

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

頭份工業區雨水下水道即時監測設備規劃評估

Benefit Assessment of Real-Time Monitoring Equipment for

Rainwater Channel in Toufen Industrial Zone



平民

Ming Ping

指導教授：洪耀明 博士

Advisor: Yao-Ming Hong, Ph.D.

中華民國 109 年 6 月

June 2020

南華大學

科技學院永續綠色科技碩士學位學程 碩士學位論文

頭份工業區雨水下水道即時監測設備規劃評估

Benefit Assessment of Real-Time Monitoring Equipment for Rainwater
Channel in Toufen Industrial Zone

研究生： 李民

經考試合格特此證明

口試委員：
林松卷
陳柏青
凌瑞川

指導教授：凌耀明

系主任(所長)：凌耀明

口試日期：中華民國 109 年 7 月 9 日

誌 謝

研究所兩年上課學習的日子，就像一陣風，咻的一聲就過去了，回想細數這兩年來的求學時光，記憶中的點點滴滴，宛若電影畫面般浮現腦海。

參觀陳校長經營的農場，一個人的執念非常可貴，從規劃、培育、養成到豐收，過程中的酸甜惟有經營者才会有其感受；師父領進門，修行看個人，首要感謝指導教授洪耀明博士鍥而不捨、次有環保中心洪副執行長清水及邱組長美華鼓勵我進修；接受陳校長世雄、陳教務長柏青、林教授文賜及指導教授洪耀明博士的教學，博士不是假的，真材實料，讓學生在職場上無法接觸與學習，著實自覺渺小無知。

論文撰寫，因非本科系，處處荊棘，感謝指導教授洪耀明博士諄諄教誨指導，感謝環保中心邱組長美華提供資料協助，得以順利付梓，衷心誠摯感謝再感謝。

最後，感謝家人支持與關心，尤其是 85 歲高齡媽媽，每每星期五的晚上就會叮嚀我-明天要上課了喔，她老人家比我還認真，她說：要認真上課，妳是我們家第一個碩士；我一定要成功。

中文摘要

工業區未設置污水處理廠，廠商產生之廢水經處理後，排至工業區雨水道。若能即時監測雨水道水質，方能管理廠商廢水處理狀況。本研究藉由設置自動監測系統，取得放流水質溫度、pH 及導電度即時資料，並利用監測所得影像與水質資料收集及分析，進行放流水質趨勢與成本之效益評估。首先採用頭份工業區為試驗區，安裝 5 處監測站，測試系統穩定性，其次進行自辦或委外辦理之成本比較，分析結果發現，委外辦理服務費用成本為每年 273,503 元，而自辦需購買設備，若設備耐用 4 年，則所需成本差異值最小，若設備耐用年限小於 4 年，則以委外辦理成本較低。

關鍵詞：自動監測設備、放流水質、成本比較

ABSTRACT

For no sewage treatment plant, the wastewater produced by the manufacturer is discharged to the rainwater channel of the industrial area after treatment. If the water quality of drainage channel can be real-time monitoring, the wastewater treatment of manufacturer can be controlled. This study developed, an automatic monitoring system to obtain the real-time data including temperature, pH and electric conductivity of the discharged water. Monitoring image and water quality data were collected, to evaluate the benefits of released water quality trends and costs. Firstly, Toufen Industrial Park was selected to be the field to install 5 monitoring stations for the system stability test. Secondly, the cost between self-management or outsourcing were compared. Results shows that the cost per year by outsourcing was N.T. 273,503. Self-management should pay the fee for equipment. If equipment can be used for four years, both of costs are similar. If the equipment can be used smaller than four years, outsourcing will be cheaper than self-management.

Keywords: Automatic Monitoring Equipment, Quality of Drainage Water,

Cost Comparison

目 錄

誌 謝	I
中文摘要	II
ABSTRACT	III
目 錄	IV
圖目錄	VI
表目錄	VII
第一章 前言	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 本文組織	2
第二章 文獻回顧	5
2.1 監控與資料收集系統概述	5
2.1.1 資料監控與收集系統特色	6
2.1.2 資料監控與收集系統架構	6
2.2 水質監測	7
2.2.1 水質標準	7
2.2.2 水質參數說明	8
2.3 放流水標準	9
2.3.1 現行國家放流水標準	9
2.3.2 陸域地面水體環境基準	10
第三章 研究方法	12
3.1 研究背景	13
3.2 水質資料	14
3.3 成本評估	18
3.3.1 成本因子	18

3.3.2 設備操作效益因子.....	18
第四章 結果與討論.....	19
4.1 自動水質監測設備設置規畫.....	19
4.2 試驗方法.....	21
4.2.1 水質監測設備點位.....	21
4.2.2 水質監測方法項目.....	22
4.3 自動水質監測設備操作購置成本.....	24
4.3.1 設備購置成本.....	24
4.3.2 設備購置及操作總成本.....	25
4.3.3 設備操作提供數據服務成本.....	27
4.4 綜合討論.....	30
第五章 結論與建議.....	32
5.1 結論.....	32
5.2 建議.....	32
參考文獻.....	33

圖目錄

圖 1.1 論文研究之流程規劃圖.....	3
圖 2.1 資料監控與收集系統.....	5
圖 3.1 水質自動監測設備效益評估研究流程圖.....	12
圖 3.2 頭份工業區廠商平面圖.....	13
圖 3.3 頭份工業區行業類別廢水量統計圖.....	14
圖 4.1 未設污水處理廠工業區監測及監視系統設置示意圖.....	20
圖 4.2 自動監測系統架構圖.....	20
圖 4.3 頭份工業區監測點位規劃平面.....	21
圖 4.4 水質自動監測視設備水質檢知器.....	23
圖 4.5 水質自動監測視設備.....	23
圖 4.6 水質自動監測視設備顯示器.....	23
圖 4.7 設備購置操作成本與提供數據服務成本比較圖.....	30

表目錄

表 2.1 河川污染指數.....	7
表 2.2 石化專業區、化工業之放流水質標準.....	9
表 2.3 陸域地面水體水質基準值.....	10
表 2.4 行政院環境保護署「水區、水體」分類表.....	11
表 3.1 頭份工業區水質自動監測設施各點位水源.....	15
表 3.2 頭份工業區區內廠商排放水水文資料.....	17
表 4.1 水質自動監測系統購置費用.....	25
表 4.2 水質自動監測系統購置及操作總費用.....	26
表 4.3 水質自動監測系統 4 年操作總費用.....	27
表 4.4 水質自動監測系統設置契約價金服務費.....	28
表 4.5 水質自動監測系統操作服務費.....	29
表 4.6 水質自動監測系統購置操作與數據服務費差異.....	29
表 4.7 提供水質數據服務優缺點.....	31

第一章 前言

1.1 研究動機

現今水污染問題、水資源短缺及資訊數位化管理，已成為許多國家經濟及社會發展的重要課題，因此在有限財政及人力資源下如何更有效管理工業區排水，已成為未設污水廠之工業區管理之方向。行政院環境保護署為進行水污染防治與潔淨水質，以保護環境，於 2010 年增訂自動監測及連線傳輸相關辦法有效管理事業排放之廢水，經濟部工業局轄下 62 處工業區，目前共有 18 處尚未設置污水處理廠，現況均由廠商自行申請許可排放，為積極遏止不肖廠商心存僥倖惡意偷排不符標準之廢污水，造成國土污染，工業區每年實收違規排放之罰鍰約 1~1.5 億元。為國土安全及水體資源有效利用，工業區雖無劃定下水道區域範圍，仍於區內設置自動監測及連線傳輸設備，可有效減少人力及水質污染情事產生。

頭份工業區於 1973 年開發完成，屬早期開發之工業區，工業區開發時未規畫設置污水處理廠，區內廠商生產製造產生之廢污水，利用區內雨水溝直接排放，工業區服務中心平時僅用目視方式巡查雨水道水質，無法利用科學方法檢視即時水質狀況，當水質汙染遭下游民眾陳情事件產生時，無法找出污染源，亦無法陳訴水質狀況。

因此，本研究係於未設置專用污水下水道系統之工業區建構自動監測系統，以強化工業區廢水管制，進而降低廠商排放未經處理之廢水，減少水資源污染風險。

1.2 研究目的

本研究於頭份工業區雨水下水道之廢水匯流位置及排放水量較大之廠商排水放流點，設置 6 處監測系統即時取得放流水質，監測項目包含溫度、pH 及導電度。並將監測影像與水質數據透過有線或無線方式傳輸至工業區服務中心，進行放流水質現況與趨勢之評估，達成環境保護之目標。本研究透過三項研究，討論監測設備管理工業區雨水道效益評估

- <1>以頭份工業區為例，分析監測設備之溫度、pH 及導電度三項水質指標，得出污染頻率及時段。
- <2>建立區內廠商水文資料，利用監測設備水質統計資料及曲線分析污染物來源。
- <3>評估採勞力外包方式取代購置監測設備之效益評估，包括減少人力及成本，作為後續設備管理參考。

1.3 本文組織

依研究重點將本文分成五章，如圖 1-1 所示，研究重點如下，一說明利用自動監測系統傳輸雨水道水質之緣由及目的，二是進行監測設備處理之文獻回顧，三是利用頭份工業區監測設備資料分析區內雨水道其溫度、pH 及導電度各項水質研究，四是針對本研究提出結果與討論，最後五為本研究結論與建議。依此研究重點將本文分成五章說明如下。

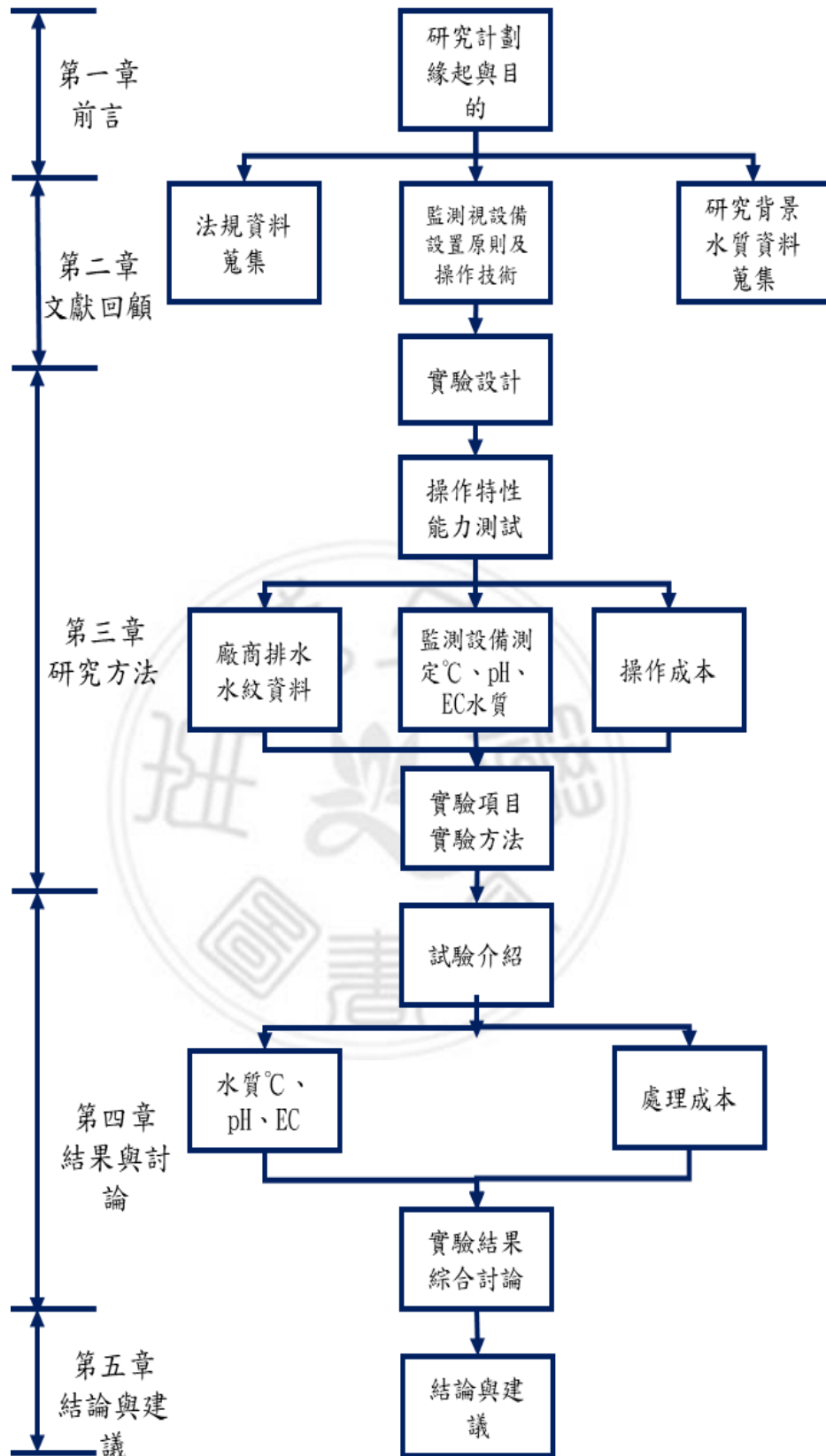


圖 1.1 論文研究之流程規劃圖

第一章為前言，說明研究之背景、動機與目的，並概述論文結構。

第二章說明本研究之相關文獻，內容包括自動監測設備操作及原理和資料蒐集整理，並綜合整理相關法規文獻及目前國家放流水標準相關規定。第三章為研究方法，以頭份工業區為例，利用自動監測設備測定區內廠商所排入之廢污水進行解析，其中包括溫度、pH、導電度項目主要是驗證數值模式是否符合本研究目的及探討。內容包括試驗佈置、步驟與條件，試驗的成果包括廠商水紋資料及監測點位水質數值之比較，了解其水情管理效率。同時雨水道排放水質與國家放流水質規範相比較，便可以了解雨水道水資源再利用之適用性，另探討不同購置方式之經濟效益，包含人力及設備設置成本及操作成本。第四章就分析結果進行討論，做為未來增設操作設施之選擇參考。第五章則為本文之結論與建議，歸納各章之成果，並提出未來可以繼續研究之題材。

第二章 文獻回顧

水質監測被廣泛應用，為解決早期人工定期取樣、巡察的人力耗損，以及了解水質的長期變化，水質自動監測系統既要建立完整的水質歷史資料，且提供方便的查詢介面，同時須取得即時的水質變化，因此自動水質監測整合水質感測器、有線或無線感測網路及電腦設備，建立精密度高的水質監測系統。

2.1 監控與資料收集系統概述

監控與資料收集 (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA) 如圖 2.1 所示。

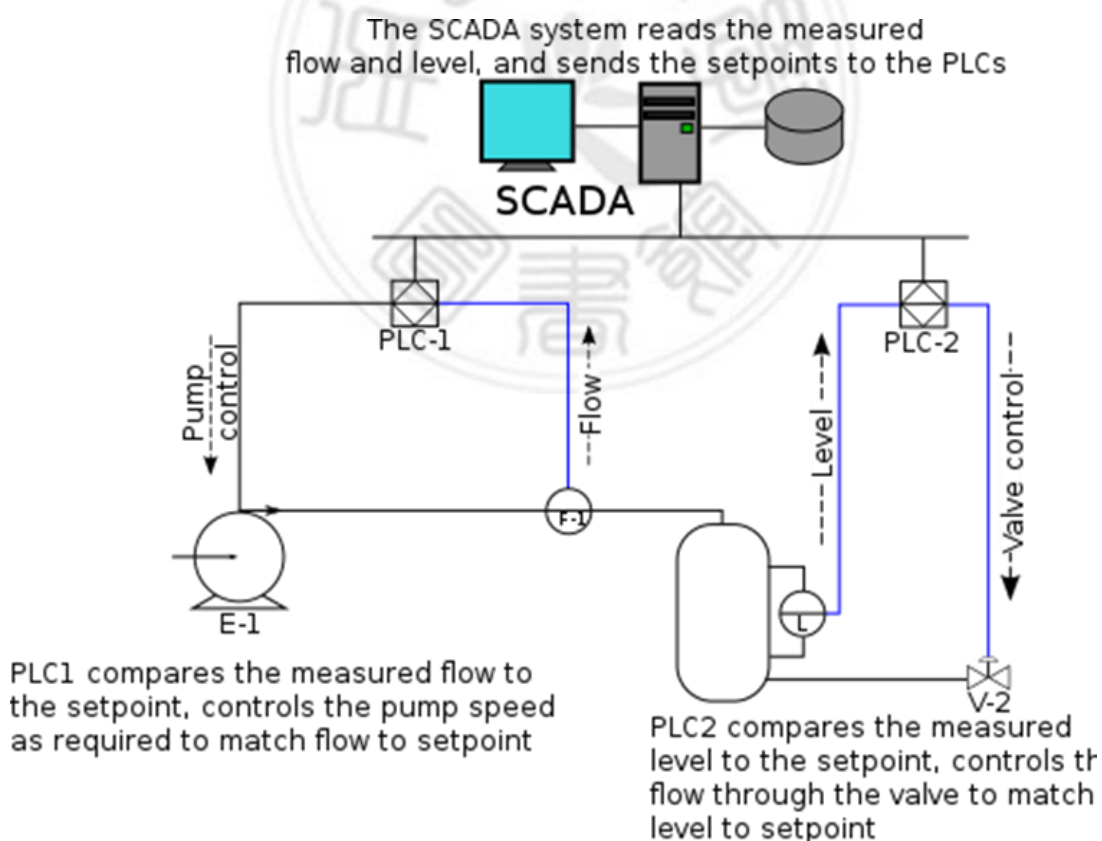


圖 2.1 資料監控與收集系統

圖片來源: <https://zh.wikipedia.org/>

資料監控與收集系統是指一個可以控制及監測所有裝置的系統，也可由許多系統組合而成，大部份由遠端終端單元 (Remote Terminal Unit, RTU) 或可邏輯控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 控制，主系統做屬於高階系統監控層級，整體架構如圖 2.1 所示。

2.1.1 資料監控與收集系統特色

SCADA 主要是由遠端監視與遠距離控制兩大功能所構成，這說明了現場可縮減人員管理，減少人力資源的損耗，並在設備運轉時，由監控站遠距操作。遠端監控站同時可設置自動警報與即時現場資訊所收集資料庫，將資料紀錄轉為圖表作為後續分析處理。

2.1.2 資料監控與收集系統架構

SCADA 架構分為硬體與軟體架構：

<1>硬體架構--可區分為客戶端與伺服器端，其中客戶端是作為監控站人員與現場設備間連結與溝通，而客戶端須具備基本的人機介面與圖控介面軟體，方便人員透過客戶端具體掌握整個系統狀況，同時利用警報、報表等輔助工具在客戶端進行處理。伺服器端為資料伺服器，主要負責客戶端與 RTU 或 PLC 進行連結與溝通，可經由反覆的掃描確認，擷取最新的一筆數據資料，再將取得的資料傳送到資料庫進行分類與儲存。

<2>軟體架構--一般以即時資料庫做為系統資料庫的首選，即時資訊對許多系統都是必要的，具備多處處理能力，且可同時進行多項任務，來滿足即時系統需求，透過資料伺服器將各個控制器中數據及時讀取到資料庫，再由各個功能單元像資料庫取得資料進行

運算處理。

2.2 水質監測

隨著科技的進步，事業產生的廢污水污染程度也日趨嚴重，大自然的淨化早已跟不上污染的擴大，家庭污水、工廠廢水、農畜牧業等廢水，已造成河川水質惡化，進而影響人們飲水品質及身體健康，為喚醒民眾重視國土保育及環境水質。進一步達到保障人民用水安全，水質監測已成趨勢，紀錄水質資料歷史的變化情形，並依據行政院環境保護署國家放流水標準制定水質排放，用以改善水體水質，爰此水質監測已成為水質環境保護重要的任務。

2.2.1 水質標準

行政院環境保護署採「河川污染指數」(River Pollution Index, RPI)為標準，來評估河川之水質狀況，並公告於在全國環境水質監測資訊網。RPI 指數考量四個水質指標，包括溶氧(DO)、懸浮固體(SS)、生化需氧量(BOD₅)與氨氮(NH₃-N)，並以公式計算，計算所得用以判定河川水質之污染程度，其計算及基準值如表 2.1。

表 2.1 河川污染指數

水質/項目	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	嚴重污染
溶氧量 (DO)mg/L	DO \geq 6.5	6.5 > DO \geq 4.6	4.5 \geq DO \geq 2.0	DO < 2.0
生化需氧量 (BOD ₅)mg/L	BOD ₅ \leq 3.0	3.0 < BOD ₅ \leq 4.9	5.0 \leq BOD ₅ \leq 15.0	BOD ₅ > 15.0
懸浮固體(SS) mg/L	SS \leq 20.0	20.0 < SS \leq 49.9	50.0 \leq SS \leq 100	SS > 100

水質/項目	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	嚴重污染
氨氮 (NH ₃ -N)mg/ L	NH ₃ -N≤0.50	0.50 < NH ₃ -N≤0.99	1.00≤NH ₃ -N≤3.00	NH ₃ -N > 3.00
點數	1	3	6	10
污染指數 積分值(S)	S≤2.0	2.0 < S≤3.0	3.1≤S≤6.0	S > 6.0

資料來源：行政院環保署

2.2.2 水質參數說明

參數說明僅針對本研究參數做說明：

<1> 氫離子濃度之酸鹼值指數(pH)

pH 標定液體之氫離子活性程度，pH 小於 7，可視為酸性，pH 大於 7 則為鹼性，pH 等於 7 為中性。大於 14，如氫氧化鈉(10 mol/L) 之 pH=15。

<2> 導電度(electrical conductivity, EC)

EC 為傳輸電流強弱之值。水中導電度多寡，與水之溫度及離子含量有關係，因此可用於測定溶液中溶解之離子的強度，作為估算鹽類濃度的高低，高導電度表示溶液含高鹽分，因此廢水有加入藥劑處理時，導電度相對高，因此導電度越高影響污水處理微生物生長，並抑制水體中植物生長。

<3> 水溫；攝氏為度 C (°C)

水溫符號為°C，攝氏溫度定義為標準一大氣壓，純水的固體轉液體點 0°C，液體轉氣體為 100°C，再劃為 100 等份，每等份 1°C。一般生活污水或事業廢水放流水排放水溫最大限值在於攝氏 35~38°C。

2.3 放流水標準

2.3.1 現行國家放流水標準

政府為全國國民健康，確保潔淨水資源，保護環境生態，並兼顧工業發展，自 1987 年行政院環保署依各適用範圍訂定放流水項目及限值。各事業體、污水下水道及污水處理設備、排放廢水之放流水標準，及項目、極限值規定會依行業別與不同區域訂有一定之標準，目前工業局轄管之工業區有 18 處未設有污水處理廠，區內各事業排水則依行政院環境保護署自 1987 年 5 月 5 日公告國家放流水標準現值，規範工業區各事業排水。頭份工業區早期開發屬石油化學專業區之工業區，區內事業有石油化學業、化工業、橡膠製品製造業等，政府為維護生態環境及水資源逐年修訂放流水水質標準，修正發布項目及極限值如表 2.2 石油化學專業區、化工業之放流水之標準。

表 2.2 石化專業區、化工業之放流水質標準

公告年 放流水水質	極限值	說明
水溫(°C)	38(適用於 5~9 月)	適用放流水排放 至非海洋之地面水體
	35(適用 10 月~翌年 4 月)	
pH	6.0~9.0	
SS(mg/L)	30	
COD(mg/L)	100	
硝酸鹽氮	50	
氨氮	60	105 年 7 月 1 日施行
未列之項目	國家放流水水質標準管制	

資料來源：行政院環保署，本試驗整理

2.3.2 陸域地面水體環境基準

一般未設污水廠的工業區，區內未設置污水管線，區內無法做到雨污水分流排放作業，爰事業所排放的廢水直接排到工業區雨水排水道，再流入河川或區域排水溝，因工業區排水下游排水路，部分可能會再供農田灌溉使用，因此未設置污水廠之工業區排放之水質，須受水污染防治法，放流水水質管制與規範標準，同時須符合台灣省灌溉用水之水質電導度標準管制 750 μ mho/cm 規定，依行政院環境保護署，地面水體之分類及水質標準，其中第 4 條規定，陸域及地面水體分 5 類，如表 2.3 所示，陸域地面水體(河川、湖泊)環境基準值。中港溪水區之水區範圍包括中港溪及其支流，流域面積共 445.85km²，行政區域包括苗栗縣南庄鄉全部、三灣鄉全部、頭份鎮全部及造橋鄉全部，及部分竹南鎮及後龍鎮；新竹縣北埔鄉全部及峨眉鄉全部，部分寶山鄉。

本試驗頭份工業區排放水流入苗栗縣中港溪水區，屬丁類水體，如表 2.4 行政院環境保護署水區、水體分類表。

表 2.3 陸域地面水體水質基準值

分級	基準值						
	pH	DO	COD	SS	大腸桿菌群	氨氮	總磷
甲	6.5-8.5	6.5 以上	1 以下	25 以下	50 以下	0.1 以下	0.02 以下
乙	6.0-9.0	5.5 以上	2 以下	25 以下	5,000 以下	0.3 以下	0.05 以下
丙	6.0-9.0	4.5 以上	4 以下	40 以下	10,000 以下	0.3 以下	—

分級	基準值						
	pH	DO	COD	SS	大腸桿菌群	氨氮	總磷
丁	6.0-9.0	3 以上	—	100 以下	範例	—	—
戊	6.0-9.0	2 以上	—	無漂浮物 及油污	—	—	—

資料來源：行政院環保署

表 2.4 行政院環境保護署「水區、水體」分類表

河段	河段起點	河段終點	水體分類	備註
中港溪	發源地至	田美攔河堰	甲類	臺灣省政府環境保護處 1993 年 8 月 9 日八二環三字第三六九四三號公告。
	田美攔河堰至	平安大橋	乙類	
	平安大橋至	東興大橋	丙類	
	東興大橋至	出海口	丁類	
峨眉溪	發源地	主流匯流點	乙類	
南港溪	發源地	劍潭水庫	丙類	
	劍潭水庫	主流匯流點	丁類	

資料來源：行政院環保署，本試驗整理

第三章 研究方法

首先收集現場即時影像與水質，透過有線或無線方式傳輸至服務中心，進行放流水質現況與趨勢之評估，如圖 3.1 所示，並以頭份工業區為例，並藉由統計分析追蹤污染源以保護水資源，並做操作經濟成本效益評估，作為未來水質監測設置之參考。

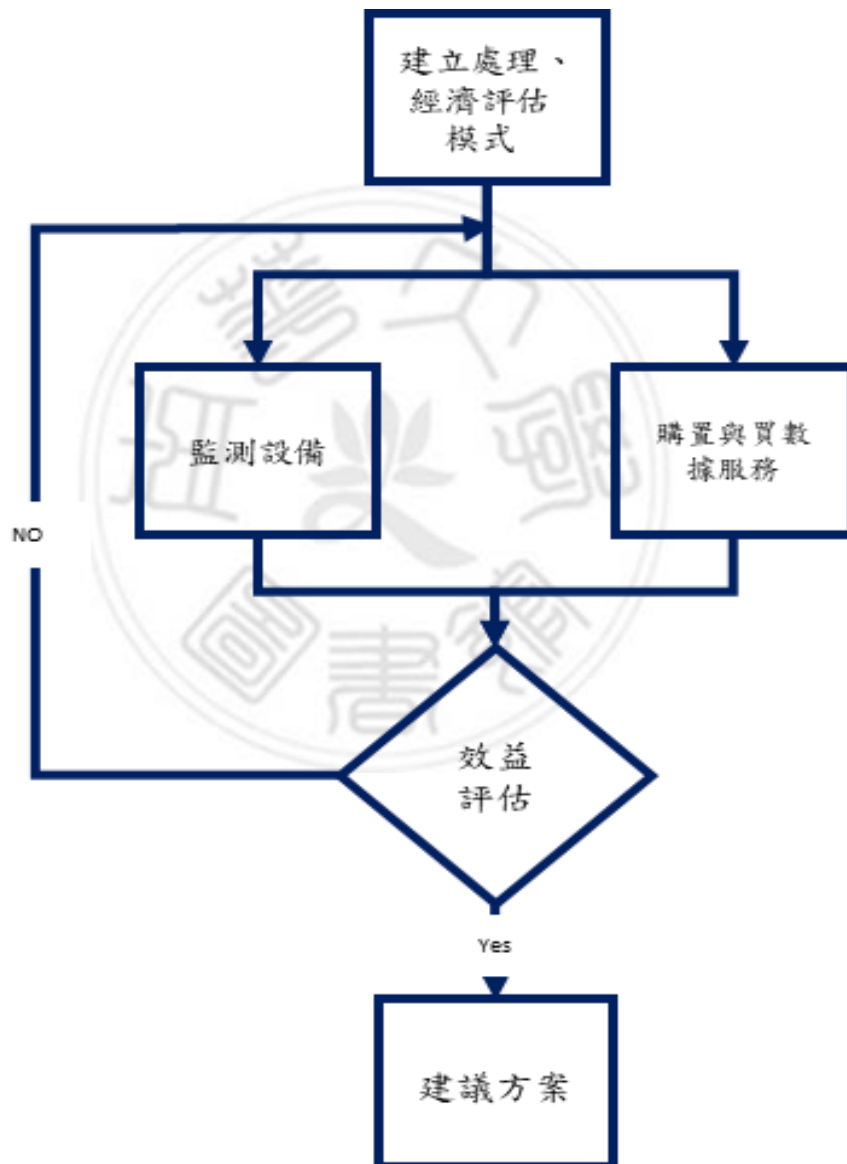


圖 3.1 水質自動監測設備效益評估研究流程圖

3.1 研究背景

頭份工業區為綜合性工業區，位於位於苗栗縣，頭份鎮之西南方，東南為中山高速公路，北為民族路接至竹南，西為永貞路，屬於省道，自強路、中華路將工業區分割為三部分。工業區由臺灣省政府時期，由建設廳策劃，臺灣土地開發公司完成規劃設計，最早為石化專業工業區，於 1970 年 11 月由中國石油公司施工，於 1973 年 11 月完工，總面積為 94.5724 公頃，1986 年底改為綜合性工業區。

本研究個案係頭份工業區開發時未設置污水處理廠處理區內事業所排放之廢污水，爰此，事業處理後廢污水直接排至區內雨水道，再排入中港溪流域。目前區內共進駐 18 家廠商，廠商座落位置如圖 3.2 頭份工業區廠商平面圖所示，區內廠商生產產品及原物料詳附錄一頭份工業區廠商基本資料。



圖 3.2 頭份工業區廠商平面圖

資料來源：經濟部工業局，頭份工業區網站

頭份工業區之污水特性，依行業類別可分為化學材料製造業(如中石化、華夏、恆誼、宏衡、恆煦、有化)水量約 5,500CMD、電子零組件製造業(上銀、台聚) 水量約 177CMD、基本金屬製造業(聯發銅) 14CMD、紡織業(紡安)水量約 796CMD 及印刷(台達) 水量約 82CMD，實際產生之廢水量平均日排放量約 6,600CMD，如圖 3.3 頭份工業區行業類別廢水量統計圖，因無聯合污水處理廠之設置，目前領有水措之廠商均受環保法規自排標準之嚴格管制，廢水需符合法規標準後排放至工業區雨水大排，再流入中港溪流域。

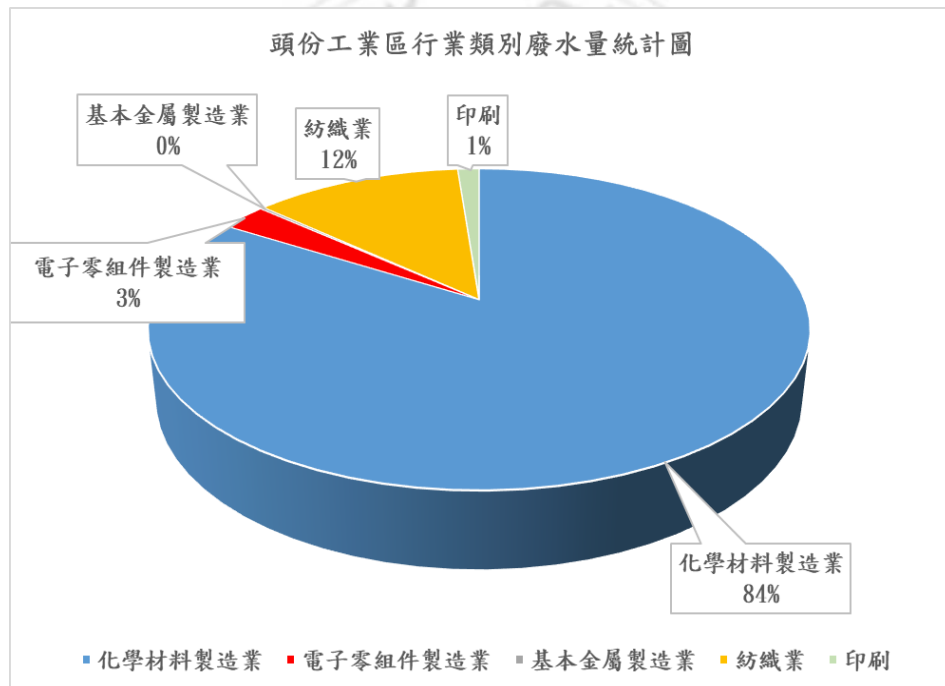


圖 3.3 頭份工業區行業類別廢水量統計圖

資料來源：本試驗整理

3.2 水質資料

本試驗工業區共進駐廠商計有 18 家，依區內雨水道及廠商排放水質設置監測點位，如表 3.1 頭份工業區水質自動監測設施各點位水

源所示。為勾稽及追蹤水質來源，爰建立區內廠商廢污水水紋資料，如表 3.2 頭份工業區區內廠商排放水水紋資料所示，配合自動監測水質及廠商水紋資料，作為排水水質判斷，以保護承受水體水質符合流域標準。

表 3.1 頭份工業區水質自動監測設施各點位水源

來源/編號	公司名稱	行業別	產品	備註 (主要來源)	
上游灌溉	RD01	聯發銅業股份有限公司 義新廠	24 基本金屬製造業	裸銅線	逕流廢水
		自強加油站(中油)	35 氣體燃料供應業	銷售汽柴油 及潤滑油脂	逕流廢水
		中國石油化學工業開發 股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	己內醯胺、硫酸銨	逕流廢水
		台灣氯乙烯工業 股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	氯乙烯單體、鹽酸	逕流廢水
		華夏海灣塑膠 股份有限公司 頭份廠	22 塑膠製品製造業	塑膠管、塑膠布、 塑膠皮	逕流廢水
		塑豐實業股份有限公司	25 金屬製品製造業	鋁門窗	逕流廢水
		台達化學工業 股份有限公司 頭份廠	16 印刷及資料儲存媒 體複製業	曲面印刷加工、 玻璃棉	逕流廢水
用水	RD02	中國石油化學工業開發 股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	己內醯胺、硫酸銨	為 RD03 點 位分流
		台聚光電股份有限公司 頭份廠	26 電子零組件製造業	電子零組件	放流水
		台聚光電股份有限公司 頭份二廠	26 電子零組件製造業	電子零組件	放流水
		台聚光電股份有限公司 頭份三廠	26 電子零組件製造業	電子零組件	放流水

來源/編號	公司名稱	行業別	產品	備註 (主要來源)	
上游灌溉用水	RD02	華夏海灣塑膠股份有限公司 頭份廠	22 塑膠製品製造業	塑膠管、塑膠布、塑膠皮	放流水
		加和包裝工業股份有限公司	15 紙漿、紙及紙製品製造業	廢紙打包	逕流廢水
		中普氣體材料股份有限公司 頭份二廠	18 化學材料製造業	各種高壓氣體	逕流廢水
		台灣氯乙烯工業股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	氯乙烯單體、鹽酸	逕流廢水
	RD03	中國石油化學工業開發股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	己內醯胺、硫酸銨	放流水
		紡安股份有限公司 頭份工廠	11 紡織業	混紡紗、棉紗、多元酯粒	逕流廢水
	RD04	中國石油化學工業開發股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	己內醯胺、硫酸銨	為 RD03 點位分流放流水
		聯發銅業股份有限公司 義新廠	24 基本金屬製造業	裸銅線	放流水
		紡安股份有限公司 頭份工廠	11 紡織業	混紡紗、棉紗、多元酯粒	放流水
		恆誼化工股份有限公司	18 化學材料製造業	硫酸、硫酸銨、複合肥料	放流水
		宏衡實業股份有限公司	18 化學材料製造業	過磷酸鈣、複合肥料	放流水
		上銀光電股份有限公司 頭份廠	26 電子零組件製造業	銅銦鎵硒(CIGS)薄膜太陽能電池	放流水
中華路區外水源	RD04	嘉里大榮物流股份有限公司 竹南所	53 倉儲業	汽車貨物運輸	逕流廢水
		有化科技股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	化學染料	逕流廢水
		康普材料科技股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	硫酸鎳結晶	逕流廢水
		恆煦電子材料股份有限公司	18 化學材料製造業	電子化學產品	逕流廢水

來源/編號		公司名稱	行業別	產品	備註 (主要來源)
上游 區外 水源	RD05	紡安股份有限公司 頭份工廠	11 紡織業	混紡紗、棉紗、 多元酯粒	放流水
		聯發銅業股份有限公司 義新廠	24 基本金屬製造業	裸銅線	放流水
		中國石油化學工業開發 股份有限公司 頭份廠	18 化學材料製造業	己內醯胺、硫酸銨	逕流廢水
		嘉里大榮物流 股份有限公司 竹南所	53 倉儲業	汽車貨物運輸	逕流廢水
		紡安股份有限公司 頭份工廠	11 紡織業	混紡紗、棉紗、 多元酯粒	逕流廢水

表 3.2 頭份工業區區內廠商排放水水文資料

編號	事業名稱	原廢水			排放水			點位
		溫度	pH	導電度	溫度	PH	導電度	
1	中國石油化學工業開發 股份有限公司 頭份廠	31.3	8.3	4550	32.9	8.18	2105.8	12345
2	恆誼化工股份有限公司	28.7	7.8	X	26.5	7.5	X	4
3	宏衡實業股份有限公司	25	7.5	832	25	7.6	887	4
4	華夏海灣塑膠 股份有限公司 頭份廠	28.1	7.7	X	27.7	7.9	X	12
5	聯發銅業股份有限公司 義新廠	22.6	9.1	X	21.6	8.2	X	145
6	台達化學工業 股份有限公司 頭份廠	24.5	7.1	X	27.7	7.9	X	1
7	上銀光電 股份有限公司 頭份廠	20.3	10.2	X	35	7.6	X	4
8	紡安股份有限公司 頭份工廠	21.3	3.4	X	26	8.2	X	345

3.3 成本評估

3.3.1 成本因子

頭份工業區因未設置污水廠處理區內廠商排放之廢污水，為保護國土保育及承受水體水質，於工業區內設置 6 處水質自動監測系統，本試驗設置監測設備操作成本因子如下：

- <1>本試驗設備採自行購置設備方式評估時，後續操作維護保養及校正等作業，均由服務中心辦理時，收集統計操作成本因子，包括設備購置費用；每月維護、保養、校正費用，及檢知器功能削減時需每年需汰換之費用，人事費；財產折舊費等項目，再計算本試驗區每年操作成本費用。
- <2>另計算本試驗採買數據方式評估時，所有設備安裝；維護保養、校正及設備耗材汰換及人事費等均含在契約價金內，再計算本試驗區每年操作成本費用。
- <3>統計比較不同的操作成本方式，管理本試驗區內水質監測，以購置方式與買 4 年數據服務方式，兩者之優劣缺失；購置金額，作為初期設置方式的考量。

3.3.2 設備操作效益因子

本試驗為設置自動水質監測設備監測工業區雨水道水質之操作效益與未設置前以人員目視判斷水質情形作效益說明，藉由檢測數值分析區內廠商排水水質，可快速判斷並追蹤污染源，可作為水體流域水質污染程度參考。

第四章 結果與討論

採樣檢測期間以 2019 年 1 月至 2019 年 3 月雨水道監測水質結果及統計，求得評估效益。

4.1 自動水質監測設備設置規畫

針對頭份工業區雨水下水道匯流點及污水量較大之廠商排水放流點等作為設置規劃考量，有關本計畫之監測及監視系統設置如圖 4.1 未設污水處理廠工業區監測及監視系統設置示意圖所示，本計畫規劃於工業區內設置 6 處監測系統設備，其中 1 處設置方式採移動式設置，方便調整監測可疑之水源，本計畫依前訴規劃點位置如圖 4.3 頭份工業區監測點位規劃平面圖。監測項目包含溫度、pH 及導電度，即時取得有效放流水質資料，將數據透過有線或無線方式傳輸至服務中心，詳附錄二自動監測系統相關規定，如圖 4.2 自動監視系統架構圖所示，將收集的資訊等資料，進行評估及緊急通報作業，達成工業區雨水道水質保護。詳附錄三自動監測設施測量及處理紀錄規範及附錄五自動監測（視）及連線傳輸數據類別及格式。

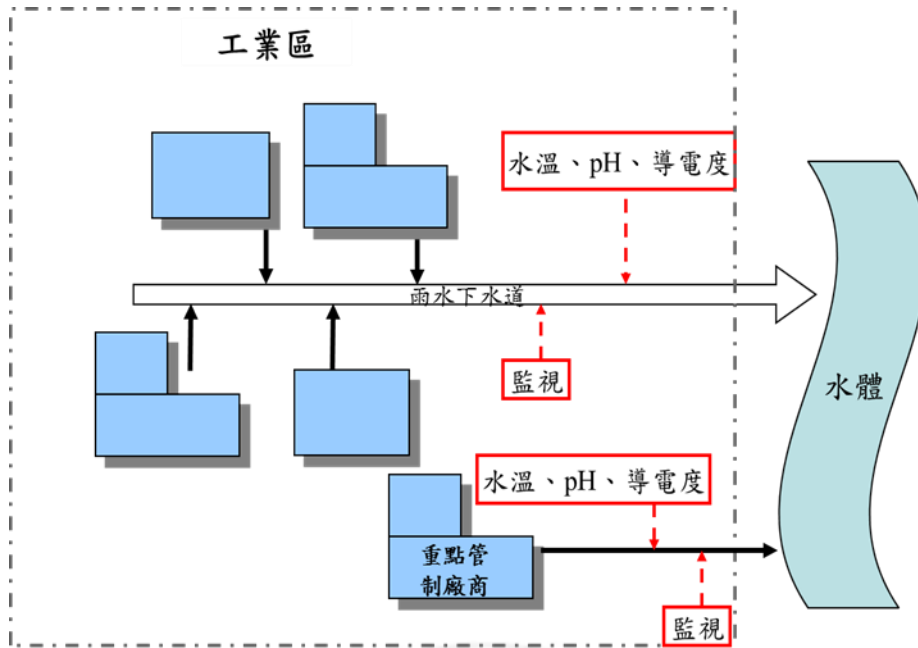


圖 4.1 未設污水處理廠工業區監測及監視系統設置示意圖

資料來源：經濟部工業局頭份工業區服務中心



圖 4.2 自動監測系統架構圖

資料來源：瑞昶科技股份有限公司

4.2 試驗方法

4.2.1 水質監測設備點位

本試驗針對頭份工業區內廠商環保局列管事業及水量情形，選擇設置水質監測設備點位，經評估後於區內共設置 5 處監測點及 1 處移動式監測點，如圖 4.3 頭份工業區監測點位規劃平面圖所示。檢測項目有水溫、pH、導電度，並配置即時影像設備，如圖 4.4 水質自動監測視設備水質檢知器所示，由本套設施建置可得放流水之水質現況，有助於即時分析現況與放流水質變化趨勢評估，如圖 4.5 水質自動監測視設備所示，另外提供水質異常預警功效，更可掌握本工業區雨水道排放至承接水體水質現況，以保護環境。詳附錄四自動監測系統設置需求、允收標準比對測試規定。本試驗監測期間為 2019 年 1 月至 2019 年 3 月止。其採樣檢測方式則設置之檢知器呈現讀值，作為試驗評估依據。



圖 4.3 頭份工業區監測點位規劃平面

資料來源：經濟部工業局

4.2.2 水質監測方法項目

本工業區內未設置污水處理廠處理區內視業排放之廢污水，然本實驗水質監測設置項目動機仍套用環境保護署水污染防治措施及檢測申報管理辦法，第 106 條、第 107 條、第 108 條第十三章自動監測及連線傳輸之規定傳輸相關數據。主要分析項目：水溫、PH、導電度等，作為效能評估依據，自動水質監測設施顯示器，如圖 4.6 水質自動監測視設備顯示器所示，檢測方法為：

<1>水溫檢測方法

將水樣放入水溫自動監測設施，或將溫度感測器置於水樣以測量現場水溫，其測量值自動記錄於監測設施。自動監測設施與服務中心連線，每五分鐘傳輸一次；前述傳輸之監測紀錄值。

<2>氫離子濃度指數檢測方法

將水樣放入氫離子濃度監測設施，或將電極插入水樣進行量測，量測值自動記錄於監測設備。量測範圍：0~14pH；解析度： $\pm 0.05\text{pH}$ ；可承受5Bar最大壓力，溫度補償。

<3>導電度檢測方法

自動導電度設備包括導電電極，為白金電極，或由其他金屬製造，電極具備保護裝置，不致因腐蝕、撞擊導致受損，並具備溫度測定及補償設備。將水樣插入自動導電度監測設備，或將設備或置於水體中以進行量測，其量測值將記錄於設備。量測範圍：0~2000(依實測) $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；精確度： $\pm 0.5\%$ of F.S。



圖 4.4 水質自動監測視設備水質檢知器

資料來源：瑞昶科技股份有限公司



圖 4.5 水質自動監測視設備

資料來源：瑞昶科技股份有限公司



圖 4.6 水質自動監測視設備顯示器

資料來源：頭份工業區服務中心

4.3 自動水質監測設備操作購置成本

頭份工業區於工業區內設置 6 處水質自動監測系統，本試驗利用以購置設置監測設備操作成本與買數據服務方式操作成本，比較兩者之成本差異及設置方式優劣。

4.3.1 設備購置成本

本試驗設置監測設備購置操作成本，包括自動監測系統設備費用、監測點位安裝施工費用等，如表 4.1 水質監測系統設備購置費用所示，得知設備購置費用為 64 萬 6 仟元。



表 4.1 水質自動監測系統購置費用

項目	工作項目	說明	單位	數量	單價	總價	備註
1	網路攝錄影機 監錄設備	解析度應大於 15 個 /sec 640×480 個影格 (Frame) 以上	支	5	10,000	50,000	
2	氫離子濃度指 數(pH)測定設 備	量測範圍：0~14pH	支	5	20,000	100,000	
3	導電度計(EC) 監測設備	量測範圍：0~2000(依 實測) μ S/cm	支	5	20,000	100,000	
4	水溫(TEMP) 監測設備	量測範圍 0~100 °C	支	5	0	0	pH 測定器 有溫度補償
5	移動式監測站 (pH、EC、TEMP 設備)	1 測位/季	台	1	30,000	30,000	
6	中控設備圖控 傳輸系統	電腦及相關系統軟體	台	1	300,000	300,000	軟體需有 合法授權 證明
7	顯示器	42" 彩色液晶顯示幕， 使用電源：AC110V 60HZ 或 DC24V	台	1	6,000	6,000	
8	監測點位 安裝施工費		點位	6	10,000	60,000	
總 計						646,000	

資料來源：本試驗整理

4.3.2 設備購置及操作總成本

設備以自行購置，後續設備維護保養校正及檢知器故障汰換，設備折舊等均納入操作成本考量，則每年總設備操作成本，如表 4.2 水

質監測系統設備購置操作總成本所示。設備財產折舊費用，依行政院主計總處財務標準分類計算，人事費用因非屬專職業務，該項業務屬服務中心人員工作職掌一部分，故不列入人事成本內，另外每一季各水質檢測項目委託第三方合格認證機構檢測費用依市場行情均價計入，得知設備購置及操作成本為 957,900 元，如表 4.2 水質自動監測系統購置操作總費用所示。

表 4.2 水質自動監測系統購置及操作總費用

項次	工作項目	說明	單位	數量	單價	總價	備註
1	自動監測系統購置費用		式	1	646,000	646,000	
2	自動監測系統維護保養、校正費用	1 點位/月做檢知器(pH、電導度)*12 月	年	6	10,800	129,600	
3	自動監測系統折舊費用	設備年限為 3 年	式	1	161,500	161,500	設備費用/(年限+1)
4	自動監測系統檢知器汰換費用	每項檢知器因使用時間影響衰竭，每 2 年應汰換一次	次	0.5	20,000	10,000	
5	檢測費用	每半年委託第三方合格認證機構檢測比對	次	2	5,400	10,800	
總計						957,900	

以設備使用年限及買數據服務為考量，計算操作 4 年所需費用，得知設備購置及操作成本為 957,900 元，如表 4.3 水質自動監測系統購置操作總費用所示。

表 4.3 水質自動監測系統 4 年操作總費用

項次	工作項目	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	備註
壹	1 自動監測系統購置費用	646,000				
小計		646,000				
貳	1 自動監測系統折舊費用	161,500	161,500	161,500		設備使用年限 3 年
	2 自動監測系統維護保養、校正費用	129,600	129,600	129,600	129,600	
	3 自動監測系統檢知器汰換費用	10,000	10,000	10,000	10,000	
	4 檢測費用	10,800	10,800	10,800	10,800	
小計		311,900	311,900	311,900	150,400	
總操作處理成本合計 (第 2~4 年扣除購置成本)		957,900	623,800	935,700	1,086,100	

4.3.3 設備操作提供數據服務成本

頭份工業區雨水道水質監測視設備操作改採用買數據服務方式辦理時，所含操作成本包括：自動監測視系統服務費用、管理費、營業稅、綜合保險費等，每年服務費用成本，如表 4.4 水質自動監測系統設置價金服務費所示。

表 4.4 水質自動監測系統設置契約價金服務費用

項次	工作項目	說明	單位	數量	單價	總價(元)	備註
1	網路攝錄影機監錄 服務與維護保養	1 點位/月	式	5	10,192	50,960	
2	氫離子濃度指數(pH) 測定監測服務 與維護保養	1 點位/月	式	5	10,192	50,960	
3	導電度計(EC)監測 服務與維護保養	1 點位/月	式	5	10,192	50,960	
4	水溫(TEMP)監測 服務與維護保養	1 點位/月	式	5	10,192	50,960	
5	移動式監測站 (pH、EC、TEMP 數據服務與維護保養	1 點位/月	式	1	30,870	30,870	
6	中控設備圖控傳輸 系統服務與維護保養	服務中心/月	式	1	35,280	35280	
壹	小 計 壹(1~6)				106,918	269,990	
貳	管 理 費		式	1		810	(壹)*3%
參	營 業 稅		式	1		1,354	(壹+貳)*5%
肆	綜 合 保 險 費		式	1		1,349	(壹)*0.5%
總 計 (壹+貳+參+肆)						273,503	

資料來源：本試驗整理

水質監測視設備操作改採用買數據服務方式辦理時，同時以買設備自行操作條件為考量，4年費用如表 4.5 水質自動監測系統操作服務費所示。

表 4.5 水質自動監測系統設置契約價金服務費用

項次	工作項目	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	備註
1	自動監測系統服務費用	273,503	273,503	273,503	273,503	
2	總服務成本	273,503	547,006	820,509	1,094,012	

本試驗以設備自行購置操作與提供數據方式辦理時，兩者間 4 年費用差異比值，如表 4.6 水質自動監測系統購置操作與數據服務費差異所示。

表 4.6 水質自動監測系統購置操作與數據服務費差異

項次	工作項目	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	備註
1	自動監測系統購置操作總成本	311,900	623,800	935,700	1,086,100	
2	自動監測系統總數據服務成本	273,503	547,006	820,509	1,094,012	
	比值% (設備購置操作成本-數據服務成本)/設備購置操作成本	71.4%	12.3%	12.3%	-0.7%	

4.4 綜合討論

依前述討論，在不考慮工業區服務中心之人力成本下，如圖 4.7 設備購置操作成本與提供數據服務成本比較圖所示，設備購置操作成本因包括初期設備設置成本(固定成本)及操作處理成本(變動成本)，與提供數據服務成本差異為少固定成本，爰此得以下公式：

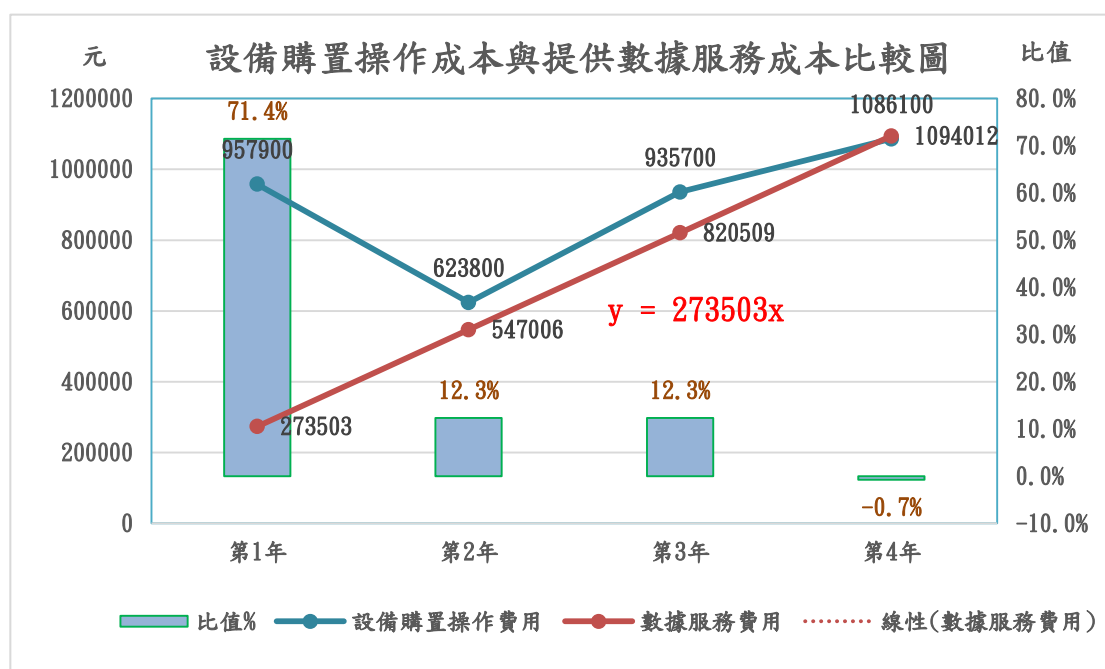


圖 4.7 設備購置操作成本與提供數據服務成本比較圖

$$\text{設備購置操作成本 (Y)} = 9,6567X + 646,000 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{設備初設成本(固定成本)} = 646,000$$

$$\text{設備操作成本(變動成本)} = 96,567$$

X：表示操作年數

設備操作服務成本

$$(Y) = 273,503X \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{數據提供成本} = 273,503$$

X：表示操作年數

倘服務中心欲評估設置方式之選定及操作成本估算，可利用上述計算式求得，另因市場同業競爭下，包含設備購置或採以買數據服務方式設置時，其初設成本及變動成本將同時會變動，但考量因子是不變的。經以上計算推估 4 年結果，當第 4 年時購置設備與買數據服務方式之差異比值已達-0.7%，表示當第 4 年時以買服務方式或以購置設備操作方式執行水質監測均已達平衡，第五年之後，則買服務方式持續支出，但自行操作則於第五年後，成本會較買服務為低。但就機關而言人員工作量減少；設備維護費、法規符合度等問題仍已買數據服務方式較占優勢，如表 4.7 提供水質數據服務優缺點所示。

表 4.7 提供水質數據服務優缺點

優 點	缺 點
1.免增補人力(降低人事費用)	1.有設備故障叫修問題
2.減少設備購置及折舊費用	2.有市場壟斷提高成本問題
3.減少設備維修費用	(工會協商，提高市場行情)
4.提升數據有效性及準確度	3.軟體無法共用問題(智慧財產)
5.提高法規符合度	

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究透過成本推估與比較，並經由設備規劃、監測項目確定、設備購置成本、操作成本及委外服務成本分析，進行成本比較，得出以下結論：

- <1>不考慮服務中心人力成本及設備故障折舊下，結果顯示自行購置設備安裝及監測，於前四年自行設置成本較委外服務高，第五年後則為委外服務高。
- <2>本研究尚未考慮人力成本、設備折舊等問題，在就機關人員不足、工作量增加、設備維護費、法規符合度等問題存在，仍以買數據服務方式較占優勢。

5.2 建議

本研究以買數據服務方式辦理，監測項目種類有水溫、氫離子濃度指數及導電度等三項，並未包含所有河川水質指標，倘水體遭受污染，因受限檢測項目無法立即辨識污染源，建議需增設 SS(mg/L)、COD(mg/L)、硝酸鹽氮及氨氮檢測項目。

參考文獻

1. Stephenson, T., Brindle, K., Judd, S., & Jefferson, B. (2000). Membrane bioreactors for wastewater treatment. IWA publishing.
2. Martín-Pascual, J., Reboleiro-Rivas, P., López-López, C., González-López, J., Hontoria, E., & Poyatos, J. M. (2014). Influence of hydraulic retention time on heterotrophic biomass in a wastewater moving bed membrane bioreactor treatment plant. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(5), 1449-1458.
3. Stephenson, T., Judd, S., and tephenson, T., Judd, S., and Brindle, K., (2000) “Membrane bioreactors for Wastewater Treatment”, IWA Publishing
4. Pierre Cote Herve Buisson, Charles Pound Immersed membrane activated sludge for the reuse of municipal wastewater. *Desalination*, 113, 189-196(1997)
5. 江俊瑩。「自動水質監測系統之研究」。碩士論文，龍華科技大學電機工程系碩士班，2014。
6. 張謙信，花蓮地區監測系統模擬之研究，碩士論文，國立東華大學電機工程學系研究所，2007。

7. 官耀東。「冷泉使用過程溫度調控與水質變化之研究」。碩士論文，
嘉南藥理大學觀光事業管理系，2015。
8. 經濟部工業局頭份兼竹南及銅鑼工業區網頁
<https://www.moeaidb.gov.tw/iphw/toufen/>
9. 行政院環境保護署環境檢驗所
<https://www.epa.gov.tw/niea/32A85B63C9EC18C0>

