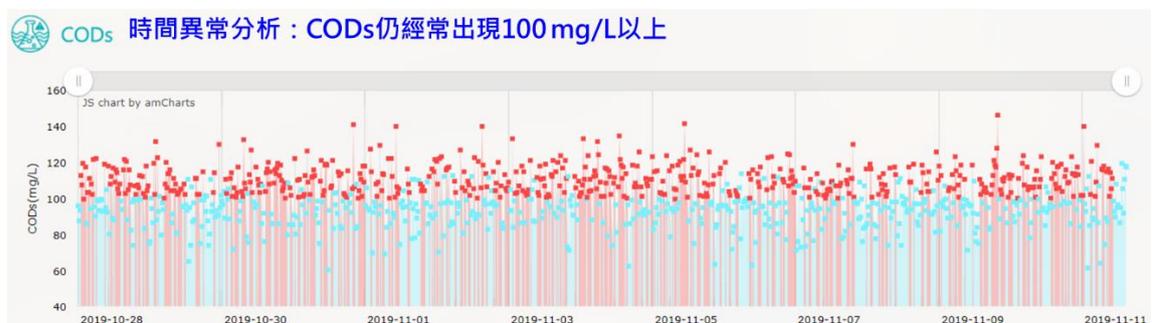
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-------|--------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------------------|
| 10 | 龜山工業區 | I_07 (Cu ²⁺) | 出現維持5天的 Cu ²⁺ 高值 | 5/16-5/22 | 高技企業 (為桃園市環保局提供之總量管制區高污染潛勢事業名單) |



附件 1. 17 低關注_水質污染事件 10

(十一) 事件 11：龜山工業區 I_09 此測站是安固麗轉角巷口旁水溝，監測上游社區及邑昇，SCOD 容易出現超過 100mg/L 高值（附件 1. 18）。

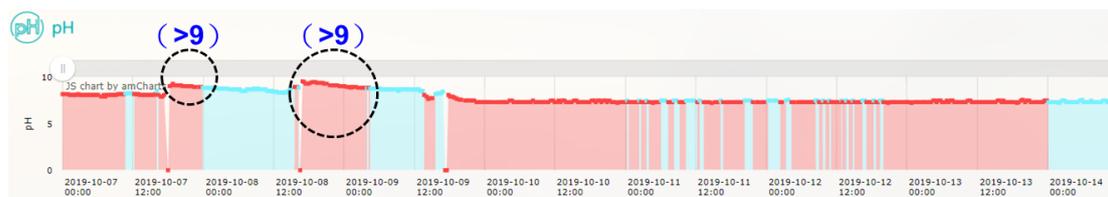
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-------|------------|--|-------------------------|---------------|
| 11 | 龜山工業區 | I_09(CODs) | 此測站是安固麗轉角巷口旁水溝，監測上游社區及邑昇，CODs容易出現超過100mg/L高值 | 5/1-5/15 11:00-15:00 | 邑昇實業股份有限公司龜山廠 |



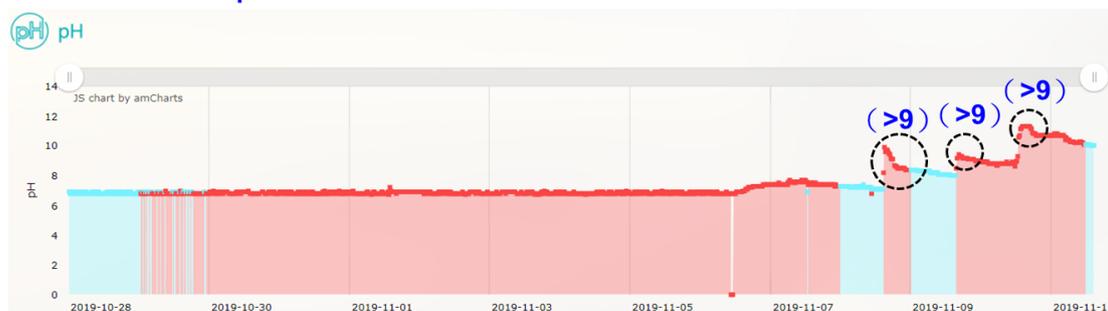
附件 1. 18 低關注_水質污染事件 11

(十二) 事件 12：桃園市南崁溪工廠 I_10 pH 連續出現 9 以上高值（附件 1.19）。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|-------------|---------|-------|
| 12 | 桃園市南崁溪工廠 | I_10(pH) | 監測石鱘砂石廠附近排水 | 10/4~ | 石鱘砂石廠 |



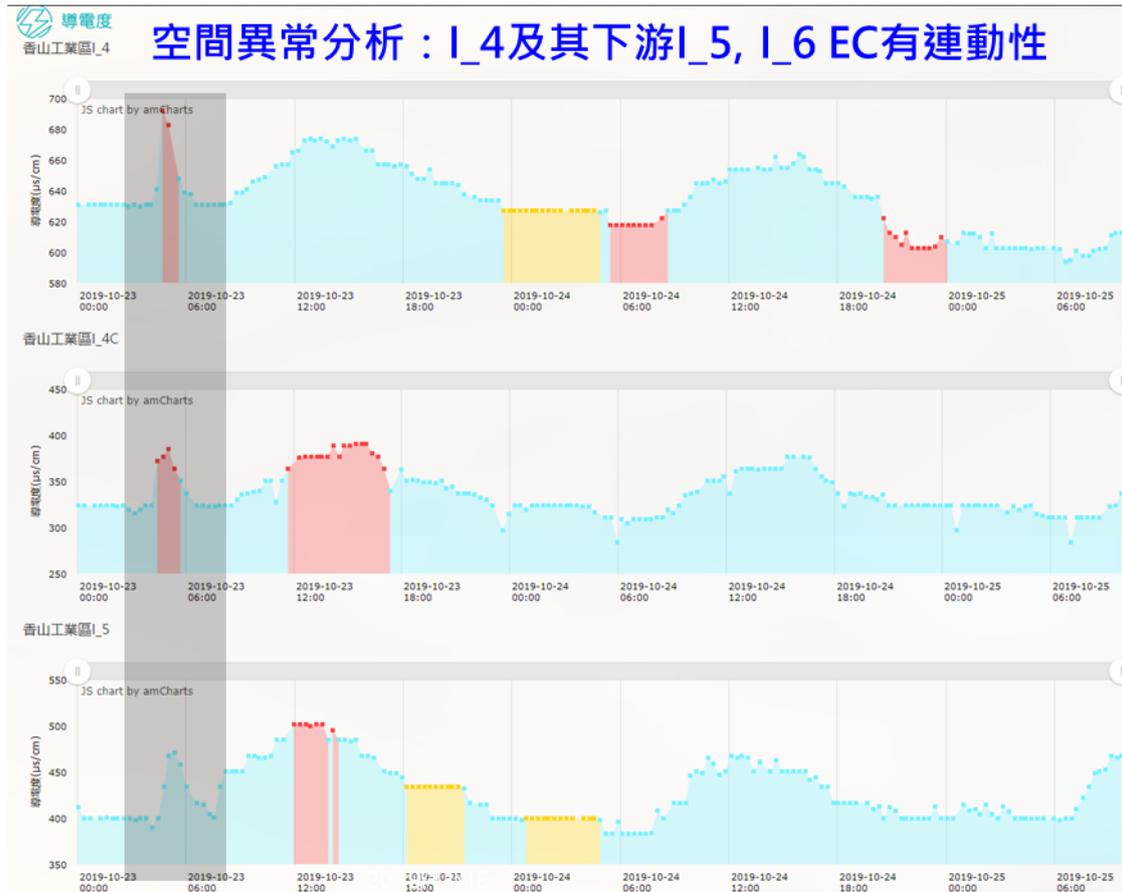
時間異常分析：pH出現3次超過法規標準值異常事件



附件 1.19 低關注_水質污染事件 12

(十三) 事件 13：新竹市香山工業區 I_4 4 點~5 點時段，EC 易出現高值
(附件 1.20)。

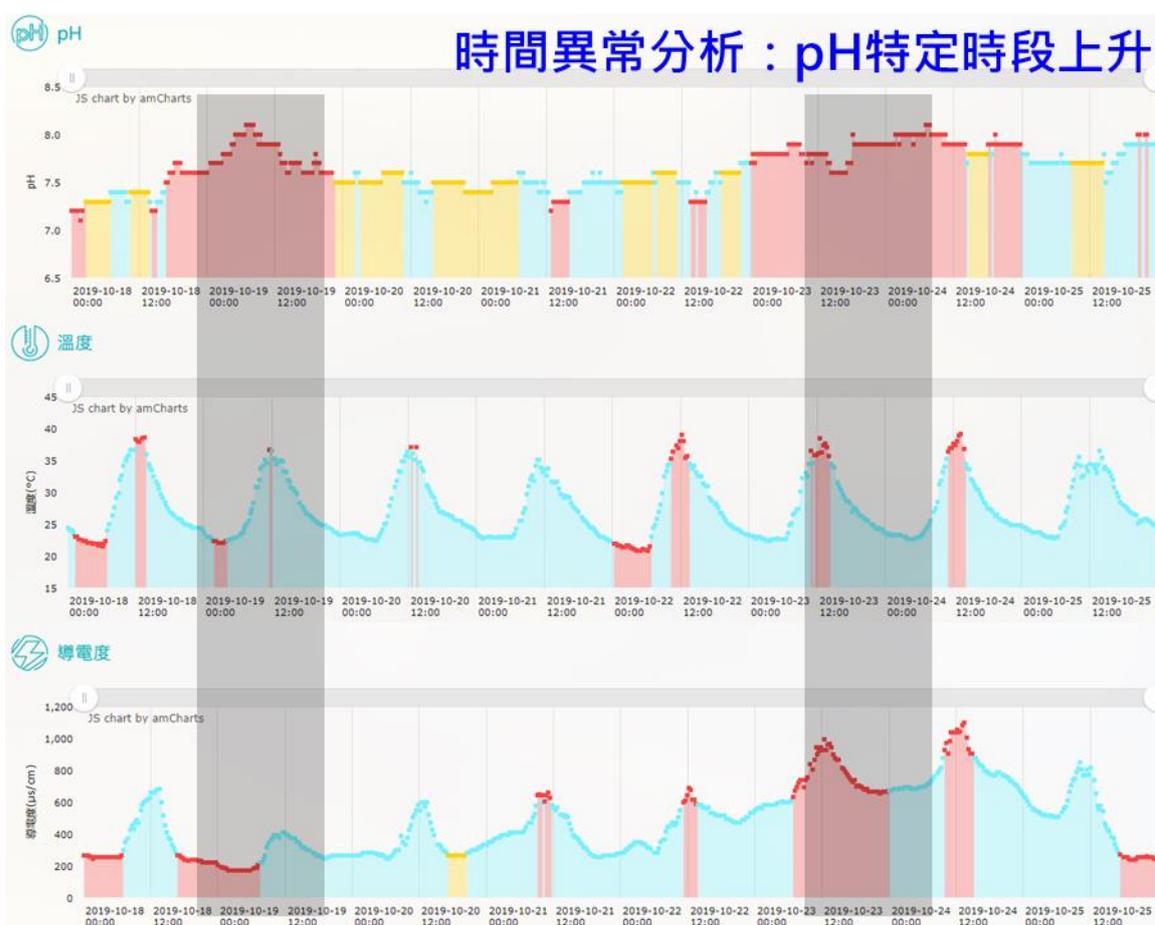
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|--------------|---------------------|------------|
| 13 | 新竹市香山工業區 | I_4 (EC) | 監測華俊機械模具前排水道 | 10/23 04:00 ~ 05:00 | 華俊機械模具有限公司 |



附件 1.20 低關注_水質污染事件 13

(十四) 事件 14：雲林縣斗六工業區 R_1 pH 於特定時間出現高值（附件 1.21）。

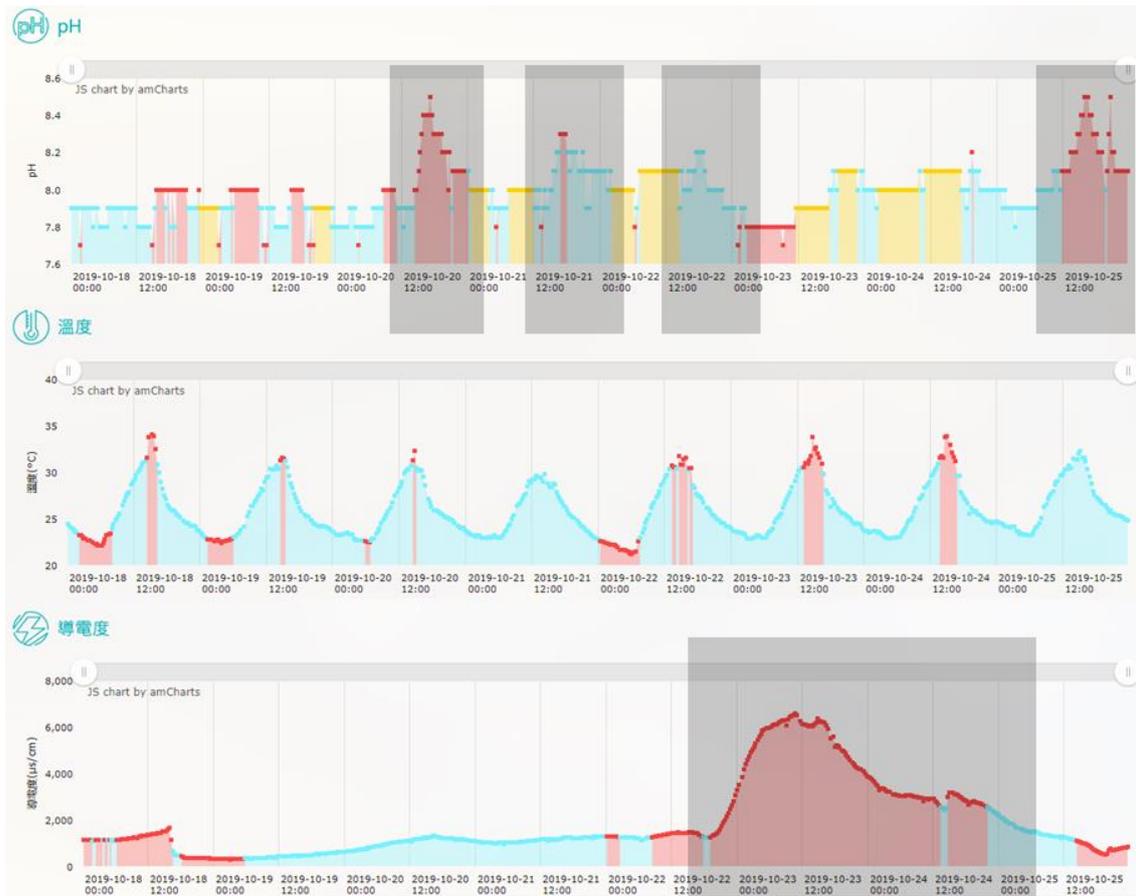
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|--------------|------------------------------|-----------|
| 14 | 雲林縣斗六工業區 | R_1 (pH) | 監測斗六工業區外圍外湖溪 | 10/18~10/25 01:00 ~ 12:00 | 斗六工業區RD排水 |



附件 1.21 低關注_水質污染事件 14

(十五) 事件 15：雲林縣斗六工業區 R_5 pH 與導電度於特定時間出現高值（附件 1.22）。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|--------------|---------------|---|-----------|
| 15 | 雲林縣斗六工業區 | R_5 (pH, EC) | 監測斗六工業區外圍石榴班溪 | pH：10/18~10/25 15:00~20:00 EC：10/24 | 斗六工業區RD排水 |



附件 1.22 低關注_水質污染事件 15

(十六) 事件 16：雲林縣斗六工業區 R_5 pH 與導電度於特定時間出現高值（附件 1.23）。

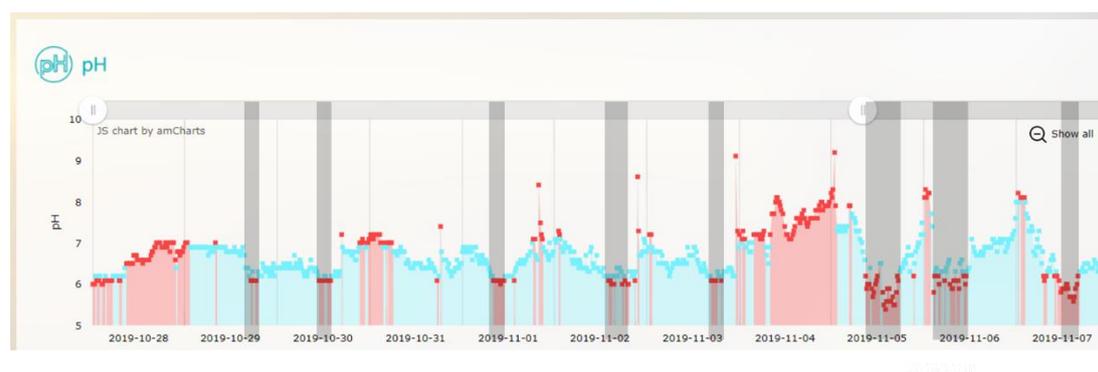
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-------------|--------------|----------------|-------|
| 16 | 新竹縣湖口工業區 | I_RD01(EC) | 監測上游住宅及工廠的兩排 | 固定時間9:00~14:00 | 住宅及工廠 |



附件 1.23 低關注_水質污染事件 16

(十七) 事件 17：新竹縣湖口工業區 I_01 pH 出現 6 以下低值（附件 1.24）。

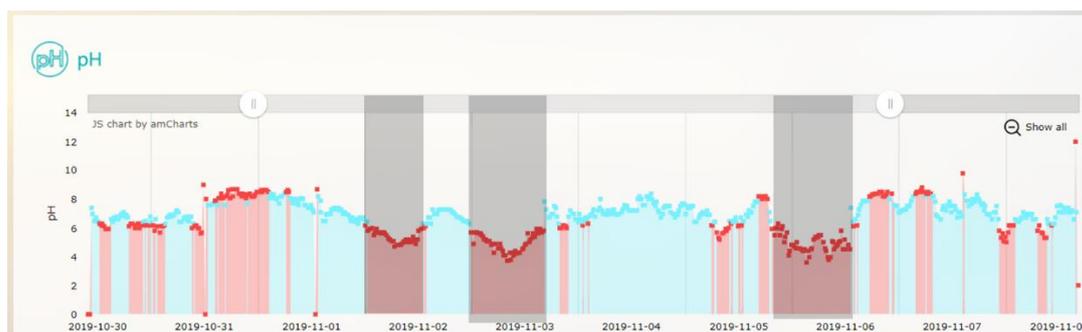
| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|------------|----------------------------|-------|
| 16 | 新竹縣湖口工業區 | I_1(pH) | 東區污水處理廠前進流 | 10:00~13:00 17:00~18:00 | 住宅及工廠 |



附件 1.24 低關注_水質污染事件 17

(十八) 事件 18：新竹湖口工業區 I_02 pH 出現 6 以下低值(附件 1.25)。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|-----------------------|-----------|-------|
| 16 | 新竹縣湖口工業區 | I_2(pH) | 西區污水處理廠前進流·長春及西區東南邊工廠 | 5:00~9:00 | 住宅及工廠 |



附件 1.25 低關注_水質污染事件 18

(十九) 事件 19：新竹市香山工業區 I_3 位於環保局、農田水利會測站旁，監測排水道 EC 出現突發性高值(附件 1.26)。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|----------------------|-------------------------|-------------|
| 19 | 新竹市香山工業區 | I_3(EC) | 位於環保局、農田水利會測站旁·監測排水道 | 11/12~11/19 12:00~22:00 | 新鶴、隆和、機達、申章 |



附件 1.26 低關注_水質污染事件 19

(二十) 事件 20：新竹市香山工業區 L7 監測牛埔溪支線末端 pH 出現突發性高值(附件 1.27)。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|--------------------|-------------------|-------|
| 20 | 新竹市香山工業區 | L7(pH) | 監測牛埔溪支線末端·I6~I7間工廠 | 11/12~11/19 無特定時段 | |



附件 1.27 低關注_水質污染事件 20

(二十一) 事件 21：雲林縣斗六工業區 R_1 監測斗六工業區外圍外湖溪，pH 出現突發性高值(附件 1.28)。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|--------------|---------------------------|-----------|
| 21 | 雲林縣斗六工業區 | R_1(pH) | 監測斗六工業區外圍外湖溪 | 11/11~11/19 8:00~14:00 | 斗六工業區RD排水 |



附件 1.28 低關注_水質污染事件 21

(二十二) 事件 22：雲林縣斗六工業區 R_5 監測斗六工業區外圍石榴班溪，pH 出現突發性高值(附件 1.29)。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|---------------|----------------------------|-----------|
| 22 | 雲林縣斗六工業區 | R_5(pH) | 監測斗六工業區外圍石榴班溪 | 11/12~11/19 10:00~16:00 | 斗六工業區RD排水 |



附件 1.29 低關注_水質污染事件 22

(二十三) 事件 23：雲林縣斗六工業區 R_1 監測雲林科技工業區，pH 出現突發性高值(附件 1.30)。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|----------|-----------|-----------|----------------------------|-------|
| 23 | 雲林縣科技工業區 | R_1(pH) | 雲林科技工業區RD | 11/12~11/19 11:00~14:00 | |



附件 1.30 低關注_水質污染事件 23

(二十四) 事件 24：雲林縣竹圍子段灌區，監測嘉南大圳上游水質，pH 出現突發性高值(附件 1.31)。

| 事件編號 | 測站區域 | 異常測站 / 測項 | 測站描述 | 異常期間及時間 | 疑似污染源 |
|------|-----------|-----------|----------|-------------------|-------|
| 24 | 雲林縣竹圍子段灌區 | F_7(pH) | 嘉南大圳上游水質 | 11/12~11/19 無特定時段 | |



附件 1.31 低關注_水質污染事件 24



行政院環境保護署

附件六、智慧稽查布建維運體系標準作業程序準則

中華民國 108 年 11 月

一、 目的

- (一) 針對環保機關執法需求，研析掌握環保機關執法水質感測器運用情境。
- (二) 研提最適化水質感測裝置組裝建議，並研擬環保機關執法應用布建應用之推動策略、措施步驟、期程及作業程序等相關布建應用執行計畫。
- (三) 規劃完成相關智慧稽查布建維運體系包括選址、安裝、巡檢校正、維護更換、資料分析及執法行動應用等作業步驟之標準程序或作業原則。

二、 實施方法

(一) 水質感測器布建執法應用推動作業

1. 成功關鍵因素：需包括有效的感測設備及良好的數據品質、完整的感測點布建、連續的資訊匯流及創新的分析應用等層面。
2. 執法應用情境
 - (1) 監測背景水質：以低密度布建，掌握關注之水體長期水質資訊。配合上下游連續監測資料比對，篩選水質異常頻率較高區域。
 - (2) 監測高污染潛勢區：針對水質異常頻率高之區段布建，篩選污染源位置。可於該區多個疑似污染源排放口及匯流處布建簡易型水質監測設備，依據水質異常特性及位置，搭配上流污染源清單，分析行業別、過去稽查記錄等資訊以利篩選污染源。
 - (3) 監測污染源：布建於特定潛勢污染源放流口，應加裝重金屬或 SCOD 等測項，分析水質異常時間熱區，作為後續環境執法應用參考依據。
 - (4) 重大水質污染事件：因應突發水質污染事件，或特殊季節監測需求，如夏季死魚頻發時期，可應用浮動式水質監測設備，進行短期高頻率水質監測，確認水質概況及污染物可能擴散區域。
3. 水質感測裝置組裝建議
 - (1) 水質感測器感測項目：應至少有 3 項，包括酸鹼值、導電度、溫度，以基配版作為釐清污染源區段之基本監測設備，進一步可視不同類型場域監測需求，增設重金屬、SCOD 等項目，監測重點污染源。
 - (2) 模組化設計：水質感測器需可模組化，提供未來快速抽取更換不同感

測元件或新增感測項目，設計上需考量各感測元件於採樣流道設計合理性。模組化方式需配合後續擴充條件，以電路板擴充槽或外接 USB 形式設計。

- (3) 資料傳輸模組：感測器通訊模組可因地制宜選擇，且需達到快速抽取更換，並可適地性選擇資料傳輸通訊模組，以達資料即時完整且成本經濟等最適化。為求傳輸數據穩定度，建議避免採用 LoRa 模組，儘量以 4G、Wi-Fi、NB-IoT 等連續傳輸較穩定之模組為優先，或採 2 組以上模組互相支援。
- (4) 供電模組：感測器供電模組應符合節能省電，且有供電穩壓設計及接用不同電源轉換設計，並確保感測器運作及資料傳輸之電力無虞。如有結合路燈安裝可能有日間不供電情形者，應設計儲電裝置，以供夜間儲電、日間供電操作使用。另因應無法接電地區，應有至少可維持一週運作之電池，或搭載太陽能板設計。
- (5) 資料儲存機制：為防止通訊異常，應備有 SD 儲存卡備份數據。感測器微控制器及資料儲存單元，應具備感測資料處理、篩選、大量儲存及感測元件功能狀態偵測及通知功能，以掌握感測器維護管理需求或抽換更新。
- (6) 感測器機體設計：感測器機構設計應具備戶外防水功能，且預留應採樣抽水口及排水口設計。

4. 布建應用推動策略措施

(1) 推動策略

- A. 水質監測全面化：建立水質物聯網監測網絡
- B. 布建應用智能化：打造智慧布建應用管理體系

(2) 措施步驟

- A. 以污染監測應用目的選址，確保監測效益
- B. 透過智慧布建應用管理體系，強化數據品質
- C. 運用水質物聯網分析應用平台，判斷污染熱區
- D. 連結後端執法應用，改善環境品質

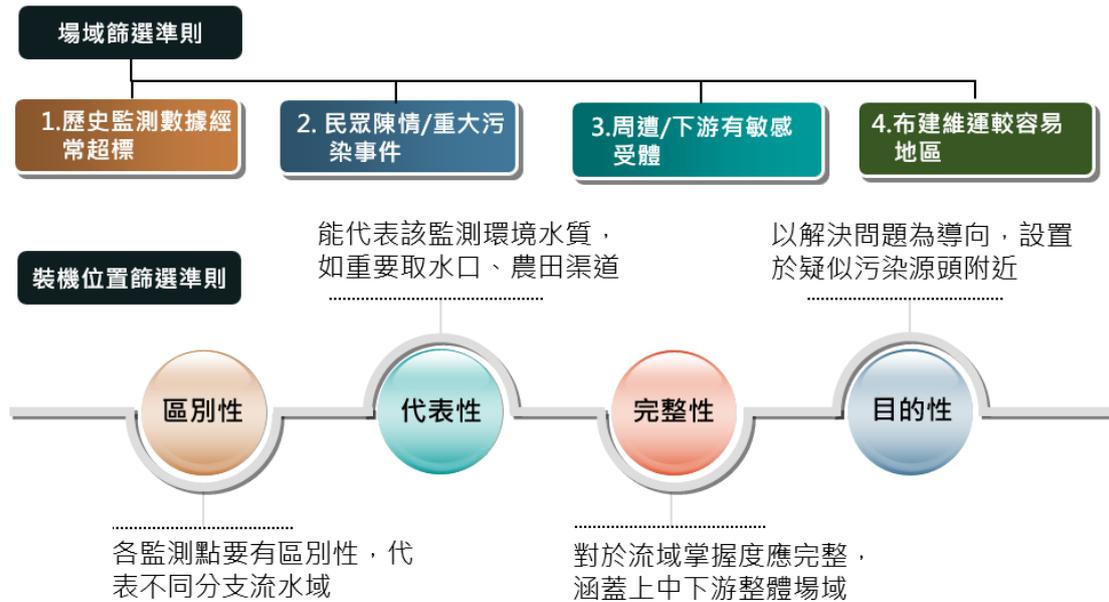


圖 2 場域及裝機位置篩選準則

(1) 裝機位置選擇注意事項

- A. 需有固定處，如混凝土牆壁、堤岸、道路側溝、農田渠道與橋墩（橋墩較不建議，如有需求，除須請相關單位協助申請外，亦有容易被質疑影響水路安全問題），且人員需可方便抵達。
- B. 垂直抽水揚程將影響機台續航時間，以 2 公尺內小型幫浦為佳，若揚程過高，則採用中型幫浦，以 5 公尺為限，抽水管路不可影響用路及水路安全，如可申請用電則不在此限。
- C. 揚程需以機台裝設高度計算，並同時估算場域淹水時高度，不得超過裝機位置。
- D. 裝設場域用地是否容易申請。
- E. 周遭環境安全性（交通、治安），是否影響硬體保全、維運安全。
- F. 避免上方多金屬及混凝土遮蔽場域，影響通訊傳輸。
- G. 以不影響當地主管機關及居民之現地設備、水路及其他業務用途為原則。

(2) 當地環保機關可能需協助行政支援事項

- A. 協助用電、用地申請，及布建所需跨部會協調事宜。

- B. 協助提供圖資及相關資料，如污水、雨水下水道管路圖、各匯流處對應工廠清單、運作資料及工廠放流口位置。
- C. 協助提供疑似污染源清單及放流口位置。
- D. 後續有污染異常時之稽查協助。

2. 布建安裝作業準則

本安裝標準作業程序規範之建立，係使水質感測設備於現場安裝過程中，能有一標準作業程序(Standard Operating Procedures, 簡稱為 SOP)加以遵循，得以讓作業人員在執行現場安裝水質感測設備作業時，確保作業人員與現場環境之安全，以及安裝與運作作業流程與品質，避免發生遺漏安裝與防護之用具以及作業程序等缺失，亦方便作業人員釐清設備於現場安裝與運作作業過程中所面臨之突發狀況與問題，達到快速安裝與運作作業的品質與一致性，減少人力資源浪費，降低新進同仁的學習成本。

- (1) 設備與安裝機具確認：作業人員至現場安裝水質感測設備前，應先評估現場安裝架設事項與問題導向，以便可預先準備足夠安裝、拆卸，以及替換等工作。
- (2) 水質感測設備確認：現場安裝水質感測設備之前，作業團隊需先瞭解內部各系統相對位置以及管路設計，作業人員熟知相關資訊可有助於提升自我排除異常狀況之能力。
- (3) 安裝機具與防護裝備確認：作業人員接到派工指示後，首先應確認工程編號、圖面、零組件名稱，並核對零組件材質，規格與圖面無誤，且齊全才能製作組合。依據圖面選擇正確之安裝方式及材料。視零組件組合需求，選擇適當場地及器具。為確保施工品質，應先將施工順序、變形或者損壞防止、加工需求等事前準備妥當。為因應無法消除的危險，應使用安全防護裝備（如護罩、安全措施、護圍等），將各項安裝危險加以限制或消除。
- (4) 實場機台架設之環境地形確認：作業人員必須了解現場機台架設之地形與環境情況，針對安裝環境情況，確認機台之外裝具有符合該安裝環境之防水/防污以及防盜之功能，並在出發至現場前確認機台架設之方式，選定架設之材料與施工工具，以避免至現場後才發現機台外裝或者是架設材料不符合實場地形與環境情況。作業人員至裝置安裝現

場後，於第一時間觀察現場環境是否對裝置安裝造成影響，包括：土石覆蓋、渠道/河川水位過高淹沒、渠道/河川水位過低抽不到水、安裝位置位於高深度之渠道等狀況，並針對安裝困難點進行處置。

(5) 安裝作業

- A. 閱讀並理解裝置安裝與操作手冊：在操作任何安裝工作前，請仔細閱讀提供的手冊。熟悉裝置的特點、工作情況、應用場合與使用限制，尤其要熟知其特定危險。
- B. 固定工具、動力驅動及設備：確保工具與動力驅動牢靠地固定於地面。
- C. 防止發生意外：在將安裝工具插接到電源系統前，讓所有電源開關處於 OFF (關閉)位置。
- D. 操作環境：不要於潮濕的環境中操作工具。在吵雜的工作場所，請佩戴耳朵保護裝置。確保工作區域光照良好。
- E. 穿戴合適的服裝：禁止穿戴未扣好的外套、寬鬆袖口的衣服、領帶或可能捲入轉動機台的其他任何東西。請務必佩戴防護眼鏡與足部防護裝置。
- F. 保持警惕：如因服藥或疲勞而導致精神狀態不佳，請不要進行安裝作業。避免在設備周圍喧鬧嬉戲，並讓旁觀者與設備保持一定的距離以確保安全。
- G. 檢查設備：啟動工具前，檢查所有可動配件是否存在任何阻擋。確保防護裝置與工具零配件已安裝且牢靠固定。
- H. 保持工作區域清潔：確保工具周圍的工作區域無可能限制操作的障礙物。清除工具上的切屑以維持正常操作。
- I. 採用管架台支撐：對於長管段與較重工件，請使用地面安裝的管架台支架。確保工件在牢靠固定在地面的管鉗中妥當固定。
- J. 切勿誤用工具：僅實施執行工具與裝置的設計功能。切勿以超過安裝與操作方法手冊中規定的速度工作。
- K. 維修工具前關閉電源線：只有授權人員才能進行維修安裝工具。

維修或進行任何調整前，請先關閉電源連接。

- L. 對安裝工具進行維護：保持工具清潔和切削刀具鋒利，以實現安全可靠的安裝與操作。遵照執行所有程序。向授權人員報告一切不安全狀況，以便立即糾正。
- (6) 電氣連接作業：供電模組可能並未與裝置一起安裝，因此，在設裝置必須安裝斷開裝置，例如符合安全標準的開關或斷路器。而供電模組必須將其安裝在靠近裝置的位置，便於作業人員觸及，且必須將其明確標記為裝置供電模組與斷開裝置。在接近或執行任何連接之前，必須切斷電源、繼電器、所有帶電控制電路以及高通用模式電壓的供電。所有至次級電路的連接必須具備基本絕緣。安裝完成後，確保無法接觸到帶電零件，例如端子。用於外部電路的端子僅與無法接觸到帶電零件的設備一起使用。如裝置以及供電模組與說明有所不同，可能設備或供電模組提供的保護被破壞。務必將信號線與電源線分開佈線，對於信號輸入與繼電器連接，使用絕緣電線。只能由獲得許可的技師更換內部儲電電池，並在裝置外殼的後部提供預留開孔，作為電線引入裝置的備選方式。如需去除預留開孔膜蓋，將裝置的背部放置在堅固、平坦的表面，打開門與內蓋，將小型平頭螺絲刀放入預留開孔槽內並用錘子輕輕敲擊，從而將預留開孔膜蓋取下。如果需安裝無線傳輸模組，則使用電線引入口或預留開孔。連接無線傳輸模組，須將模組安裝至內部指定位置，確保將無線傳輸天線之訊號連接線佈置在接線盒之間，並將電線連接至指定的端子。
- (7) 過濾、傳送與清潔模組功能確認：若水質感測裝置採用過濾器及清潔模組，裝置安裝完成後，需先以乾淨水體充填過濾模組，再置放於監測水體中，啟動設備後確認過濾與傳送模組能正確運作，達到過濾與傳送之功能。清潔模組需確定流道系統清潔之功能正常運作與清潔效果。
- (8) 感測模組設定與校正：水質感測設備完成安裝架設後，應進行現場測試校正，各項感測器校正方法，分別以工研院研發之溫度感測器、電導度感測器、酸鹼值感測器、光學式化學需氧量感測器、重金屬離子濃度感測器為例進行說明。
- A. 溫度：以使用經標準量測機構確認之溫度計進行比對校正。

- B. 電導度：以標準氯化鉀溶液配製 1.412 或 14.12 mS/cm(25°C)標準品進行校正，並注意執行溫度補償；抽取現場水樣配合已校正之電導度計進行現場比對分析。
 - C. pH：使用國家標準或同等級以上之標準溶液(pH4、pH7)進行校正，並注意執行溫度補償；抽取現場水樣配合已校正之 pH 計進行現場比對分析。
 - D. SCOD：利用無水鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)配置 25、50、75、100、125、150、175、200 mg/L 標準溶液，以紫外光(UV=254nm)之光源掃描水樣，分析各標準品在此波長下之吸收度(Abs)，求得 SCOD 之標準曲線。
 - E. 重金屬：向具有公信力的廠商購買配製好高純度的濃縮溶液，或自行以高純度之金屬（純度至少為 99.99-99.999%）配製 0.5、1、2、3、4、6、10 mg/L 標準溶液，分析各標準品在特定電壓下之電流峰值或積分面積，求得特定重金屬之標準曲線。
- (9) 資料傳輸確認：作業人員在安裝與測試完成後，需進行資料傳輸測試。先確認平台端作業人員已開始作業，並通報後端平台測站點位，開始測試資料是否已正確傳送，等候端平台確認後即完成安裝作業程序。預設通訊方式無法運作，例如現場訊號不良，立即抽換可行性無線通訊模組，以確保數據傳輸之品質。

3. 巡檢校正及維護更換作業準則

巡檢校正維護作業準則將作業流程合理化，得以確保作業人員執行巡檢品管及維護之作業品質，方便作業人員釐清水質感測設備現場面臨之突發狀況與問題，亦可避免發生遺漏維護用具以及遺忘維護步驟等缺失，建立快速品管維護校正作業的一致性，減少人力資源浪費，降低新進同仁的學習成本，其巡檢品管及簡易維護標準須知事項分別為：巡檢管理與維護流程、水質感測設備架設型態、水質感測設備內部系統架構、現場巡檢管理注意事項、各項感測器標準校正程序、系統清洗維護作業、簡易耗材抽換維護作業等。

- (1) 前置作業：作業人員必須瞭解巡檢品管及簡易維護標準作業程序之手冊內容，並於實驗室通過水質感測設備系統清洗維護、簡易耗材抽換以及感測器校正等各項考核，通過訓練考核合格之作業人員可執行現

場水質感測設備巡檢與維護，各水質感測設備必須於兩週內進行巡檢維護校正，依據水質物聯網自動通知維運提醒，工作團隊持續收集通報資訊，並於實施作業前應預先判定水質感測設備之數量，藉由水質物聯網觀察該些水質感測設備之維護情形準備足夠的使用器具以及備用系統，並且規劃巡檢品管及維護作業之行車路線，減少車程上不必要的耗時。。

- (2) 巡檢作業：建議每 2 週每機台至少需巡檢一次，並以手持式設備確認數據品質。作業人員至水質感測設備現場後，於第一時間觀察現場環境是否對水質感測設備的機箱外觀造成影響及破壞，包括：土石覆蓋、渠道/河川水位過高淹沒、渠道/河川水位過低抽不到水、昆蟲築巢、人為破壞等突發狀況，作業人員將觀察之情形確實紀錄於水質物聯網之「巡檢與維護表單」，機箱外部巡視結束後，工作人員依現場水質感測設備架設之型態與環境地形來應對水質感測設備拆卸與安裝之情況，取得水質感測設備後以機箱鑰匙開啟機箱，巡視水質感測設備內部各項系統與管路，若於各項系統硬體上有異常狀況請確實記錄於巡檢與維護表單，機箱內部可能發生之異常狀況包含：電路板受潮生鏽、機箱內部昆蟲築巢、管線生物膜生長、系統模組生鏽受損等情形。
- (3) 維護作業：作業人員在維護時，應具備至少 3 組現場可回溯標準的校正設備儀器，包含：攜帶式溫度計、攜帶式電導度計、攜帶式 pH 計等，提供作業人員當下可快速檢測分析現場水質，藉由現場水質數據比對水質感測設備之各項感測系統之效能，若比對不符合需重新校正，確認比對成功後，作業團隊登入水質物聯網進入各水質感測設備偵測平台，查看即時發送之數據是否與校正電腦之韌體程式偵測數據相符合，若水質物聯網平台之數據尚未更新或是不符，則需重新確認韌體程式語言之編譯，確認成功上傳水質物聯網平台後，重新燒入正確之程式至水質感測設備，並將校正參數整理於電腦資料庫中，最後將校正之工作事項確實記錄於巡檢與維護表單。

4. 資料分析及執法行動應用作業準則

水質監測計畫最終目的為後端的資料分析及執法應用，本準則旨在訂定資料分析原則、程序，及提供環保機關稽查建議，輔助稽查作業事項，期作為未來水質監測資料分析標準指引方向。

- (1) 數據完整率分析：評估數據傳輸品質，確認數據代表性是否足夠，建議數據完整率至少大於 80%。可以場域劃分分區評估，如工業區、灌溉渠道。以 20 分鐘傳輸各污染測項 1 筆數據，計算 1 個月之數據完整率為例，方式說明如下。

$$\frac{20 \text{ 分鐘內即時展示之感測有效值筆數}}{\text{有效總筆數}(30 \text{ 天} \times 24 \text{ 小時} \times \text{每時 3 筆} \times \text{各測點項數}) - \text{不可抗力之無效或無數值筆數}} \times 100\%$$

不可抗力是指因設備必要之元件更換維修，或天氣環境影響而導致無法監測情形。

- (2) 數據品質分析：評估數據品質，確認數據分析可信度是否足夠，建議數據滿意率至少大於 80%。可透過第三方比對，或自行現場及實驗室檢測。數據品質目標則依環保機關訂定，舉例說明，酸鹼值誤差應為 $\pm 1.0 \text{ pH}$ 以內；導電度誤差 $\pm 15\%$ 以內；溫度誤差應為 $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 以內，COD 與 SS 誤差需小於 30%；2 項重金屬項目誤差則需小於 50%。數據品質滿意度計算方式說明如下。

$$\frac{\text{查核結果符合數據品質目標總項次數}}{\text{查核總項次數}} \times 100\%$$

- (3) 數據可用性分析：數據品質為單點檢測查核結果，可進一步透過程式或人工方式，判斷數據長期分析下的合理性。建議判別準則為(1)範圍合理性：數據是否超出合理範圍；(2)趨勢合理性：是否有數據持續異常上升/下降情形，溫度日夜變化趨勢。(3)跳動合理性：數據是否連續上下跳動過大，或出現極端值。
- (4) 數據時空異常分析：確認數據可用後，即可透過時空異常分析判別污染熱區。以同一段時間區間，分析跨感測項彼此之連動關係；或以上下游數個測站，分析跨測站的數據跳動連動關係，以判別污染出現時間及位置高峰值。
- (5) 執法應用建議：確認異常點位及時間後，應確認上游可能排放污染源，以污染行業別、水污染許可及過去稽查陳情案例作為判斷依據，並依據數據過去出現污染時間週期，彙整建議稽查時間具體建議，由環保機關進行環境執法。



行政院環境保護署

附件七、國際水質感測元件及 設備應用分析研究報告

中華民國 108 年 9 月

一、前言

過去傳統水質監測管理，仰賴現場採樣，再透過實驗室儀器分析確定污染濃度，或採以現場手動水質監測(Traditional Manual In-Situ, TMIS)、高單價設備連續監測等方法(K.S. Adu-Manu, C. Tapparello, W. Heinzelman, F.A. Katsriku, J.-D. Abdulai ,2017)，上述方法所獲得水質資訊，時效性不足，且數據的空間及時間的解析度低，難以有效掌握水質變化趨勢，且高成本及維運人力下，影響後端環境治理及環境執法時效性。

自 20 世紀中期即建立了自動水質監測系統，到了 20 世紀 70 年代，英國、日本、荷蘭、德國等國陸續建立水質污染連續監測系統。約在過去十年間逐漸發展出以無線感測網路技術進行水質監測以節省大量的分析時間及成本。

本報告以分析國外感測元件及感測設備應用情形，了解國際間對於水質監測設備的發展情形，藉以思考國內未來對於感測設備應用於物聯網技術發展之方向，並進一步優化精進。

二、國際水質感測元件應用情形

水質監測應用範圍廣闊，無線感測網路技術監測水質主要應用於環境水體、配水系統、工業廢水、養殖漁業，甚至是海洋環境等情境，如下表 1。

表 1.水質監測情境應用情形

| 應用情境 | 參考文獻 |
|------|--|
| 環境水體 | (S. Sukaridhoto et al.,2015) (M. V. Ramesh et al., 2017) (Y. Chen and D. Han., 2018) |
| 配水系統 | (Lambrou et al., 2014) (Malekian, 2016) |
| 工業廢水 | (A. Jothimani et al., 2017) (Y. Zakaria and K.Michael., 2017) |
| 養殖漁業 | (B. Aziz et al., 2016) (C. Encinas et al., 2017) (M. Niswar et al., 2018) |
| 海洋環境 | (Xu et al., 2014) |

水質監測其參數會依據不同情境條件具差異性。自然水體其水質需維持在河川水質標準；工業廢水排放監控，水質必須符合法規限值，其目的為降低對環境的危害。國外在監測自然水體環境及工業廢水監控中，主要大多以 pH、溫度、溶氧、導電度、氧化還原電位及濁度為監測參考參數。養殖業、農業等產業應用中，因其特定的水質條件需維持，但其常見所使用之水質參數與亦與前述之與監測環境水體之參數相同。

感測元件為感測器的核心，其準確度會影響水質監測時之判讀。應用於水質即時感測設備的感測元件所需之條件，為符合在高空時性的分析結果下，須考量其尺寸、反應、測量範圍、敏感度、準確度、壽命、維護、成本等要求，微型、耐用、精準並符合成本考量的感測元件為即時感測設備的首要選擇。雖然感測元件的優化研究試圖更精進感測元件之準確度及降低成本，但研究仍於實驗室測試階段，並未進一步於真實情境中進行實驗，當前文獻仍選擇市售感測元件作為感測設備的開發應用，其優點為市售感測元件已廣泛被應用於真實情境，且其元件成本不高，如表 2.所示。目前市面上已有許多市售的感測元件提供感測設備開發選擇。

市售之感測元件可分為單一參數感測元件及多重參數感測元件，可以據感測設備所需應用情境選擇符合的元件。多重參數感測元件其優點為將多項測量參數整合，節省感測元件所佔設備之體積，但其存在之風險可能會有元件故障，需整組更換之問題，以造成維護成本提高。目前多數研究之感測設備以單一參數感測元件組作為感測設備的核心元件，其優點為可自由組合目標感測設備之參數所需，並且可以任意更換其中受損的元件，以降低感測設備之維護成本。目前市面上以 Atlas Scientific 公司所開發的感測元件為目前最被廣泛應用於感測設備中作為元件套組。

表 2. 市售感測元件及其可測量之水質參數(Li and Liu, 2018)

| 單一參數感測元件 | |
|---|--|
| 元件 | 水質參數 |
| ATI | 自由餘氯 |
| Hach A-15 CI-17 | 自由餘氯/總氯 |
| Hach 1720 D, WQ730,WQ720,SEN0189 | 濁度 |
| GLI PHD, WQ201,WQ101,ENV-40- pH, PASPORT pH Sensor - PS- 2102,SEN0161 | pH |
| GLI 3422, WQ-Cond, ENV-40-EC- K1.0 | 導電度 |
| Hach Astro TOC Ultraviolet/Process Analyzer | 總有機碳 |
| WQ401, ENV-40-DO | DO |
| WQ600, ENV-40-ORP | ORP |
| 多重參數感測元件 | |
| 元件 | 水質參數 |
| Dascore Six-Sense Sonde | 導電度、DO、ORP、溫度、自由 餘氯 |
| YSI 6600 Sonde, 6820 V2,600XL, WQMS | 導電度、DO、ORP、pH、溫度、 自由餘氯、總氯、氨氮、硝酸鹽 、濁度 |
| Hydrolab Data Sonde 4a | 導電度、DO、ORP、pH、溫度、 自由餘氯、總氯、氨氮、硝酸鹽 、濁度 |
| Smart Water (Libelium) | 導電度、DO、ORP、pH、溫度、 濁度、硝酸鹽 |
| Aqua TROLL 600 Multiparameter Sonde | pH、ORP、濁度、導電度、溫度 、壓力、硝酸鹽、氯化物 |

三、 物聯網應用於環境水質監測

近年來因無線感測網路監測技術日趨成熟，因其低成本、高空時性等特點，在水質監測之應用具有便利性及高度發展性。而文獻中無線網路感測設備探討中，大多著重於感測設備間之節點連結、網路傳輸及資料蒐集等硬體應用討論，對於感測元件及設備之開發應用資訊為主題文獻相較匱乏，而表 3.為針對利用無線感測網路監測技術衍生開發應用於環境水體的感測設備研究。(S. Sukaridhoto et al.,2015)開發無線電控制潛艇感測器，其潛艇內部裝載泵及電機單元以驅動壓載艙，使潛艇可以從水面潛入水中並保持靜止，亦可使推進動力裝置及升降機，利用 Atlas Scientific 感測元件套組，包含 pH、ORP、D.O.及導電度，搭配 GPS、無線通訊模組及馬達，容納至 77.4 cm x 28.5 cm x 29 cm 之潛艇模具中，以無線電控制方式，追蹤特定河段之水質。為達到能廣布感測設備自環境水體並同時降低設備成本，(Kageyama et al., 2018)以日本工業標準 (JIS) K 6741 中規定之硬質聚氯乙烯管作為主體外殼，其優點具有防水性、耐環境性及戶外可用性等，並置入市售溫度感測器及自行研發之導電度計及通訊模組等進行實驗監測，開發出可應用之漂浮式感測設備。(Koparan et al., 2018)將感測元件及通訊系統裝載至無人機地面水質測量系統。定制的六軸飛行器配備有電子感測器平台，其系統之電子組件皆塗有防水膜，可以測量溫度、電導率、溶氧及 pH 值，可用於進行難以接近或危險的水體上進行現場測量。

表 3.應用於環境水質監測之感測設備

| 感測設備類別 | 監測參數 | 參考文獻 |
|----------|------------------|------------------------------|
| 無線電控制潛艇 | pH、DO、ORP、溫度、導電度 | (S. Sukaridhoto et al.,2015) |
| 漂浮式感測設備 | 溫度、導電度 | (Kageyama et al., 2018) |
| 無人機地表水系統 | pH、DO、溫度、導電度 | (Koparan et al., 2018) |

然而，雖無線感測網路監測技術日趨向上，可進一步結合物聯網技術讓數據可以被即時掌握，但目前為止國際文獻之研究仍存在以下問題：

- (1) 無線感測網路技術結合物聯網應用文獻多著重於探討通訊網路模組應用，並無特別著重探討感測元件及設備。
- (2) 無線感測網路技術結合物聯網應用文獻中大多為在配水系統中之應用，而應用於環境水體真實情境中相關資訊仍較缺乏。
- (3) 無線感測網路技術結合物聯網應用文獻中於環境水體之試驗目前皆已市售感測元件組合模組作為實驗中之感測器，以探討物聯網技術之可用性。

目前之國際文獻中，皆針對單一層面主題進行探討，意即將感測元件研發、感測設備開發應用及物聯網技術應用分層討論，並皆於實驗階段。雖然在各層面之開發應用探討皆有正向發展，但目前為止尚未出現至元件開發至後端應用整合性的應用研究案例。

四、 建議我國水質感測元件、設備及應用發展情境

在公民意識抬頭下，環境保護議題愈來愈受國人重視，水質監測議題亦愈備受關注。隨監測技術不斷發展，無線感測網路技術應用已是全球發展水質監測之重點。物聯網技術於興起，讓生活之資訊取得及智慧應用更加便利。將水質監測及物聯網兩大技術完整串連應用，水質物聯網技術發展應用在未來，不論是環境水體維護及產業發展應用，皆非常具有其可行性。

水質物聯網應用範圍層面涉及廣泛，不單僅限於一般環境水體監測，舉凡民眾生活用水及不同產業如水產養殖、農業等產業水質監控等應用情境，各種應用情境中所考量的水質參數的應用依據法規現值或是實際應用條件亦略有所差異。在感測元件之選擇上，目前無論何種情境，常用之水質參數以 pH、溫度、溶氧、導電度、氧化還原電位及濁度等為主。在水質物聯網感測設備的開發中，應著重不同應用情境開發適合的感測設備，其設備選擇之水質監測參數主要以前述為參考，並針對不同的應用情境其特殊參數需求客製感測設備以滿足應用所需條件。另外，除了一般常見之固定式、漂流式及手持式等類型之感測設備外，若遭遇特殊事件及其地理環境無法利用前述之感測設備監測時，可考

量開發如無線電控制潛艇類型或無人機感測系統等機動性的感測設備，讓水質監測更具全面性。

當前國際間對於感測元件開發資訊仍於實驗階段，感測設備實際開發應用相關資訊亦有限，至今感測元件端、設備端及物聯網技術之串聯仍未有實際之文獻探討及相關案例分享，國際無線網路水質感測元件之研發仍舊於實驗階段，而現階段應用於水質感測設備之感測元件仍主要以市售為主，直接研發應用於感測設備仍缺乏實際案例。因此目前國外文獻中感測設備開發仍使用市售之感測元件，且感測設備的串聯應用及物聯網之發展仍在萌階段，尚未發展成熟及具完整性。針對我國水質物聯網之發展，除了從元件端研發，進一步應用於感測設備開發及後端物聯網技術之完整的整合串連外，感測設備可依據不同應用情境進行客製開發，並藉由情境應用中可能發生之情況，改進及優化感測設備。

參考文獻

- Adu-Manu, K. S., Tapparello, C., Heinzelman, W., Katsriku, F. A., Abdulai, J. D. (2017). Water Quality Monitoring Using Wireless Sensor Networks: Current Trends and Future Research Directions. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 13, No.1, Article 4. doi: 10.1145/3005719
- Aziz, B., Muchtar, E., Hariadi, F. I. (2016, November). Human-Machine Interface for Water Quality Monitoring System of White-Legged Shrimp Pond. *International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, Bandung, Indonesia.
- Chen, Y., Han, D. (2018). Water quality monitoring in smart city: A pilot project. *Automation in Construction*, 89, 307-316. doi: 10.1016/j.autcon.2018.02.008
- Encinas, C., Ruiz, E., Cortez, J., Espinoza, A. (2017, April). Design and implementation of a distributed IoT system for the monitoring of water quality in aquaculture. *Wireless Telecommunications Symposium (WTS)*, Chicago, Illinois, USA.
- Jothimani, A., Edward, A. S., Gowthem, k. M., Karthikeyan, R. (2017). Implementation of Smart Sensor Interface Network for Water Quality Monitoring in Industry using IoT. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(6), Advance online publication. doi: 10.17485/ijst/2017/v10i6/108448
- Kageyama, T., Miura, M., Maeda, A., Mori, A., Lee, S. S. (2018, April). Improvement of the Sensor Node for Wireless Sensor Network System to Monitor Natural Water Quality. *International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems*, Singapore.
- Koparn, C., Koc, A. B., Privette, C. V., Sawyer, C. B. (2018). In Situ Water Quality Measurements Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) System. *Water*, 10, 264. doi:10.3390/w10030264
- Li, D., Liu, S. (2018). *Water Quality Monitoring and Management: Basis, Technology and Case Studies*. London, UK: Academic Press.
- Niswar, M., Wainalang, S., Ilham, A. A., Zainuddin, Z., Fujaya, Y., Muslimin, Z., Paundu, A. W., Kashihara, S., Fall, D. (2018, November). IoT-based Water Quality

Monitoring System for Soft-Shell Crab Farming. International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IoTaIS), Bali, Indonesia.

Ramesh, M. V., Nibi, K. V., Mohan, R., Kurup, A., Aiswarya, A., Arsha, A., Sarang, P. R. (2017, October). Water Quality Monitoring and Waste Management using IoT. IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), San Jose, CA, USA.

Sukaridhoto, S., Pramadihanto, D., Taufiqurrahman, Alif, M., Yuwono, A., Funabiki, N. (2015, May). A Design of Radio-controlled Submarine Modification for River Water Quality Monitoring. International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, Surabaya, Indonesia.

Xu, G., Shen, W., Wang, X. (2014). Applications of Wireless Sensor Networks in Marine Environment Monitoring: A Survey. *Sensors*. 14, 16932-16954. doi:10.3390/s140916932

Zakaria, Y., & Michael, K. (2017). An Integrated Cloud-Based Wireless Sensor Network for Monitoring Industrial Wastewater Discharged into Water Sources. *Wireless Sensor Network*, 9, 290-301. Advance online publication. doi: 10.4236/wsn.2017.98016



行政院環境保護署

附件八、新竹市水質監測訓練 課程規劃書

主辦單位：行政院環境保護署

協辦單位：新竹市環境保護局

執行單位：財團法人工業技術研究院

中華民國 108 年 12 月

壹、前言

本活動應用環保署水質物聯網計畫研發成果，由工研院開發之手持式水質感測設備，結合 App 共享資料，期藉由使用者實際體驗應用，推廣國產化水質感測元件並更進一步擴散至環境教育。邀請河川巡守隊，引導利用簡易手持式感測設備及物聯網概念串聯環境水體資訊應用，藉由半日教學及實際操作活動教導如何使用輕便簡易的手持式感測器及閱讀 App 資訊，以實際著手體驗的方式提升民眾參與、監督、保護地球水資源意識，進而將環境永續概念融入生活。

貳、時間與地點

一、時間：108 年 12 月 16 日(星期一)，08：40 ~ 12：00

二、地點：

1.講習說明地點：新竹市環保局 2F 會議室

2.戶外活動地點：溪埔子人工濕地公園



圖 1.溪埔子人工濕地公園



圖 2.柯子湖河濱濕地

參、對象

新竹市河川巡守隊(約 25 人)

肆、辦理單位

- 一、主辦單位：行政院環境保護署
- 二、協辦單位：新竹市環境保護局
- 三、執行單位：財團法人工業技術研究院

伍、內容說明

本次活動分為講習說明及戶外實際體驗操作兩部分。首先，邀請環保署及新竹市環保局長官開場。再由工研院材化所介紹環境與水質的意義，介紹常用的水質指標，讓參與人員先行了解環境與水質間互動影響的基本概念。接著介紹水質感測器的原理、校正步驟及實際操作，並教導如何使用手機 App 檢視閱讀數據及代表意義，引導參與人員快速理解操作技巧，做為戶外實際體驗操作的預先準備。

戶外實際體驗將安排接駁車接送至試用地點，預計每人配發 1 支手持式水質感測器，於活動結束後收回。操作將帶領參與人員說明如何採樣及相關注意事項，並以多點採樣檢測之方式蒐集監測數據，在活動進行中，各小隊可現場即時讀取水質測質及歷史監測記錄，並實際講解現場水質分析狀況，

並於活動結束後，返回室內活動場地，交流意見，並填寫意見回饋問卷，完成後交予主辦單位蒐集參考，作為日後水質感測器精進的參考依據。

活動當日將有接駁車將參與人員接送場地往返，以及備有精美餐盒，並在活動結束後，依據使用心得及意見回饋問卷領取餐盒。

陸、活動規劃

| 時間 | 活動內容 | 活動地點 |
|-------------|------------------------------|---------------|
| 08：40-09：00 | 報到 | 新竹市環保局 2F 會議室 |
| 09：00-09：50 | 水質感測器介紹、校正引導及 APP 安裝說明 | |
| 09：50-10：20 | 參與人員移動至室外會場 | 接駁車 |
| 10：20-11：00 | 分組現場應用操作(採樣、水質檢測、APP 數據上傳操作) | 溪埔子人工濕地公園 |
| 11：00-11：30 | 參與人員返回室內會場 | 接駁車 |
| 11：30-12：00 | 使用心得討論及意見回饋問卷填寫 | 新竹市環保局 2F 會議室 |
| 12：00~ | 賦歸 | |

柒、移動式三合一水質感測器及應用 App

一、移動式三合一水質感測器 pH、溫度及導電度三合一感測模組，具備體積小及量測快速優勢

- 採用 Arduino 模組元件開發板，以模組化的方式可作為移動式快速檢測裝置
- 提供野地採集水樣數據，以及提供給河川巡守隊隨身攜帶，針對疑似污染水體立即檢測

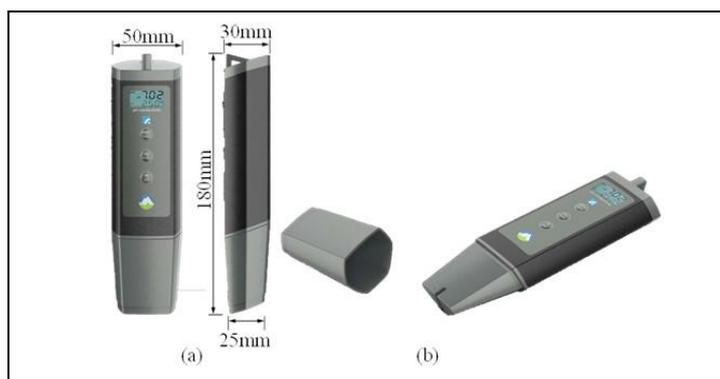


圖 3.移動式三合一水質感測器

二、應用 App 功能

- 透過藍牙連接水質感測器，接收 pH/EC/Temp 的資料並顯示
- GPS 位置
- 拍照功能，上傳照片功能
- 資料與現有後台整合串接

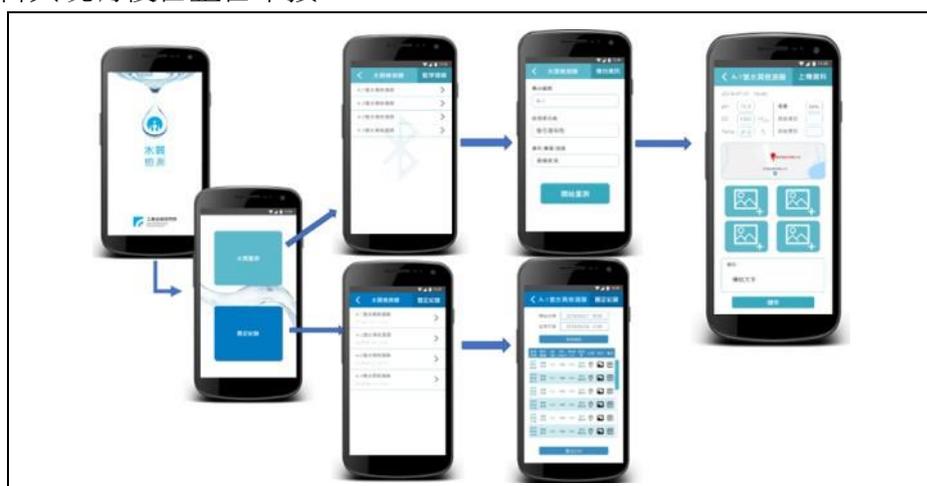


圖 4.應用 App

捌、預期效益

- 一、推廣國產化手持式感測器，教導民眾使用操作方式，以達到擴散普及。
- 二、以實地操作應用的方式，讓民眾從作中學習水質監測以及認識環境保護的重要性，並蒐集回饋改善意見。

報名表

| | | | |
|---------|--|--------|--|
| 隊 伍 | | | |
| 參 加 人 數 | 共_____人 (1人代表) | | |
| 聯 絡 人 | 姓名:_____ | 手機 | |
| | 電話:_____ | E-mail | |
| 餐 點 | <input type="checkbox"/> 葷食 _____ 人 <input type="checkbox"/> 素食 _____ 人 | | |
| 備 註 | <p>1. 報名窗口：</p> <p>(1) 新竹市環保局 蔡美菊 小姐，電話：(03) 536-8920 #3004，傳真：(03) 536-8884</p> <p>(2) 工業技術研究院 楊博傑 先生，電話：(03)591-3352，傳真：(03) 583-3106</p> <p>2. 時間於 12 月 16 日早上 8 時 40 分至 12 時 00 分</p> <p>3. 地點於 新竹市環保局 2F 會議室 (新竹市北區海濱路 240 號)</p> | | |

附件九、108 年度科技計畫成果效益報告

工業技術研究院編印

中華民國 108 年 12 月

108 年度科技計畫成果效益事實報告表

(請由計畫主持人、執行人填寫)

壹、計畫基本資料

領域別： 環境科技

| | |
|-------|----------------------------------|
| 計畫主持人 | 張王冠 |
| 計畫名稱 | 『水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用』 |
| 審議編號 | |
| 計畫期程 | 108 年 4 月至 108 年 12 月 |
| 全程經費 | 億 33,700 千元 108 年度經費 億 33,700 千元 |
| 執行機構 | 財團法人工業技術研究院 |

貳、計畫目的與預期成效

台灣經濟規模快速發展，然而工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別是台灣都市土地腹地面積小，容易造成工業區污染很快就外溢到臨近住宅區。目前常用之水質監測設備雖然可靠度佳，但一些常用之監測器如 pH 計、導電度計等需要人力定期校正與清洗，增加人力維護需求；而重金屬或化學需氧量等水污法重要收費水質項目則有相對設置經費較高、設備體積較大等缺點；因此，目前常用之監測儀器並不適用於未大量設置或廣佈等應用情境。

故本計畫主要為開發一體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸與物聯網功能之新一代廢污水監測設備與物聯網互動式資訊系統為研發技術主要開發方向。(一)、**水質感測技術部分**：應用目前較新穎之電化學與光學分析法為開發基礎，設備最小化則以微型化感測技術為主，**針對酸鹼度、溫度、電導度、濁度、餘氯及重金屬等重要水質管制項目**，開發同時具有「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」特性之廣佈型水質感測技術與系統，以提供未來各單位應用於不同情境水體監測系統之建置。(二)、並於指定場域完成至少 **50 組即時水質監測器** 布建、巡檢與維護，以及既有 **100 組即時水質監測器** 維運，提供未來建立全國水質感測物聯網之布建依據。(三)、**完成水質物聯網無線通訊模組與資料中心系統並上線運作**，並已建立布建維運管理系統及水質感測資料分析決策應用系統，將可即時反應污染潛勢地區之水體品質並達到污染溯源及水質異常預警等功能。

參、計畫目的主要內容

本計畫為開發體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線傳輸與物聯

網功能之廣佈型感測裝置，並達成微型化水質感測器於大規模水域廣佈使用之目的。分為四個計畫目標執行：(一)研發及精進即時線上水質監測元件，並組裝適用於工業區、河川及灌溉渠道水質的感測器：開發國產之微型化感測元件，包括：pH、導電度、水溫、濁度、餘氯及重金屬等，研發感測器各項感測元件成果之偵測極限至少低於放流水標準規範之各污染物限值。(二)完成工業區、河川及灌溉渠道水質感測物聯網感測點選址、安裝布建、巡檢品管及維護管理等：持續維護已布建之 100 組水質感測器，即時有效數據完整率及數據品質滿意度需達 85% 目標，並依據所制定之選址作業準則，選擇合適場域示範維護 50 點。(三)完成水科技物聯網應用平台：定義數據串流後之數據前處理及拋轉方式，再透過數據異常判別模組，以設備異常及水質異常管理系統，自動化追蹤數據異常情形，最後，連結跨域資訊，建立後端數據加值分析及應用模式，針對水質異常事件，提供決策人員專案報表及分析功能，並將異常預警、污染溯源、熱區分析等功能標準化，結合決策應變實現環境即時監控及管理。

肆、計畫經費與人力

| 計畫名稱 | 執行情形 | 總人力(人年) | 研究員級 | 副研究員級 | 助理研究員級 | 研究助理級 | 技術人員 |
|-----------------------|------|---------|------|-------|--------|-------|------|
| 水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用 | 原訂 | 109 | 32 | 26 | 21 | 14 | 16 |
| | 實際 | 109 | 32 | 26 | 21 | 14 | 16 |
| | 差異 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

伍、計畫已獲得之主要成就與成果 (out put)

1.請就本計畫涉及之(1)學術成就(2)技術創新(3)經濟效益(4)社會影響(5)非研究類成就(6)其他效益方面說明重要之成果及重大之突破，以文字方式分列說明。

(1)學術成就

一般量測設備都需反應及量測時間，無法即時提供量測之水質資訊，失去水質自動監測之目的。因此，本計畫所開發水質感測元件與物聯網平台技術開發方向朝向「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」的方向，可應用於大規模區域水質監測之即時線上水質監測技術，協助相關部會建置不同情境之

智慧水質環境監控系統。在技術開發原理部分以目前較新穎之技術為主，感測器開發包含電化學法與光學分析法等，設備最小化則以微流道技術為主，其中共達成以下成果：**1. pH、溫度、導電度三合一感測模組改良：**本計畫主要建立一酸鹼值、溫度與電導度三合一感測模組，其中酸鹼值感測元件主要以低成本、高穩定性工業化金屬氧化薄膜為感測材料，可對於酸鹼值進行高效能且快速之量測。而電導度感測元件則採用金電極製作，利用金電極化學穩定性，採用二極式電極量測原理，設計兩電極長度，固定其間距，測量其水溶液中電阻值，最後將其轉換為電導單位，則可得水中電導值。溫度感測元件則採用熱敏電阻製作。**2. 餘氯感測元件：**以電化學伏安法為原理基礎，開發電化學餘氯感測元件。將針對電化學餘氯分析優選電極材料，並建置餘氯感測模組，進行實驗室及實地場域測試，其目標餘氯感測範圍於 0.5 - 3.0 mg/L。**3. 濁度感測元件：**利用光學頻譜分析技術開發可應用於正常原水(0 - 500 NTU)及自來水清水(0 - 40 NTU)之多成分定性定量演算法，並以此為基礎完成可即時感測水中濁度之微型濁度光學感測模組，以達到即時自動監測水質的目標。**4. 重金屬感測元件晶片化：**以電化學法作為模組設計基礎，利用陽極剝除伏安法分析水中重金屬離子，同時具有定性分析及定量分析功能，且與其他常用的化學分析方法相比，具有較低的偵測極限及分析靈敏度佳。**5. 抽換式物聯網無線通訊模組：**以 NB-IoT 技術進行開發新款抽換式通訊模組，NB-IoT 網路是以 LTE 架構為基礎的窄頻通訊，是一種專為物聯網打造的電信級蜂窩網絡連接技術，顧名思義，NB-IoT 所占用的帶寬很窄（僅 180KHz），且使用授權頻段可與電信業者現有網絡共存，並且能夠直接部署在現有網路下，大幅降低部署成本。

(2)技術創新

➤ 感測器微型化、製程簡易化

利用印刷電路板(Printed circuit board, PCB)製程技術製作電導度感測電極，酸鹼值以及溫度感測元件，係採工業用金屬氧化薄膜與熱敏電極進行黏貼焊接完成。考量感測器為可拋棄式，為降低成本，選擇的基底材料為印刷電路板。而微型酸鹼值感測電極感測主要利用金屬氧化薄膜進行黏貼封裝，其低成本、抗酸鹼、導電性佳及高度離子選擇性等優點，使量測更加穩定、提升表面電化學轉換效率。又因其為商業製程，可大量生產，使其成為一高效率氫離子檢測前端裝置，對未來大量生產為一大優勢。微型電導度感測電極則是在製程上電

鍍金屬層作為電導度感測使用，而溫度感測元件則採用熱敏電阻加以完成，每組感測元件均具有標定的額定電阻，並將依線性化的近似值，隨溫度而產生反比變化。而透過小量製作進行驗證，並針對各項製程進行改善以期提高產品量率。

➤ **光學感測器微型化、具多光源量測**

本計畫長期規劃之產品，預期可具備多重光源(VIS/NIR)並搭配水質多成分定性定量演算法，可即時扣除複雜水體之感擾物質如：色度等；另外，汲取水樣量測與具備參考光源之設計，可同時提高清洗效率與光源穩定度，搭配本團隊原有針對光學與系統之微型化技術，可達到低成本、體積小與線上即時量測之目的。

➤ **電化學感測器微型及晶片化**

本計劃所開發的電化學感測電極，具有可偵測餘氯及多種金屬特性、穩定性佳、可有效降低生物積垢並延長使用壽命等有優點，同時亦具有設備體積小且操作成本低等優勢。

2.請依本計畫(涉及)設定之成果項目以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化成果(如學術成就代表性重要論文、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、重大專利及項數、著作權項數等項目，含量化與質化部分)。

(1)學術成就

a.研討會論文 4 篇：

| 論文及專利名稱 | 發表時間 | 論文名稱 |
|---|------------|---|
| 環境科技論壇 | 2019/06/18 | 物聯網無線感測系統開發 |
| 環境科技論壇 | 2019/06/18 | 即時線上水質監測技術開發 |
| Sensors (SCI) | 2019/08/30 | Development of Miniaturized Water Quality Monitoring System Using Wireless Communication |
| 2nd IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention | 2019/7/13 | Development of Water Sensing System for IoT Application of Water Quality Monitoring (Best Conference Paper Award) |

b.完成 3 篇報告

- ✓ 「智慧稽查布建維運體系標準作業程序準則」報告
- ✓ 國際水質感測元件及設備應用分析研究報告
- ✓ 水質物聯網結合產業與民眾需求之推廣應用活動規劃書

c.建立 5 項模組

- ✓ 感測器紀錄履歷管理模組
- ✓ 感測器巡檢及維護管理模組
- ✓ 感測器數據品質查核管理模組
- ✓ 感測器狀態異常及檢修管理模組
- ✓ 系統運作儀表及資訊顯示管理模組

d.研究報告撰寫 1 本：水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用期末報告

(2)技術創新

開發體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸之感測器與廢污水監測物聯網互動式資訊系統成為本計畫技術開發方向。本計畫共達成以下成果：

a.完成 6 項感測元件

感測元件；已開發完成**酸鹼值及導電度與溫度三合一感測模組**：酸鹼值與溫度量測範圍與精度分別為 pH 3 - pH 12 與 10 °C - 85 °C，以及 ± 0.5 pH 與 ± 0.5 °C，而導電度量測範圍為 90 μ S/cm - 10300 μ S/cm(10.3 mS/cm)，且量測誤差為 13.5%、**電化學餘氯感測元件**：感測範圍：0.5-3.0 mg/L 誤差百分比約為 8%、**光學濁度感測元件**：最佳之設計方式建議以 VIS LED 為燈源，同時搭配散射跟穿透量測、**重金屬感測元件晶片化**：誤差小於 15%。

b.完成 50 組水質感測設備布建

包含新竹市、新竹縣、桃園市及雲林縣，主要監測工業區、農田用水、自來水取水口等應用場域，含去年成果，共計完成我國 150 台水質感測器布建應用。

c. 完成水科技物聯網應用平台 6 大模組與 5 場次訪談

以設備維運管理、水質資料分析自動化處理目標，達到預警、通知、管理功能，輔助以最低維運人力，創造高數據品質，及高效率分析應用。共完成感測器紀錄履歷管理模組、感測器巡檢及維護管理模組、感測器數據品質查核管

理模組、感測器狀態異常及檢修管理模組、系統運作儀表及資訊顯示管理模組等 6 大功能模組功能。連結終端使用者實際需求，以縣市環保局、督察大隊稽查應用為主，完成水科技物聯網應用平台 5 場次訪談與改良工作。

d.完成研發原型機提供未來持續測試及展示

針對不同新興感測模組的研發，以及不同場域的應用，分別完成 3 台固定接觸式新興研發原型機與 3 台固定非接觸式原型機，並透過實驗試測試驗證其功能，後續將進行實地測試驗證。以及完成浮動載具錨錠式與漂流式共 6 台設備製作與實場測試工作。

陸、評估計畫主要成就及成果之價值與貢獻 (out come) 請依前述重要成果及重大突破說明其價值與貢獻度如：

1.學術成就(科技基礎研究)(權重 40%)

本計畫應用目前較新穎之電化學與光學分析法搭配抽換式無線通訊模組，研發與精進包括：pH、溫度、導電度、重金屬、餘氯與濁度等即時線上水質監測元件，組裝適用不同應用場域之廣布型感測器，提供未來各單位環境水質監測系統之建置，達到即時監控水質狀況之目的。

(1)完成酸鹼值、電導度與溫度三合一感測器的精進，其量測範圍與精度/誤差分別為 pH 3 - pH 12 \pm pH 0.5 (R2=0.978)、90 - 10500 μ S/cm \pm 13.5 % (R2=0.990)，以及 10 - 85°C \pm 0.5°C (R2=0.990)，並透過清洗與自動校正步驟降低溶出物與電位飄移影響。亦透過授權進行技術移轉與小量生產。

(2)同時採用方波伏安法，完成餘氯，以及晶片式重金屬離子濃度 (銅、鉛)感測器之研發，其量測範圍與誤差分別為 0.2 - 3.0 mg/L \pm 8% (R2=0.953)、0.5 - 5.0 mg/L \pm 11% (R2=0.992, 銅離子濃度)，以及 0.5 - 3.0mg/L (R2=0.979, 鉛離子濃度)，並進行模組化設計與原型機製作，而原型機分別於自來水廠與實地進行測試驗證。

(3)利用光學原理，設計「微型濁度感測模組」，驗證結果顯示：(1)感測模組在動態與靜態之推估結果具有一致性；(2)低濃度(0 - 40 NTU)建議以 VIS LED/散射推估模式/動態檢測方式量測，誤差約為 20%；(3)相對高濃度(40 - 400 NTU)建議以 IR LED/吸收度量測模式/動態檢測方式量測，誤差<3%；目前最佳之設計方式建議以 VIS LED 為燈源，同時搭配散射跟穿透量測。

以上所研發之感測器可透過工規連接器與固定式/移動式感測裝置，以及一般監測站進行對接使用，大幅提升研發之感測器使用範圍。

2.技術創新(科技整合創新) (權重 60%)

(1)針對小型化水質監測系統設備感測器所在之檢測槽體加入水位偵測功能，可以自動感測槽體滿水時間點，可避免溢流情況產生，以及取樣過程中無法抽取水體時，亦可當作系統裝置錯誤之警訊提醒。而 107 年研發的固定接觸式模組，於場域測試中，電池續電量、感測模組更換，及水管路清潔等工作事項，因系統裝置內部機構配置設計複雜，造成現場維運工作極為複雜，因此除電路優化、水位計，以及模組對接等，108 年原型機針對內部機構進行優化。

(2)酸鹼值感測元件是三合一感測模組改進重點項目，主要工作在於金屬氧化薄膜規格、參考電極，以及量測電路之改良。而目前廣泛應用於環境檢測之離子場效應電晶體是利用電化學電位之變化測試特定物質之濃度，因此須由參考電極提供一個穩定的電位作為電位量測的依據，因此透過對參考電極中的電解液與多孔結合結構進行改進，以對酸鹼值量測提供一穩定之電位。而以金屬氧化薄膜做為氫離子感測材料，會有溶解或者是剝離問題，且水溶液中解離的氧會吸附在金屬氧化薄膜的表面，甚至滲透到金屬氧化薄膜物裡面，導致金屬氧化薄膜表面電位隨時間飄移，影響氫離子的量測，因本計畫將會透過材料特性與感測方式，如片電阻值、金屬氧化薄膜厚度、感測面積，以及負電壓剝除等進行改進測試，以期酸鹼值量測達到一穩定量測值。量測模組電路將以運算 IC 選用，不同驅動電壓區隔、干擾隔離，以及電壓轉換效率提升等方面進行改良。最後感測晶片與量測電路以防水連接線連接，加強訊號隔離，並進行接頭防呆設計。

(3)成功開發 **NB-IoT/4G/LTE 抽換式通訊模組設計**並實際使用於示範布建場域中；本年度除完成 50 套 NB-IoT 通訊模組產品外，同時強化通訊模組韌體程式，增加可傳輸數據量並提升傳輸穩定成功率。同時具備超低耗電(最低<0.6mW)與相容台灣三大電信網路特性，目前穩定運作中，並協調上游感測器端及下游平台網頁端有效串連，使通訊系統能發揮最大效能。

(4)已建立水質感測物聯網之感測數據分析平台六大功能模組，包含即時水質資

訊、水質預警分析、污染源頭分析、污染熱區分析、E化快速稽查、浮動式載具分析，讓民眾了解本計畫各種水質分析的能力與可應用之情境以及數據資料等簡介，並也完成**水質感測物聯網布建維運管理系統**，達到自動化、行動化及數位化布建安裝、巡檢維運、品管查核管理及資訊分析應用等一貫化資訊數位作業。也完成**水質感測資料分析決策應用系統開發**，包含優化水質/設備預警分析模組、優化污染源頭分析模組、建立智慧稽查應用模組及污染熱區分析模組。以期針對跨測項及跨上下游連動之污染情形，達到自動化分析及預警功能，有效掌握水體品質。

柒、與相關計畫之配合

無。

捌、後續工作構想及重點

- (1)建議嘗試採用摻雜不同成分之金屬氧化薄膜，以提高酸鹼值量測線性度、準確度、使用壽命，以及三合一感測器的使用價值。
- (2)餘氯電化學分析部分，後續建議可優先針對濃度梯度因子進行改善，增加相關擾動裝置或藉由電化學逆掃程序，以提升水樣中餘氯接近電極表面的機率，並減緩表面鈍化情形。
- (3)重金屬晶片化電極壽命較一般電極短，建議未來可改用三極式電極模組，將可大幅增加電極壽命。
- (4)以光學為原理所開發之感測器雖具備即時監測之功能，但其光學觀景窗容易遭受污染而產生水質監測資料高估的現象，建議未來在模組設計端可多構思系統清潔模式的開發，搭配目前已開發完成之參考光源設計，可大幅提升光學感測器之使用領域。
- (5)因應不同場域將採用多種感測器，固定式原型機將進行修正感測器對接方式，確認感測器易於與固定式機台對接。
- (6)水科技物聯網平台應依縣市環保局、督察大隊使用需求精進，建立帳號權限管理系統，並納入各樣態應用情境需求。

玖、檢討會與建議

- (1)移動式三合一感測器現階段為新開發原型機，透過使用者的使用意見回饋，將針對移動式三合一感測器進行修改與精進，以及加入更多水質量測項目。測

試驗證其功能，後續將進行實地測試驗證。

(2)國產化水質感測元件可進一步模組化，精進為可整合至不同型態之監測設備，如浮動式載具、自動連續監測設備等。

(3)未來可將效益較低之布建點位，執行移機作業，並提供給各縣市環保局。

(4)建議以本計畫開發之固定式、手持式及浮動式監測裝置，結合地方政府應用需求推廣，並嘗試應用於多樣化場域。

填表人：朱振華

聯絡電話：03-5732075

傳真：

108 年度科技計畫成果效益自評表

(請由計畫主持人、執行人填寫，再由主管部會署初核)

壹、計畫基本資料

領域別：環境科技

| | |
|-------|----------------------------------|
| 計畫主持人 | 張王冠 |
| 計畫名稱 | 『水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用』 |
| 審議編號 | |
| 計畫期程 | 108 年 4 月至 108 年 12 月 |
| 全程經費 | 億 33,700 千元 108 年度經費 億 33,700 千元 |
| 執行機構 | 財團法人工業技術研究院 |

貳、計畫目標與執行內容是否符合(如有差異，請說明)

無差異。

參、計畫已獲得之主要成就與成果

本計畫共達成以下成果：1.利用光學與電化學技術開發酸鹼度、溫度、電導度、濁度、餘氯及重金屬之微型化水質監測元件並整合微流體系統、化學分析、光學偵測、訊號處理電路等技術，開發具有「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」特性之小型自動化水質監測系統裝置，可應用於淨水與污水之水質檢測。2. 持續維運 107 年已完成布建桃園市部分南崁河流域、龜山工業區及坑子口圳共 100 套水質監測設備，水質監測數據之有效數據完整率及數據品質滿意度均達 85% 以上。完成 108 年於桃園、新竹及雲林新布建 50 組水質監測設備，拓展應用場域，其 60 日之有效數據完整率及數據品質滿意度均達到 85% 以上。3.完成水質物聯網無線通訊模組與資料中心系統並上線運作中，並已建立布建維運管理系統及水質感測資料分析決策應用系統，將可即時反應污染潛勢地區之水體品質並達到污染溯源及水質異常預警等功能。

肆、計畫主要成就與成果之價值與貢獻度 (out put) (如論文篇數、技術移轉經費/項數、技術項數、技術創新項數、技術服務項數、專利權項數、著作權項數等)

a.研討會論文 4 篇：

| 論文及專利名稱 | 發表時間 | 論文名稱 |
|---------|------------|--------------|
| 環境科技論壇 | 2019/06/18 | 物聯網無線感測系統開發 |
| 環境科技論壇 | 2019/06/18 | 即時線上水質監測技術開發 |

| | | |
|---|------------|---|
| Sensors (SCI) | 2019/08/30 | Development of Miniaturized Water Quality Monitoring System Using Wireless Communication |
| 2nd IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention | 2019/7/13 | Development of Water Sensing System for IoT Application of Water Quality Monitoring (Best Conference Paper Award) |

b.專利申請 1 項，持續答辯 3 項

| 項次 | 名稱 | 申請國家 | 專利類型 | 申請日期 |
|----|--|------|------|------------|
| 1 | 嵌入式感測模組及感測裝置 | 中華民國 | 發明專利 | 2017.12.15 |
| 2 | 嵌入式感測模組及感測裝置 | 中華民國 | 新型專利 | 2017.12.15 |
| 3 | 嵌入式感測模組及感測裝置 Structure of Embedded Sensor Modules | 美國 | 發明專利 | 2017.12.29 |
| 4 | 小型化多重水質監測整合系統 | 中華民國 | 新型專利 | 2019.12.X |

c.完成 3 篇報告

- ✓ 「智慧稽查布建維運體系標準作業程序準則」報告
- ✓ 國際水質感測元件及設備應用分析研究報告
- ✓ 水質物聯網結合產業與民眾需求之推廣應用活動規劃書

d.建立 5 項模組

- ✓ 感測器紀錄履歷管理模組
- ✓ 感測器巡檢及維護管理模組
- ✓ 感測器數據品質查核管理模組
- ✓ 感測器狀態異常及檢修管理模組
- ✓ 系統運作儀表及資訊顯示管理模組

e.研究報告撰寫 1 本：水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用期末報告

f.完成 6 項感測元件

感測元件；已開發完成酸鹼值及導電度與溫度三合一感測模組：酸鹼值與溫度量測範圍與精度分別為 pH 3 - pH 12 與 10 °C - 85 °C，以及 ± 0.5 pH 與 ± 0.5 °C，而導電度量測範圍為 90 μS/cm - 10300 μS/cm(10.3 mS/cm)，且量測誤差為 13.5%、電化學餘氯感測元件：感測範圍：0.5-3.0 mg/L 誤差百分比

約為 8%、光學濁度感測元件：最佳之設計方式建議以 VIS LED 為燈源，同時搭配散射跟穿透量測、重金屬感測元件晶片化：誤差小於 15%。

g. 完成 50 組水質感測設備布建

包含新竹市、新竹縣、桃園市及雲林縣，主要監測工業區、農田用水、自來水取水口等應用場域，含去年成果，共計完成我國 150 台水質感測器布建應用。

h. 完成水科技物聯網應用平台 6 大模組與 5 場次訪談

以設備維運管理、水質資料分析自動化處理目標，達到預警、通知、管理功能，輔助以最低維運人力，創造高數據品質，及高效率分析應用。共完成感測器紀錄履歷管理模組、感測器巡檢及維護管理模組、感測器數據品質查核管理模組、感測器狀態異常及檢修管理模組、系統運作儀表及資訊顯示管理模組等 6 大功能模組功能。連結終端使用者實際需求，以縣市環保局、督察大隊稽查應用為主，完成水科技物聯網應用平台 5 場次訪談與改良工作。

i. 完成研發原型機提供未來持續測試及展示

針對不同新興感測模組的研發，以及不同場域的應用，分別完成 3 台固定接觸式新興研發原型機與 3 台固定非接觸式原型機，並透過實驗試測試驗證其功能，後續將進行實地測試驗證。以及完成浮動載具錨錠式與漂流式共 6 台設備製作與實場測試工作。

伍、評估計畫主要成就及成果之價值與貢獻 (out come)

1. 透過本計畫之執行可以加速國內智慧監測與雲端服務產業、並建立新興水處理服務商業模式，達成科研創新轉化、永續綠能環境、產業科技加值、幸福多元社會之最終目標。同時，透過國內運用模式與經驗，有效輸出相關技術與服務至東南亞與大陸地區，提升產業競爭力、創造更大產值與增加就業機會。
2. 由於地球環境持續惡化、水資源缺乏與各類環保議題的加溫，使環境感測技術結合物聯網應用逐漸受到重視；本計畫所開發之水質感測元件與物聯網平台技術可協助相關部會建置不同情境之智慧水質環境監控系統。透過 24 小時不間斷之水質監測數據進行監測區域之特性分析與背景濃度建立，未來除可應用於本計畫所發展之「預警分析」及「污染源頭分析」外，亦可針對「總量管

制」、「環境稽查」及「水污費徵收」等其他功能作加值運用，透過物聯技術發出警訊及啟動應變決策，有效提升稽查處分時效並節省人力，提升民眾對於政府環境水質監控之信心。

3. 開發具有多目標、即時性、自動化與遠端監測等功能之多目標即時遠端水質檢測系統用以檢測環境之水質，用以取代大型檢測儀器，並利用微機電製程技術製備之多功能水質檢測晶片，使其具有輕薄短小以及可批次大量生產能力等特性，降低檢測所需之成本，在產業競爭日趨嚴苛的現當下，更顯現獨特價值。

4. 各環保主管機關可應用於稽查、預警、水污費徵收外，資訊也可提供相關單位應用，包含水利署(水資源安全)、農委會(灌溉用水)、自來水公司(飲用水)、工業局(各工業區)及營建署(下水道與水資源中心)等。提供全國水質安全資訊，降低稽查人力，提供偷排預警，確保全國水體永續環境利用之優點。

陸、與相關計畫之配合程度

本計畫目前並無與其他相關計畫連結，惟執行計畫期間因需布建用地與水質監測設備接電，於相關單位如：環檢所、水利局、縣市環保局、鄉鎮公所、水利署及地方工業區管理中心均有接觸，未來會配合環保署長期規劃，積極與其他公部門進行合作可能性之討論與分工，將國家資源投入效益最大化。

柒、計畫經費的適足性與人力運用的適善性

計畫經費的適足性與人力運用妥適，且預算之執行率及達成率均佳。

捌、後續工作構想及重點之妥適性

1. 為擴大應用情境範圍，可以做為環境管理與稽查應變、各種產業及生活應用，本計畫後續精進小型化感測系統，包含提升重金屬離子偵測極限及增加其他偵測項目，精進導電量測範圍降低其誤差值，並開發酸鹼度、電導度及溫度並開發（PET）整合水位計技術與開發可同步監測 SCOD、SS、餘氯、溶氧或濁度等感測器並具備自動清洗之光電感測模組。

2. 建議未來可進一步建立水質分區統計分析模式、水質污染事件分級及推播模式及感測器清單管理系統，提升平時水系流域背景資訊透明化、污染事件預警及強化感測器布建管理，達到提升環境品質之成效。

玖、檢討會與建議

- 1.本案成功完成水質感測器之建置，並已布建 150 組水質感測設備於桃園市、新竹縣市以及雲林縣，並已通過機台完整率與機台品質滿意度測試，目前所有感測器之製作程序跟參數均有標準操作程序進行品質管控與記錄，後續將技轉給不同供應商以達量產規劃。
- 2.溫度、電導度以及酸鹼值感測模組與整合電路經實驗室與現場場域測試驗證，已確認其量測的穩定性、準確度與誤差，並針對長時間基線飄移以及快速量測進行改善，並且針對該模組進行手持式裝置之設計與製作，以提供環境教育之推廣或者是稽查人員現場查核使用，後續將持續精進感測器的效能，以及再整合其它水質感測項目(例如 ORP)，冀望擴展多功能整合型感測器之應用。
- 3.本計畫後續將彙整 150 組水質感測設備之第三方比對查核結果，針對準確度較差之水質感測設備，藉由品管手法來找出造成差異之原因，進一步改良或改善產品或製程，形成一 PDCA 正向循環的品保制度，達到良好的品質保證目標，以確保水質感測設備之產品品質、數據準確性與後續維護使用之可靠度。
- 4.建議未來可進一步建立水質分區統計分析模式、水質污染事件分級及推播模式及感測器清單管理系統，提升平時水系流域背景資訊透明化、污染事件預警及強化感測器布建管理，達到提升環境品質之成效。
- 5.在本年度計畫執行的過程中，在進度會議與研討會中經環保署媒合下，有幸與其他相關單位如：環檢所、水利局、縣市環保局、鄉鎮公所、各區域工業區管理局及水利署交換意見與討論，未來在配合本計畫成果之公布，會積極與其他公部門進行合作可能性之討論與分工，將國家資源投入效益最大化。