



111 年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

# 有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性炭吸附及再生自動化設備開發 及模場應用

期末報告(定稿)

主辦單位： 行政院環境保護署  
專案執行單位：國立中興大學／環境工程學系  
專案主持人：梁振儒 教授  
專案執行期間：111 年 09 月 01 日起至  
112 年 08 月 31 日止

中華民國 112 年 8 月 印製





行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會  
土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

## 111 年度專案成果績效自評表

### 1. 專案基本資料

填表日期：112 年 07 月 03 日

專案性質	<input checked="" type="checkbox"/> 實驗性質 <input type="checkbox"/> 非實驗性質	專案類別	<input type="checkbox"/> 研究型 <input checked="" type="checkbox"/> 模場型
研究主題	<input type="checkbox"/> 整治 <input checked="" type="checkbox"/> 調查 <input type="checkbox"/> 其他		
申請機構系所	國立中興大學 環境工程學系	專案主持人	梁振儒
專案名稱	有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備開發及模場應用		
專案執行期程	<input type="checkbox"/> 申請階段 <input type="checkbox"/> 期中 <input checked="" type="checkbox"/> 期末		

### 2. 成果績效自評

「計畫總預估數」應與計畫審查核定值相符，請執行單位依實際達成之量化成果填寫於欄位中。

#### (一) 學術面

項目		目標達成程度	申請 預估數	期中 達成數	期末 達成數	結案後半 年達成率	備註 (說明未達成原因或學術 產出發表名稱)
A 學術 產出 及 活動	1.國內投稿 (篇數)	(1)論文					
		(2)研討會論文	1	0	1	100%	已投稿 2023 環工年會研討會，預計 11 月發表
	2.國外投稿 (篇數)	(1)期刊論文					
		(2)研討會論文	1	0	1	100%	已投稿於 EQC <sup>3</sup> 國際研討會
	3.報告 (篇數)	(1)技術報告					
		(2)研究報告					
	4.專著 (本數)						
	5.辦理學術 會議(場數)	(1)研討/說明會					
		(2)成果發表會					
		(3)論壇					
6.研發改良 技術(項數)	(1)已開發技術	1	1	1	100%	開發全自動活性碳吸附及再生裝置	
	(2)技術平台						
B 人才 培育	7.研發人員 (人數)	(1)碩士	2	2	2	100%	
		(2)博士	1	1	1	100%	
	8.研究團隊 (個數)	(1)跨領域團隊					
		(2)跨機構團隊					
		(3)形成研究中心					
		(4)形成實驗室					



(二) 產業面

項目		目標達成程度		申請 預估數	期中 達成數	期末 達成數	結案後半年 達成率	備註 (說明未達成原因 或專利、技術轉移 相關詳細資料)
		已核准	申請中					
A 智慧 財產 權	1.專利 (件數)	已核准	發明					
			新型/設計					
			合計					
		申請中	發明					
			新型/設計					
			合計					
B 研發 技術 轉移	2.先期技術 成果移轉	件數						
		授權金(仟元)						
		衍生利益金(仟元)						
	3.技術移轉 (專利)	件數						
		授權金(仟元)						
		衍生利益金(仟元)						
	4.技術移轉 (應用技術)	件數						
		授權金(仟元)						
		衍生利益金(仟元)						
	5.可移轉 產業技術	(1)技術(件數)						
		(2)品種/系(件數)						
	C 產學 研 合 作	6.促成合作 研究	件數					
金額(仟元)								
7.促成投資		件數						
		投資金額(仟元)						
8.促成取得 業界科專		件數						
		業界投資金額(仟元)						
9.其他指標 (請自行命名)		(請自填)						



## (三) 政策面

項目		目標達成程度		申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註 (說明未達成原因 或 其他詳細資料)
A 服務 便民	1.技術服務	次數						
		收入(仟元)						
	2.諮詢服務	次數						
		收入(仟元)						
B 支 援 合 作	3.協助政府制定 (件數)	(1)政策						
		(2)法規						
		(3)規範						
		(4)標準						
D 社 會 效 益	4.獲得認證(件數)							
	5.獲得獎項(件數)							
	6.提升能源效率(%)							
	7.節能減碳效率(%)							
8.其他指標 (請自行命名)		(請自填)						



3. 請依學術成就、技術創新、經濟效益、社會影響等方面，評估研究成果對現況或本署之學術或應用價值。（簡述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，500字為限）

**學術面(如國內外研討會、期刊投稿件數、或人才培育碩博士生說明)**

開發有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備於實際污染場址之應用，可有效訓練參與研究之同學其工程設計與污染整治之實務能力，培育土水污染整治之人才，且亦可將成果融入大學及研究所教學，以擴大研究效益。此外，該裝置先前實驗室規模之研究成果，已發表至國際期刊 Chemical Engineering Journal，進一步透過實場規模場址測試過程，其研究成果預期可再針對國內外研討會與國際期刊分別進行發表，以提供該設備開發及應用測試成果之相關學術資訊，作為產業推廣及教育用。

**產業面(如合作研發產業、申請專利、洽談技術移轉廠商件數說明)**

有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備已於實驗室規模測試獲得具體成果，因此本研究團隊擬進一步開發實場污染場址規模之設備。藉由實場規模設備建構及模場施作驗證，提升此技術之成熟度，並進一步將活性碳吸附及再生自動化設備進行調整與優化改良。經過實地污染場址活性碳吸附及再生自動化設備測試及申請新型專利，預期可與產業內相關廠商進行合作，並洽談技術移轉以提升國內整治工程技術。

**政策面(如整治費用降低、特定污染物整治效益提升、或提供政府作為監測/管制標準、污染場址管理等政策及法規研訂之參考)**

本研究團隊所開發之活性碳吸附及再生自動化設備可直接搭配有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣處理設備，當此技術成功應用於實地污染場址，獲得較佳之操作技術及流程，將可使此技術移轉至環境工程顧問公司，並搭配整合至既有 SVE 或 P&T 機組上，大幅降低整治費用，使之操作上更能有效的處理尾氣或廢液，避免可能之二次污染發生，以達國內環保政策之淨零排放目的。



#### 4. 主要研究人力

請依照「專案主持人」、「協同主持人」、「專任人員」、「兼任人員」及「臨時工」等類別之順序分別填寫

姓名	服務機構/系所	職稱	在本研究專案內擔任之具體工作性質、項目及範圍	執行期間
梁振儒	國立中興大學 /環境教育暨永續科技研發中心/環境工程學系	專案主持人	實驗設計規劃、參與及指導實驗進行、掌握進度、報告撰寫	111年9月~ 112年8月
王麒維	大葉大學 /環境工程學系	協同主持人	現場實驗規劃與執行、協助掌握實驗進度、協助報告撰寫	111年9月~ 112年8月
林芳君	國立中興大學 /環境教育暨永續科技研發中心/環境工程學系	碩士級專任人員	執行實驗、數據整理、報告撰寫、現場採樣等	111年9月~ 112年7月

#### 5. 產業界資源投入表

專案執行若有與產業界合作，請執行單位依實際量化成果填寫於欄位中。

投入資源類別	數量	說明
1.自籌款	0 元	
2.人力	0 人月	
3.設備	無	
4.其他資源 (請自行增列)	無	



行政院環境保護署「土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案」

申請計畫書    期中報告  
修正計畫書    期末報告    **審查意見回覆對照表**

計畫年度	111 年度	計畫類型	<input type="checkbox"/> 先導型 <input type="checkbox"/> 研究型 <input checked="" type="checkbox"/> 模場型
計畫類別	<input type="checkbox"/> 調查 <input checked="" type="checkbox"/> 整治 <input type="checkbox"/> 其他		主持人：梁振儒    NO：SA2
計畫名稱	有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備開發及模場應用		
審查意見		執行單位回覆	
<p>委員一</p> <p>1. 計畫主持人研究能力佳，具執行本計畫能力。</p> <p>2. 本計畫開發技術可提供廠商運用，提昇產業整治技術。</p>		<p>委員一</p> <p>感謝委員的肯定。</p>	
<p>委員二</p> <p>1. 主持人研究表現優秀，研究成果論文發表及技術轉移成果佳。</p> <p>2. 本計畫與實場應用契合度強，具實務應用性。</p> <p>3. 已適當回覆本人所以構想書所提意見。</p>		<p>委員二</p> <p>感謝委員的建議及肯定。</p>	
<p>委員三</p> <p>1. 經地下水污染整治基金管理會統計，我國受碳氫化合物污染之場址數約 70%，本計畫延續先前之相關模場研究，持續開發尾氣、廢液再生循環使用之設備，經團隊進一步發展其循環處理系統，除有助於降低環境二次污染，亦可促進我國資源循環再利用之發展。</p> <p>2. 有關實驗室場域測試探討 AC 吸附及再生自動化設備，實驗規劃於氣相及液相不同操作條件下，設計吸附反應管並計算廢水浸流率，建議宜補充其量化數據計算方式，有助於提升該計畫內容之完整性。</p>		<p>委員三</p> <p>1. 感謝委員對本計畫的肯定，本研究計畫為改善場址現場 P&amp;T 廢水與 SVE 廢氣之處理程序，當技術成熟時預估可大幅降低廢棄物之生成。</p> <p>2. 感謝委員的建議，本研究計畫針對先前實驗室規模之研究成果，其所應用之量化數據方式已詳列於申請計畫書初稿之 p.11-17 至 20 中。模場型設備將於第一年計畫執行過程予以建置，量化參數數值之評估已規劃為第一年工作項目之一，相關計算公式請參閱式(一)及(二)，本研究計畫會於</p>	



	<p>執行過程中詳加討論，並敘述於期中與期末報告之中。</p>
<p>委員四 研究主題符合土壤及地下水污染整治基金補助精神、探討課題新穎、技術具未來應用性且整體研究架構明確方法可行。</p>	<p>委員四 感謝委員對本計畫的肯定，本計畫擬開發現址 P&amp;T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備，並探討其應用於現場之狀況，相關研究成果可提供未來學術發展之參考及業界整治之選擇。</p>
<p>委員五 成果具產業化效益，亦請規劃。</p>	<p>委員五 感謝委員的肯定，當完成第一年與第二年之工作項目後，預估可將此技術提升至核心技術之技術成熟度 (Technology Readiness Level, TRL) 達 TRL 7 以上，並擬將成果發表至國際期刊與國內外研討會提高成果之可見度。此外，亦會持續蒐集與整理相關資料著手準備新型專利之申請，據此作為技術產業化之基礎。另相關運作經費評估已列為目標 2.3 之工作內容，請參閱。感謝委員提醒，研究團隊會嘗試尋找合適且具有意願之工程顧問公司，持續針對該技術進行優化並推廣。</p>
<p>委員六 1. 本案擬利用 P&amp;T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附應用於含氯有機物污染場址現址整治。 2. 建議再生自動化設備做更詳細說明。 3. 再生設備的效率可進一步評估。</p>	<p>委員六 1. 感謝委員，本計畫基於先前實驗室之研究成果，擬進一步開發現址型 P&amp;T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備，並探討其應用於現場之狀況。 2. 感謝委員的建議，本研究計畫活性碳吸附及再生自動化設備之建置列為計畫第一年之工作項目，相關設備細節初步設計請參閱 p.20 之設計圖，本研究團隊後續會依據計畫執行過程做詳細之紀錄與敘述，後續於階段性報告</p>



	<p>中加以說明。</p> <p>3. 感謝委員的提醒，本研究計畫第一年將會完成建置現址 P&amp;T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備，並將設備移至場址進行設備試車。根據建置完成之資料，本研究會進一步評估現場運作效率(包含污染物去除、活性碳再生、整體運作流暢狀況等)並予以紀錄，另對運作經費之評估已列於第二年之目標 2.3 之工作項目，相關研究成果將整理至期中與期末報告之中。</p>
<p>委員七</p> <p>1. 本計畫後續是否建立飽和吸附量等基本功能特性之指標？同時對於再生自動化設備之功能與驗證指標為何？</p> <p>2. 請補充說明本計畫成本效益之分析方法，以及後續商業化應用之推動構想為何？</p>	<p>委員七</p> <p>1. 感謝委員的建議，本計畫所擬建構之自動化設備，將自動監測 TOC 及 TVOC 數值，針對吸附及再吸附之能力，將依據計畫書中式(一)計算飽和吸附量(<math>q_e</math>)等基本功能特性，並將依據式(二)估算吸附床之吸附質量傳輸高度(<math>H_{MTZ}</math>)，作為吸附特性之指標及功能評估，請參閱計畫書 P.19 之細部說明。除了現場監測設備之即時偵測外，本研究團隊亦會採取現場樣本送至實驗室以氣相層析質譜儀搭配吹氣捕捉裝置及總有機碳分析儀等儀器進行分析驗證；活性碳部分，亦會採取使用過之活性碳以 BET 等儀器探討其材料特性變化。</p> <p>2. 成本效益分析之評估已規劃計畫書初稿之目標 2.3。此外，當完成第一年與第二年之工作項目後，預估可將此技術提升至核心技術之技術成熟度 (Technology Readiness Level, TRL) 達</p>



	<p>TRL 7 以上，並擬將成果發表至國際期刊與國內外研討會提高成果之可見度。此外，亦會持續蒐集與整理相關資料著手準備新型專利之申請，據此作為技術產業化之基礎。另相關運作經費評估已列為目標 2.3 之工作內容，請參閱。感謝委員提醒，研究團隊會嘗試尋找合適且具有意願之工程顧問公司，持續針對該技術進行優化並推廣。</p>
<p>委員八 下列意見請確認，並於計畫書修正稿中修正：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 缺模場同意函、場址基本資料及確核表、污染防治衛生安全措施。</li> <li>2. P.11-39 表格標題編號請修正。</li> <li>3. P.11-42 消耗性器材中有些項目於工作方法中未見相關分析項目與說明</li> <li>4. P.11-44 雜項費用：成果發表印刷、郵資建議酌減，請確認碳粉匣是否重複編列。</li> </ol>	<p>委員八</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員的提醒，模場試驗同意函、場址基本資料及確核表、污染防治衛生安全措施等資料取得之行政程序現正簽核中，待完備後，會依規定將相關資料附件於計畫申請書定稿版中。</li> <li>2. 感謝委員提醒，表格標題編號已修正。</li> <li>3. 感謝委員的建議，使用之分析方法已於申請計畫書修正稿之 p.11-23 中進行說明，並且根據使用之儀器對消耗性器材項目修正。</li> <li>4. 感謝委員提醒，成果發表印刷、郵資已修正酌減，修正於申請計畫書修正稿之中；另外，此處編列之碳粉匣為列印計畫執行過程中所需之數據資料、文獻資料及報告等列印使用，與成果發表之海報列印為委外製作，有所不同。碳粉匣項目重複列舉處已刪除修正。</li> </ol>



行政院環境保護署「土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案」

構想書  
 申請計畫書  
 階段成果報告  
 期中報告  
修正計畫書  
 期末報告  
 審查意見回覆對照表

計畫年度	111 年度	計畫類型	<input type="checkbox"/> 先導型 <input type="checkbox"/> 研究型 <input checked="" type="checkbox"/> 模場型
計畫類別	<input type="checkbox"/> 調查 <input checked="" type="checkbox"/> 整治 <input type="checkbox"/> 其他		主持人：梁振儒
計畫名稱	有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備開發及模場應用（第一年）		
<b>審查意見</b>		<b>執行單位回覆</b>	
1. 經審閱階段成果報告，執行進度符合本署核定之定稿本內容及預期完成目標。		感謝委員對本計畫的審視與肯定。	



行政院環境保護署「土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案」

構想書  
 申請計畫書  
 階段成果報告  
期中報告  
 審查意見回覆對照表  
修正計畫書  
期末報告

計畫年度	111 年度	計畫類型	<input type="checkbox"/> 先導型 <input type="checkbox"/> 研究型 <input checked="" type="checkbox"/> 模場型
計畫類別	<input type="checkbox"/> 調查 <input checked="" type="checkbox"/> 整治 <input type="checkbox"/> 其他		主持人：梁振儒 NO：B6
計畫名稱	有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備開發及模場應用(第一年)		
審查意見		執行單位回覆	
委員一 1. 本計畫為模場計畫，擬以自動化再生抽氣處理法(SVE)地下水抽取處理法(P&T)的處理系統活性碳，具有現場應用價值。目前已完成系統設計、組裝，及相關控制邏輯及規劃，計畫符合原規劃進度。 2. 活性炭吸附量，與污染物特性及流體氣液相關係很大，建議能報導研究所使用之活性炭，及其吸附效能、脫附時機。 3. 在決定過硫酸鹽再生活性碳之再生時機及再生時間長短，TOC 或 TVOC 為監測之主要參數，但該兩參數反應也會受到目標污染物類別及法規值影響，建議能增加決定 TOC 及 TVOC 監測及啟動再生之考量因子說明。 4. 過硫酸鹽劑量及加熱溫度，是決定再生效能重要因素，建議能適度說明決定的流程及成果。		委員一 1. 感謝委員對本計畫的肯定。 2. 感謝委員的建議，當前使用技術建立於過去之研究成果(已發表於 Chemical Engineering Journal 375: Article 122034, 1-7)，此計畫內容為利用活性炭(AC)吸附污染物並結合化學氧化法，依據先前實驗室規模之批次研究結果證實，AC 吸附 SVE 甲苯尾氣，脫附時機設定為達飽和貫穿後(貫穿濃度達到為初始廢氣濃度，實場應用可依據所允許之排放濃度予以調整設定)，接續以熱活化濕式氧化進行再生，經過4次吸附及再生之評估，證實 AC 於吸附床之吸附質傳區域高度 (Length of the mass transfer zone (HMTZ))並不會因再生程序而有顯著變化之現象，並且再生後之吸附效能相較於初始吸附能力，顯示皆可維持 90% 以上，此技術已達技術成熟度 (Technology readiness level, TRL)TRL 5以上之階段。相關的研究成果細節可參閱文獻[19]。 3. 感謝委員的建議，TOC 及 TVOC 為監測之主要參數，其監測參數若達設定	



	<p>值時，即為 AC 吸附達飽和貫穿，不再進行吸附，此時將切換進行再生階段，在這段過程當中仍然持續 TOC 及 TVOC 監測，且更換另一活性碳管柱進行吸附程序。吸附貫穿濃度之設定，其中廢水吸附處理之貫穿濃度設定，將依據所允許之特定有機物排放標準於廢水中其所對應之 TOC 數值；廢氣吸附處理之貫穿濃度，則將依據所允許之特定有機物排放標準所對應之 ppmV，或將依據整治計畫書核定之 SVE 尾氣之排放濃度(一般規定200 ppmV)。此相關 TOC 或 TVOC 濃度之設定作為啟動再生活性碳依據，將於下階段計畫書中予以說明。</p> <p>4. 感謝委員的建議，當前使用技術建立於過去之研究，熱活化過硫酸鈉降解污染物為一有效之氧化程序，或可搭配其他之活化程序例如活性碳活化、過渡性金屬活化等程序，實驗室規模之研究結果為利用過硫酸鈉溶液於50 °C 以上進行再生，AC 再吸附均可達到 &gt;90%之吸附效率。再生程序之反應流程概念說明呈現於圖二，及化學反應式與說明則接續於圖二，請參閱；另細部實驗數據亦可參閱文獻[19]。</p>
<p>委員二</p> <p>1. 建議補充已完成實驗裝置設計有關監測出流水或出氣體之污染濃度相關數據(第20頁)以檢視其設計效率。</p>	<p>委員二</p> <p>1. 感謝委員建議，建置此自動吸附及再生裝置及測試其功能為此計畫現階段之主要工作，相關吸附及再生效率相關監測數據，為第二年計畫下一階段之工作，後續會依照計畫之目標及委員之建議，將成果數據呈現於報告中。</p>



<p>委員三</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫以二年時間探討有機污染物污染整治場址的廢水與廢氣 AC 吸附及再生自動化設備開發和模場應用。第一年(本年度)工作重點在於設備設計、組裝建置及場址現地初步實驗。期中報告撰寫內容大致完整，活性碳吸附及再生自動化設備已建構完成並呈現細部設計與流程圖，應符合計畫之預期目的，建議期末報告成果分章節呈現並詳述自動化設備開發所遭遇之困難。</li> </ol>	<p>委員三</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員的建議，當前進度之內容及執行過程已呈現於期末報告中。</li> </ol>
<p>委員四</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 期中報告符合預定進度。</li> <li>2. 完成設備設計及 AC 吸附及再生自動化設備各項之組裝及操作程序。</li> <li>3. 期中報告請增加後續工作重點的章節說明。</li> <li>4. 後續模場實驗部分，高雄市環保局 111 年 9 月 30 日函文說明三，污染場址改善工法與「模場實驗」計畫書之研究方法及步驟內容略有不同，請說明後續因應方式。</li> <li>5. 自評表期中達成數表格內未填寫。</li> </ol>	<p>委員四</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員對本計畫的肯定。</li> <li>2. 感謝委員對本計畫的肯定。</li> <li>3. 感謝委員的提醒，已於期末報告中增加後續工作章節說明。</li> <li>4. 感謝委員對本計畫的提醒，此場址之整治計畫歷經多次審查，當前 112 年 6 月 27 日核定之變更計畫內容，已將整治方法更改為利用土壤氣體抽除法(SVE)及地下水抽取處理法(P&amp;T)，即為本次計畫所欲利用活性碳吸附及再生方法作為處理 SVE 及 P&amp;T 所產生之廢棄及廢水問題。因為整治計畫書審查變更時程之因素，預計於 7 月底至 8 月初將 AC 吸附及再生自動化設備運至場址進行初步測試，確保此系統得以建置銜接後續第二年之實場測試。</li> <li>5. 感謝委員的提醒，已於期末報告中填寫自評表部分。</li> </ol>

**委員五**

1. 本計畫預計於高雄市大順加油站整治場址辦理現場應用試驗，經查該場址目前整治工法為「生物可分解界面活性劑增強化學氧化法」，另整治計畫刻正辦理第4次變更，請評估是否可於計畫期程內於該場址辦理現場應用試驗，抑或是有其他場址作為替代方案？
2. 請依徵求書附件 12 格式補充主要研究人力、產業界資源投入表。

**委員五**

1. 感謝委員對本計畫的回覆，當前計畫期程之場址仍為原先的高雄市大順加油站辦理實場應用試驗，依據當前112年6月27日提送之變更計畫內容，已將整治方法更改為土壤氣體抽除法 (SVE) 及地下水抽取處理法 (P&T)，可作為本次計畫進行技術評估之場址。
2. 感謝委員的提醒，依據委員意見已將此表格附上，於期末報告中補充研究人力資訊，然其本次計畫無產業界資源投入，因此表格填寫無。



行政院環境保護署「土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案」

構想書 申請計畫書 期中報告

審查意見回覆對照表

修正計畫書 期末報告

計畫年度	111 年度	計畫類型	<input type="checkbox"/> 先導型 <input type="checkbox"/> 研究型 <input checked="" type="checkbox"/> 模場型
計畫類別	<input type="checkbox"/> 調查 <input checked="" type="checkbox"/> 整治 <input type="checkbox"/> 其他	主持人：梁振儒 NO：B6	
計畫名稱	有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備開發及應用(第 1 年)		
審查意見		執行單位回覆	
<p>委員一</p> <p>1. 本計畫目前已經完成模型場的設計及組裝，目前等候加油站測試中。自動化的現場整治處理設備，是未來的趨勢。本計劃的成果，預期將應用的潛力。</p> <p>2. 建議可以補充說明計劃設計的操作流量依據、及預期的再生的頻率，以及是否足以處理加油站的水量比例。</p> <p>3. 後續現場測試時，除處理與再生效果、以及其成本之外，建議也可以評估相較於傳統方法，其對於碳排放量降低的程度。</p>		<p>委員一</p> <p>1. 感謝委員的肯定。</p> <p>2. 本裝置設計之操作流量乃依據文獻一般活性碳抑或液相吸附之停留時間計算而得。目前階段計畫目標為設計並組裝建構全自動活性碳吸附及再生裝置。考量污染場址 P&amp;T 抽水及 SVE 抽氣通常需要採取間歇性的操作，因此 SVE 廢氣濃度變化甚大，且 P&amp;T 廢水之污染物濃度也有相同變異性差距甚大之趨勢，故活性碳再生頻率之評估將會依據後續現場操作分別依 P&amp;T 廢水及 SVE 廢氣之 TOC、TVOC 濃度狀況而定，此自動化設備自動監測貫穿之污染物濃度，進行自動切換吸附管，並且自動再生貫穿之吸附管，因此吸附及再生之頻率，設備會自動控制，而後續操作之數據及再生頻率會加以記錄測試。此外，下階段模場試驗僅會抽取部分污染氣體、水體進行處理，此設備並不是用以取代現場之設施予以處理場址之全部水量或氣體量。</p> <p>3. 感謝委員建議，碳排放量的比較及計</p>	



	<p>算將會規劃於第二年的研究計畫中進行。</p>
<p><b>委員二</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究計畫為兩年期計畫，第一年著重於自動化設備的開發與測試，目前皆已按進度完成。第二年則著重於模場應用，先期模場選擇(大順加油站)與準備工作亦如期進行。</li> <li>2. 本計畫強調再生自動化設備具有良好成本效益，計畫執行過程仍應廣泛收集成本建置與營運操作成本分析資料，俾能有效率化成本效益。</li> </ol>	<p><b>委員二</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員的建議及肯定。</li> <li>2. 感謝委員的建議，目前本計畫目標為設計並組裝全自動活性碳吸附及再生裝置，經費主要為耗材相關，第一年建置此設備經費約一百萬元左右，而關於建置與營運操作的成本將會於後續階段進行分析比較，會納入第二年的研究目標。</li> </ol>
<p><b>委員三</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計畫執行工作項目及內容說明清楚。</li> <li>2. 整治計畫書經多次審查，於本年6月27日核定變更計畫內容，請配合整治計畫進行，掌握時效進行模場設備系統之試驗，並更新最新進度。</li> <li>3. 自評表研發改良技術，已開發技術，請於備註欄註明。</li> <li>4. 後期可以說明比較經濟的優勢，成本效益。另加藥後的水排放問題要考量。</li> <li>5. 後期建議對活性碳再生的效率的穩定性及最佳的設計量能與操作。</li> </ol>	<p><b>委員三</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員的肯定。</li> <li>2. 感謝委員的建議，模場試驗的相關結果會於第二年報告書中持續更新研究進度。</li> <li>3. 感謝委員的建議，自評表中研發改良技術已於備註欄補充呈現。</li> <li>4. 感謝委員的建議，成本效益的分析及比較將會納入第二年計畫的研究目標中，後續再呈現於報告書。活性碳再生的排放水主要成分將會含過硫酸鹽之反應副產物鈉離子及硫酸根離子，有機污染物將會被礦化，出流水將會以稀釋或是經由模場之廢水處理設備處理後再進行排放。</li> <li>5. 感謝委員的建議，活性碳再生效率將會參考模場試驗的結果，再呈現於後續報告書中。</li> </ol>



<p><b>委員四</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫利用現址 P&amp;T 廢水與 SVE 廢棄 AC 吸附建置再生自動化模場，期末報告內容撰述完整，成果具體已達成計畫預期成果。</li> <li>2. 表 12 遭遇困難及解決方法相當重要可提供第 2 年執行參考，但似乎著重於設備零件組裝之困難，應再深入探討操作實務面之困難。</li> </ol>	<p><b>委員四</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員的肯定。</li> <li>2. 感謝委員的建議，目前研究著重於裝置的設計及組裝，後續將會針對模場試驗遭遇到的操作問題進行討論，並且會於第二年計畫報告書中呈現。</li> </ol>
<p><b>委員五</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計畫詳細列出活性碳吸附及再生自動化設備之零件清單，建議可計算其設置經費，評估設備經濟效益。</li> </ol>	<p><b>委員五</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員的建議，本階段研究著重於裝置的設計及組裝，經費主要為耗材費用，後續將會分析及比較相關的經濟效益，並於第二年計畫報告書中呈現。</li> </ol>



專案資料申請表

專案性質		<input checked="" type="checkbox"/> 實驗性質 <input type="checkbox"/> 非實驗性質		專案技術編碼		LAB-S-R-C1-M (如非實驗性質含氣溶劑之生物整治模場為 NLAB-S-R-C1-B，填寫請參考附件1-4)	
專案類別(單選)		<input type="checkbox"/> 先導型 <input type="checkbox"/> 研究型 <input checked="" type="checkbox"/> 模場型		研究主題		<input checked="" type="checkbox"/> 整治 <input type="checkbox"/> 調查 <input type="checkbox"/> 政策類或其他	
申請機構系所		國立中興大學 環境教育暨永續科技研發中心					
機構地址		台中市南區興大路145號國立中興大學土木環工大樓5F 535室					
專案主持人		梁振儒		職等/職稱		特聘教授	
協同主持人		王麒維		職等/職稱		助理教授	
專案名稱	中文	有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備開發及模場應用					
	英文	Development and application of automatic activated carbon adsorption and regeneration equipment for treating P&T wastewater and SVE exhaust gas generated at the organic contaminated site					
	關鍵字	抽取處理法、土壤蒸氣萃取法、有機污染物、活性碳、再生					
執行期程		自民國 111 年 9 月起至民國 113 年 8 月					
專案主持人		姓名：梁振儒		E-mail：cliang@nchu.edu.tw		專線：04-22856610 手機：0937-009106	
專/兼任人員		姓名：林芳君		E-mail：g109063206@smail.nchu.edu.tw		專線：04-22840441#524 手機：0932-318334	
經費分析總表 (僅模場試驗專案需填寫兩年度金額)	專案預估總經費		第一年申請經費	第二年申請經費	編列說明		
	1.	人事費用	673,200	759,352	(1~6項相加之50%為限)		
	2.	設備使用含維護費	0	0	(與計畫實驗相關)		
	3.	耗材與主要費用	1,250,000	1,000,000	(與計畫主體相關)		
	4.	其它研究相關費用	13,600	138,000	(含差旅與租賃費用)		
	5.	雜項費用	22,000	51,000	(1~6項相加之5%為限)		
	6.	行政管理費	181,200	216,483	(1~6項相加之10%為限)		
	7.	自籌款	0	0	(申請單位自行籌備款項)		
		申請補助經費(1~6項)	2,140,000	2,164,835	總金額：4,304,835		
		計畫總經費(1~7項)	2,140,000	2,164,835	總金額：4,304,835		

說明：

1. 本署以部份補助為原則，得指定不補助項目，不補助項目應為自籌款項，應自行核銷不得申請。
2. 非實驗性質之專案，若第一項費用編列金額超出比率，須於申請公文內向本署說明，俾利審查。
3. 補助專案經費編列自申請起經專案核准後，經費編列中各項費用單價與需求只可減少與下修。

專案主持人(簽名及蓋章)：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_\_



## 研究成果中文摘要

根據土壤及地下水污染整治基金管理會統計，國內遭受碳氫化合物污染之場址數量高達 70%，其中又以含氯脂肪族碳氫化合物(Chlorinated aliphatic hydrocarbons, CAHs)較為多數占 32%，可見整治有機物污染之場址於國內之重要性。面對有機物污染之土壤及地下水，至今整治工程上使用抽取處理法(Pump and treat, P&T)及土壤蒸氣萃取法(Soil vapor extraction, SVE)仍為較常見之方式。P&T 是一項針對飽和層地下水中溶解性污染物的整治方法，可藉由主動抽取地下水達移除污染物之目的。SVE 係針對土壤通氣層中揮發性有機物進行整治之方法，利用真空抽氣產生負壓予以抽除污染物。兩種整治技術皆須於地表上建置廢液或廢氣處理設備，其中例如考量 SVE 抽取之氣相污染物濃度變化幅度甚大，使得許多污染氣體處理設備(例如熱氧化系統)無法於現址搭配單組 SVE 系統於有機物污染場址上使用，因此活性炭(Activated carbon, AC)成為目前較廣泛採用之 SVE 尾氣處理方式。AC 吸附具有對有機污染物吸附效果佳及使用便利等優勢，因此對於環境污染物不論是污染氣體、廢水或地下水之緊急應變處理，AC 吸附為常用之整治程序。

本研究計畫基於過去之研究基礎上，成功開發實驗室規模之「活性炭吸附」及「活化過硫酸鹽再生活性碳」系統結合之實驗裝置，並證實活化過硫酸鹽再生 AC 系統可有效應用於再生吸附飽和之 AC，亦可有效氧化破壞有機污染物，且產生之廢水僅殘留過硫酸鈉降解產物硫酸根離子及鈉離子，即可逕行排放，因此可作為其他類型碳床再生技術之有效替代方案，並且用於處理來自整治場址 SVE 之有機污染物廢氣時，提供良好成本效益，例如無需處理廢棄之 AC、節省人力更換新 AC、機動性高配合整治作為之調整及機具移動等。

本計畫第一年研究已完成(1) 有機物污染場址現地廢水與廢氣 AC 吸附及再生自動化設備之設計、(2) AC 吸附及再生自動化設備之各部位零件採購、組裝及自動化機電操控系統建置、(3) 實驗室場域測試探討 AC 吸附及再生自動化設備於氣相及液相不同操作條件下之運作及(4) 進行場址現地初步測試。

關鍵字：抽取處理法、土壤蒸氣萃取法、有機污染物、活性炭、再生



## 研究成果英文摘要

According to statistics from the Soil and Groundwater Remediation Fund Management Board, up to 70 % of contaminated sites in Taiwan were affected by hydrocarbon pollution. Among them, chlorinated aliphatic hydrocarbons(CAHs)account for the majority at 32 %. This demonstrates the significance of addressing the remediation of organic pollution in Taiwan. When dealing with organic pollutants in soil and groundwater, two common methods used in remediation projects are Pump and Treat (P&T) and Soil Vapor Extraction(SVE). P&T is a treatment method for dissolved pollutants in the saturated aquifer, where active pumping is used to remove the contaminants. SVE, on the other hand, focuses on treating volatile organic compounds in the unsaturated zone, using vacuum extraction to remove the pollutants. Both remediation techniques require the installation of equipment for contaminated liquid or exhausted gas treatment at the site above ground. For example, due to the significant variation in the concentration of gas-phase pollutants extracted by SVE, many pollution gas treatment systems(such as thermal oxidation systems)cannot be used in conjunction with a single SVE system on organics contaminated sites. Therefore, Activated Carbon (AC) has become a widely used method for treating SVE exhausted gases. AC adsorption offers advantages such as effective adsorption of organic pollutants and convenience of use. Consequently, AC adsorption is commonly employed as a remediation procedure for urgent response to environmental pollutants, whether it is for treating polluted gases, wastewater, or groundwater.

Based on previous research conducted by the principal investigator, the study aimed to develop a laboratory-scale experimental setup that combines "Activated Carbon Adsorption" with "Activated Persulfate Regeneration of AC." It has been successfully demonstrated that the activated persulfate regeneration system can effectively regenerate saturated AC, oxidize and degrade organic pollutants, and generate wastewater containing only residual sodium sulfate and sodium ions, which can be discharged directly. Therefore, it can serve as an effective alternative to other carbon bed regeneration technologies. Moreover, when used to treat organic pollutant exhausted gases from remediation sites using SVE, it provides good cost-effectiveness. This includes benefits such as not requiring disposal of spent AC, saving labor for AC replacement,



high mobility for adjustment and equipment relocation in coordination with remediation activities, and more.

In the first year of this project, the following objectives have been accomplished:

1. Design of on-site P&T wastewater and SVE exhausted gas AC adsorption and regeneration automated equipment for organic contaminated sites.
2. Procurement of components for AC adsorption and regeneration automated equipment; assembly, and establishment of the automated electromechanical control system.
3. Laboratory field testing to explore the operation of the AC adsorption and regeneration automated equipment under different operating conditions in both gas and liquid phases.
4. Preliminary testing conducted on-site at the remediation site.

Keywords: Pump and Treat, Soil vapor extraction, Organic contaminant, Activated carbon, Regeneration



# 目次

研究成果中文摘要.....	
研究成果英文摘要.....	
目次.....	3
圖次.....	4
表次.....	5
(一) 前言.....	6
(二) 研究目的.....	11
(三) 文獻探討.....	14
(四) 研究方法與過程(含工作進度甘特圖).....	16
(五) 結果與討論.....	22
(六) 結論.....	53
參考文獻.....	54



## 圖次

圖 一、整治場址(A) SVE 機組及尾氣處理、(B) SVE 尾氣濃度變化趨勢和(C) P&T 抽出廢水之活性炭吸附塔 .....	8
圖 二、活性炭再生之概要分類及化學氧化再生概念示意 .....	9
圖 三、熱活化過硫酸鹽再生 SVE 尾氣吸附飽和活性炭裝置之設計圖及裝置照片 .....	15
圖 四、研究目標之實驗流程規劃 .....	16
圖 五、模場型之活性炭吸附及再生自動化設備初步設計圖 .....	18
圖 六、計畫主持人與設備製作廠商商討之會議照片 .....	22
圖 七、模場型之活性炭吸附及再生自動化設備裝置細部設計及流程圖 .....	23
圖 八、模場型之活性炭吸附及再生自動化設備裝置邏輯及運作流程 SOP 步驟 .....	27
圖 九、於工廠訪視設備建置情形 .....	32
圖 十、活性炭吸附與再生電控裝置外觀 .....	32
圖 十一、裝置運至實驗室之過程 .....	43
圖 十二、AC 吸附及再生自動化設備 .....	43
圖 十三、活性炭管外觀 .....	43
圖 十四、加藥桶外觀 .....	43
圖 十五、活性炭管及加藥桶相對對應位置 .....	43
圖 十六、TVOC 監測設備運作查核 .....	43
圖 十七、開關閥設備運作查核 .....	44
圖 十八、廢氣及廢水切換條件之介面 .....	44
圖 十九、電動閥正常開啟之狀態(亮綠燈) .....	44
圖 二十、系統上顯示溫度及 ORP 數值 .....	44
圖 二十一、設備操作介面以及人機系統電腦遠端連線控制畫面 .....	44
圖 二十二、高雄市環境保護局核定公文之縮圖 .....	50



## 表次

表 1、此計畫擬進行模場試驗之土壤與地下水整治場址 .....	12
表 2、活性碳吸附及再生自動化設備各零件初步命名清單 .....	19
表 3、活性碳吸附及再生自動化設備各零件命名清單 .....	24
表 4、階段(一)之吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態 .....	28
表 5、階段(二)之吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態 .....	29
表 6、階段(三)之吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態 .....	30
表 7、階段(四)之吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態 .....	31
表 8、對應設備代號之照片、名稱 .....	33
表 9、AC 吸附及再生自動化設備零件組裝之遭遇困境及解決方法 .....	40
表 10、設備於各程序階段之查核測試項目 .....	45
表 11、設備於各程序階段查核結果 .....	48
表 12、AC 吸附及再生自動化設備零件組裝之遭遇困境及解決方法 .....	49
表 13、大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫大事記 .....	51
表 14、整治場址現地測試之遭遇困境及解決方法 .....	52



## (一) 前言

現今快速發展經濟與工業的時代，地下管線破裂、儲槽洩漏或人為操作不當等因素，致使具危害性之化學物質意外進入土壤及地下水中，進而造成環境之污染，為大眾所關心之環境議題之一。根據美國超級基金針對污染場址進行關切污染物(Contaminant of concern)類型之統計調查報告指出[1]，土壤、地下水及底泥之中多遭受揮發性有機物(Volatile organic compounds, VOCs)、重金屬(Heavy metals)、非揮發性有機物(Semivolatile organic compounds, SVOCs)與其他(Others)種類之污染，其中遭受 VOCs 污染之場址數為 1159 處，占總污染場址數達 78%，為主要之污染物類型。此外，國內土壤及地下水污染整治年報(2017)所彙整之國內土壤及地下水污染場址中，遭受碳氫化合物污染之場址數量高達 70%，其中又以含氯脂肪族碳氫化合物(Chlorinated aliphatic hydrocarbons, CAHs)較為多數占 32%，CAHs 中具有揮發特性之重質非水相液體(Dense non-aqueous phase liquid, DNAPL)例如三氯乙烯(Trichloroethylene, TCE)其占有 14%[2]。面對有機物污染之土壤與地下水，至今整治工程上使用抽取處理法(Pump and treat, P&T)及土壤蒸氣萃取法(Soil vapor extraction, SVE)仍為較常見之方式。P&T 是一項針對飽和層地下水中溶解性污染物的整治方法，可有效地藉由主動抽取地下水達移除污染物之目的。此外，P&T 亦兼具控治污染團擴散的功用，因此除了可做為整治技術外，亦可視為與水力隔絕之方法類似之圍容(Containment)技術。P&T 所用的設備一般包括抽取井與地面處理設備兩部分，其中地面處理設備一般需視污染物特性而定。然而，地下水一旦經幫浦抽出後，其處理方法即與一般廢水處理方式差異不大。根據美國超級基金整治年報指出[3]，P&T 的整治期程一般都較為耗時，且往往在停止抽水後會有地下水污染物濃度回升(rebound)之現象。此現象多係因於土壤中仍存在有吸附相污染物、液滴型態(blobs)或甚仍有 DNAPL 純相之殘留污染物，致使污染物回溶於地下水所致，且即使土壤污染濃度未達法規管限制值，其回溶於地下水之污染物多數狀況下仍可造成地下水污染濃度超過管制標準，因此 P&T 整治過程時常需進行抽取與停止脈衝式操作(Pulsed operation)之程序。

SVE 係針對土壤通氣層(Vadose zone)中揮發性有機物進行整治之方法，污染物之特性通常需具有亨利定律常數大於  $0.01 \text{ atm}\cdot\text{m}^3/\text{mol}$  或蒸氣壓大於  $0.5 \text{ mm Hg}$  以上時適用，為常見之現地土壤污染處理技術之一。根據美國超級基金調查報告顯示，於 1982 至 2017 年中使用現地處理技術之場址共計有 846 處，其中以 SVE 進行處理之場址為 310 處

(佔 36.6%)，可見 SVE 至今仍為污染場址之泛用整治技術之一[4]。SVE 整治方式為使

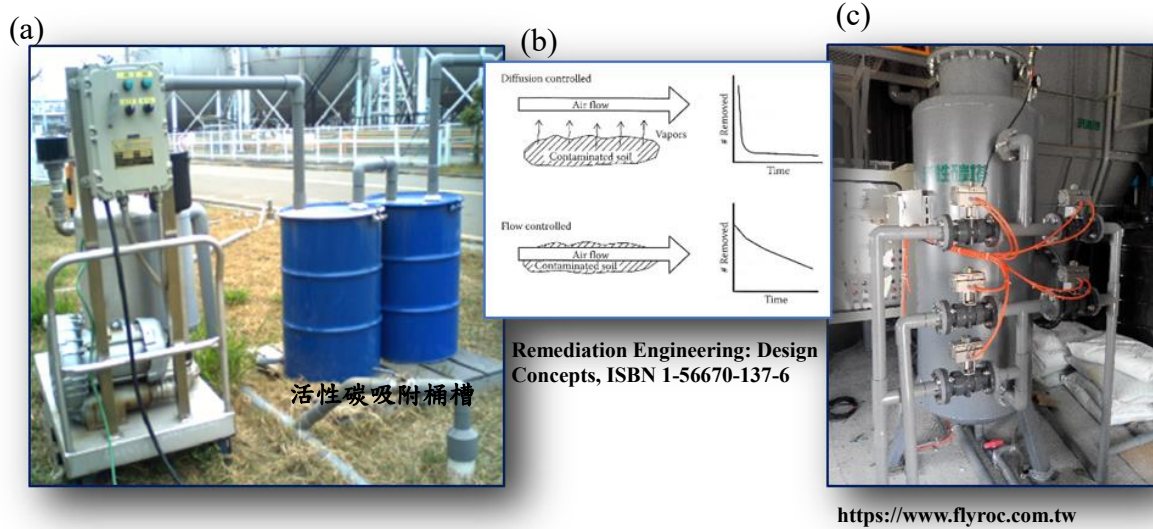


用垂直/水平井或溝渠，利用真空抽氣產生負壓，於地表下引發壓力梯度變化(Pressure gradient)，進而提升土壤中 DNAPL 及溶解於孔隙水中之污染物揮發作用，及土壤表面污染物的脫附速率，使土壤中之有機碳氫化合物由土壤吸附相或液相轉移為氣相，並往抽氣井方向移動，接續再予以抽取並移除，同時於地面上設置空氣污染處理設備，將抽出氣體回收或處理，污染物濃度降至法規標準以下後，使得排放至大氣中。此外，SVE 工法時常會結合地下水抽水井，以降低地下水位獲得較大之未飽和層空間；抑或是結合空氣注入法(Air sparging)使用，以回收地表深層或地下水中之污染物。SVE 操作過程中，抽除之氣體送至地面建置之處理設備，進行氣液分離後，將尾氣(Off-gas)及廢水分別處理後排放。一般 SVE 尾氣處理方法包含熱氧化、觸媒氧化、凝結作用、活性碳(Activated carbon, AC)吸附、樹脂吸附、生物過濾、內燃機、火焰燃燒塔等[5]，其中熱氧化法及 AC 吸附為較常見的尾氣處理方式。熱氧化法係利用升高氣流的溫度，使污染物氧化或燃燒為二氧化碳及水。一般熱氧化系統有四種類型，包含直燃式焚燒爐(DFTO)、直通無焰直燃式焚燒爐(FTO)、再生式焚燒爐(RTO)及觸媒氧化器(Cat-ox)。此類型之 SVE 尾氣處理，除非面對大量之廢氣收集及處理，否則其經濟效益較低，或於嚴禁煙火之場址不宜採用。

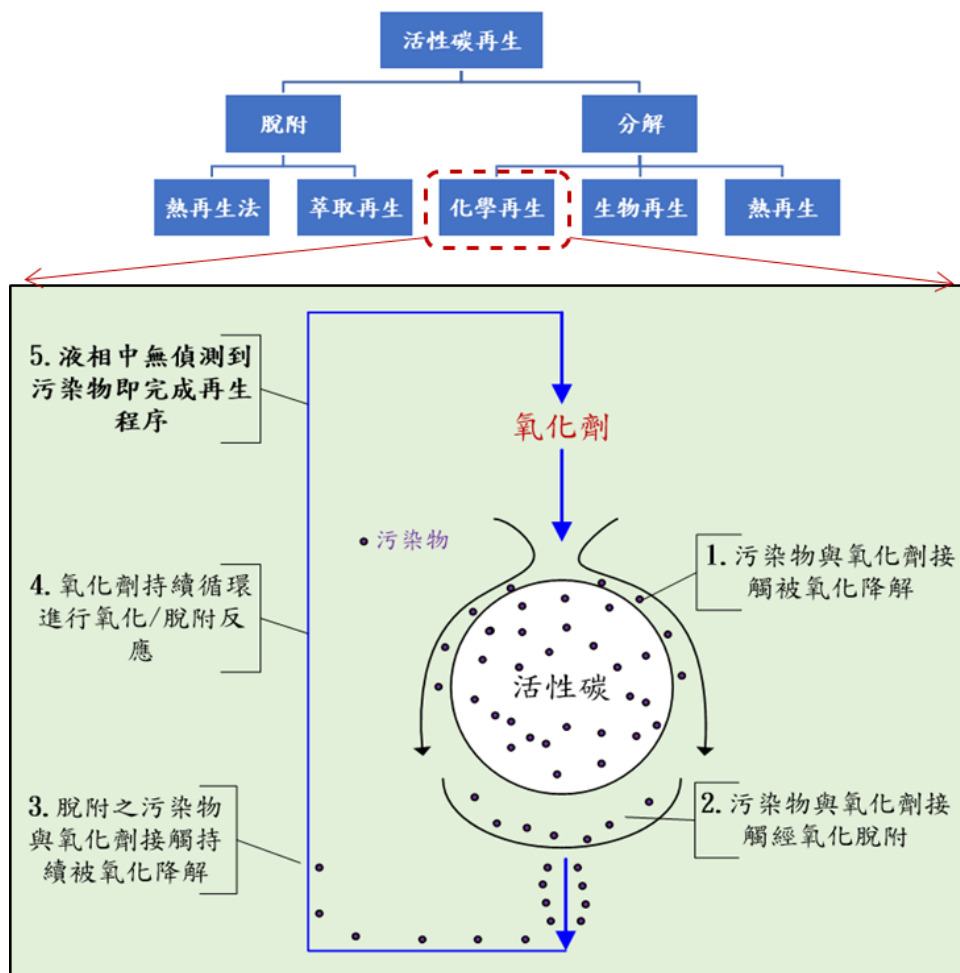
AC 吸附具有對有機污染物吸附效果佳及使用便利等優勢，因此對於環境污染物不論是污染氣體、廢水或地下水之緊急應變處理，AC 吸附為常用之整治程序。圖一(a)為一處整治場址 SVE 機組搭配尾氣處理之 AC 吸附設施。於有機物或含氯有機物污染場址，一般嚴禁使用具有火源之相關設備，並且須考量 SVE 抽取之氣相污染物濃度變化幅度甚大，例如 SVE 自未飽和含水層抽氣，初期氣相污染濃度較高(圖一(b)所示)，隨之氣相濃度依據污染情境不同(Flow or diffusion controlled)會快速降低，因此在實際 SVE 操作期間，一旦抽出的污染質量去除率下降，SVE 可採用脈衝操作，停止運行期間污染物會再度擴散至氣相中，再次啟動 SVE 時予以被抽除。因此須考量 SVE 抽取之氣相污染物濃度變化幅度甚大，使得許多前述污染氣體處理設備(一般採用之熱氧化系統)無法於現址搭配單組 SVE 系統於有機物污染場址上使用，因此 AC 吸附成為目前較廣泛採用之 SVE 尾氣處理方式。此外，對於 P&T 抽水之處理機制，受限於 DNAPL 低水溶解度，使得 P&T 之操作期程甚長且無法有效完全整治地表下污染，並且受限於污染場址可能無廢水處理設施，或既有之設施無法處理 DNAPL 類之污染物或需變更水污染防治措施等困境，因此 AC 吸附塔常作為搭配 P&T 系統作為廢水處理之設備(圖一(c)所示)。然而，即便 AC 吸附為一項廣泛採用之污染處理程序，對於 AC 吸附飽和後之處置，例如 AC 更換、經費考量及後續 AC 再生或 AC 廢棄



物所衍生環境污染等仍舊是目前需克服之議題。AC 之吸附一般多為物理性吸附，其則屬吸脫附可逆作用，於適當條件下可再生去除 AC 吸附之物質，再生方式包含熱脫附[6-8]、萃取再生[9]、電化學再生[10]、生物再生[11, 12]、溼式氧化再生[13, 14]等，相關 AC 再生之概要分類如圖二所示。



圖一、整治場址(a) SVE 機組及尾氣處理、(b) SVE 尾氣濃度變化趨勢和(c) P&T 抽出廢水之活性炭吸附塔



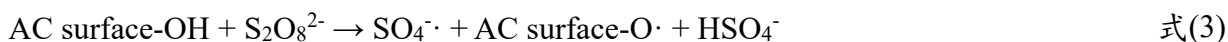
圖二、活性炭再生之概要分類及化學氧化再生概念示意

如圖二所示，當污染物與氧化劑接觸時，以熱活化方式使過硫酸鹽產生自由基(式(1))，並且如式(2)及(3)，AC 與過硫酸鹽接觸亦可經由與 AC 上之官能基予以活化產生硫酸根自由基[15, 16]，進而破壞污染物，此外，當污染物與氧化劑接觸，使污染物經氧化脫附，而脫附之污染物與氧化劑接觸，此時污染物持續被氧化降解，並循環氧化/脫附反應，直到液相中無偵測到污染物，即完成再生程序。

Thermal activation:



AC activation:





鑒於環保法令日趨嚴格，且國內土壤及地下水整治之發展逐漸朝向循環經濟與淨零排放邁進，對於固定污染源包含 SVE 操作之尾氣排放或 P&T 之廢液處理，皆須有效加以控制去除以維護民眾之健康。因此，本計畫開發可於整治場址搭配 SVE 或 P&T 整治設備上之 AC 再生循環使用之尾氣、廢液處理設備，此 AC 再生程序以濕式高級化學氧化法再生，藉由 SPS 經熱活化程序生成硫酸根強氧化劑破壞污染物之能力[17]，循環淋洗吸附飽和之 AC，以氧化降解 AC 吸附之污染物，使 AC 能於 SVE 機組上經短暫時間(約 5-6 小時內)再生重複使用，吸附相淋洗脫附出之污染物亦能於液相中藉由氧化反應加以破壞。



## (二)研究目的

本研究計畫第一年預計開發可同時運用於 SVE 尾氣處理及 P&T 廢液處理之有機物污染場址現地廢水與廢氣 AC 吸附及再生自動化設備，並於實驗室場域內執行氣相及液相之吸附及再生自動化設備測試及初步於實際污染場址廢液處理應用模擬試驗。第二年之研究計畫為密集全面進行整治場址之 SVE 尾氣處理及 P&T 廢液處理應用試驗，並評估現場操作狀況及運作經費，藉以驗證現地廢水與廢氣 AC 吸附及再生自動化設備之應用可行性。此計畫擬分為兩年執行，研究目標分年陳述如下：

### 2.1 第 1 年目標設備設計、組裝建置及整治場址現地初步試驗：

- (1) 有機物污染場址現地廢水與廢氣 AC 吸附及再生自動化設備之設計。
- (2) AC 吸附及再生自動化設備之各部位零件採購、組裝及自動化機電操控系統建置。
- (3) 實驗室場域測試探討 AC 吸附及再生自動化設備於氣相及液相不同操作條件下之運作。
- (4) 污染場址之設備試車及運作測試。初步為確保開發設計之 AC 吸附及再生自動化設備能妥善應用於污染場址現場，先行將設備移至一公告之整治場址進行應用評估，初步利用場址既有之 P&T 處理設備搭配 AC 吸附及再生自動化設備進行廢水處理測試，並確認操作之程序細節與建立設備之標準作業流程(Standard operating procedure, SOP)，以利後續進一步執行第二年密集之場址模場應用試驗。

### 2.2 第 2 年目標整治場址現地廢水與廢氣模場應用試驗及評估：

選取受有機物污染之土壤及地下水之整治場址，以場址既有之 SVE 與 P&T 設備搭配開發之 AC 吸附及再生自動化設備進行廢氣與廢水之現地應用試驗及評估，各項目說明如下所述：

- (1) 針對場址內既有之 P&T 處理設備搭配 AC 吸附及再生自動化設備進行廢水處理測試。
- (2) 針對場址內既有之 SVE 處理設備搭配 AC 吸附及再生自動化設備進行廢氣處理測試。
- (3) 針對 AC 吸附及再生自動化設備於 SVE 尾氣處理及 P&T 廢液處理之測試結果，進行設備之現場操作狀況及運作經費評估。

### 2.3 模場試驗場址資料

本研究計畫整理環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會公告國內至 2022 年同時遭受含氯有機物污染之土壤及地下水控制/整治場址共 123 筆[18]，第一年計畫選取一場址執行計畫，目前初步規劃選定高雄市大順加油站整治場址進行污染場址之設備試車及運作測試，利用高雄市大順加油站整治場址既有之 P&T 設備搭配並測試本研究所開發之有機



物污染場址現地廢水與廢氣AC吸附及再生自動化設備進行吸附與再生之狀況及操作程序SOP，以確保後續進一步進行場址試驗之可行性；第二年則持續於高雄市大順加油站整治場址以現場既有之P&T設備搭配開發之AC吸附及再生自動化設備進行飽和含水層處理之完整現地應用試驗。此外，針對未飽和含水層之處理，高雄市大順加油站整治場址為土壤受高濃度總石油碳氫化合物污染之場址，因此現場亦具有完整之SVE處理系統，本研究計畫擬以現場既有之SVE設備搭配開發之AC吸附及再生自動化設備進行未飽和含水層處理之完整現地應用試驗。熱活化過硫酸鹽再生AC程序已於先前之研究證實可有效處理由SVE產生之甲苯廢氣並吸附飽和之AC [19]。系統操作過程中，使用100 mM之SPS於50和80 °C下淋洗及再生AC，再生後之AC可保留了>90%之吸附容量。熱活化過硫酸鹽再生AC程序去除吸附於AC上之甲苯，由實驗結果證實其去除方式係藉由傳質方式(即AC吸附之甲苯溶解到SPS溶液中)以及SPS溶液中產生之快速氧化反應。此外，熱活化過硫酸鹽再生AC程序可以透過提高SPS濃度與活化溫度以加速甲苯之降解。因此證實熱活化過硫酸鹽再生AC程序除可針對含氯有機污染物進行處理外，亦對苯、甲苯及總石油碳氫化合物質具有相當良好之處理潛力。

表 1、此計畫擬進行模場試驗之土壤與地下水整治場址

場址公告列管狀態	場址名稱	土壤/地下水污染物
整治場址	大順加油站 (高雄市)	<u>土壤</u> 總石油碳氫化合物：15,499 (mg/Kg)
		<u>地下水</u> 苯：11.2 (mg/L)；甲苯：28.1 (mg/L)； 總酚：0.272 (mg/L)

### 2.3.1 高雄市大順加油站整治場址背景資料說明

本場址大順加油站，位於高雄市左營區新庄段，該站於民國 79 年 6 月設置營運，站內設有 50 公秉地下儲槽四座及一座 30 公秉地下儲槽，分別儲存 92 無鉛汽油、95 無鉛汽油 (30 及 50 公秉各 1 座)、98 無鉛汽油及柴油，並分送四座加油泵島作業，目前為歇業中。環保署於 2008 年 3 月 21 日公告高雄市大順加油站為土壤及地下水污染整治場址，依據高雄市政府環保局調查數據，該場址土壤污染物總石油碳氫化合物最高濃度為 15,499 mg/kg (管制標準為 1,000 mg/kg)；地下水中總酚、苯及甲苯，最高濃度分別為 0.272 mg/L、11.2



mg/L、28.1 mg/L，超過地下水污染管制標準(第二類管制標準分別為 0.140 mg/L、0.050 mg/L、10 mg/L)，符合公告為整治場址要件，成為全國第 18 處污染整治場址，亦為環保署所公告全國第 8 處遭油品類污染的整治場址。



### (三) 文獻探討

本研究計畫之提出乃建立在過去之研究基礎上，2009 年起計畫主持人經由科技部經費補助研究利用 AC 吸附溶解相 TCE 並利用過硫酸鈉(Sodium persulfate (SPS),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ )化學氧化進行再生[20]，以及利用鐵活化 SPS 進行再生 TCE 飽和吸附之 AC[15]，進一步評估油品污染地下水體(溶解相苯物質)以 AC 吸附及 SPS 氧化再生[16]，此些實驗室規模之批次實驗研究成果皆證實，SPS 氧化經由熱活化或 AC 活化程序(如圖二內之反應式產生硫酸根自由基( $\text{SO}_4^{\cdot-}$ ,  $E^\circ = 2.6 \text{ V}$ ))具有再生 AC 之潛力，相關成果亦皆已分別發表於國際期刊。

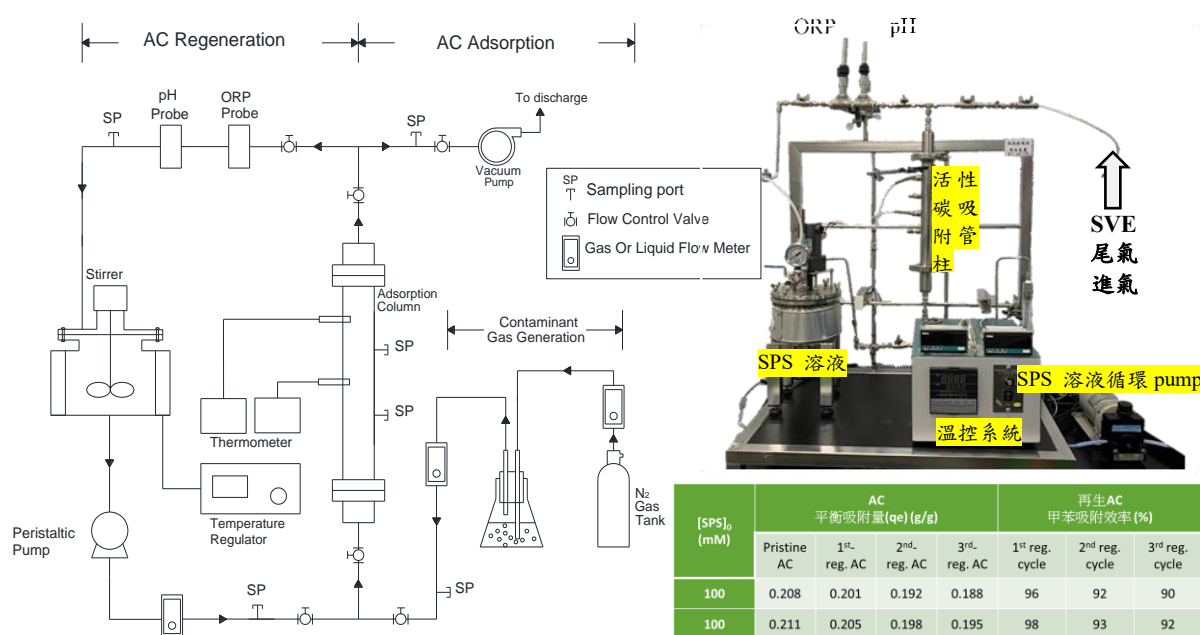
近期更進一步以批次實驗成果為基礎，已完成實驗室規模之「活性炭吸附」及「熱活化過硫酸鹽再生活性碳」系統結合之實驗裝置(如圖三之裝置)，此系統模擬用於吸附 SVE 尾氣甲苯氣體，達飽和貫穿後，接續以 SPS 熱活化濕式氧化進行再生，經過 4 次吸附及再生之評估，證實 AC 於吸附床之吸附質傳區域高度(Length of the mass transfer zone (HMTZ))並不會因再生程序而有顯著變化之現象，再生後之吸附效率相較於初始吸附能力亦顯示皆可維持 90 % 以上(見圖三內之數據)，此裝置之評估成果 2019 年已發表於 Chemical Engineering Journal，其設計圖與實驗裝置詳如圖三所示[19]。此裝置採用不鏽鋼作為主要之材料，有機物接觸之管材採用鐵弗龍材質。「活性炭吸附」主要之原件包含氣體(污染物)進氣端、吸附管柱、氣體流量計、取樣口、抽氣幫浦等，當吸附達貫穿飽和時，關起吸附系統之閥門，而後進行熱活化過硫酸鹽之系統；「熱活化過硫酸鹽再生活性碳」系統則包含熱活化過硫酸鹽溶液槽體、加熱控溫系統及 ORP 探棒、抽水循環幫浦、液體流量計、閥門等。已完成之實驗室規模測試係使用甲苯作為目標污染物，當甲苯氣體流入吸附管柱使 AC 達到飽和狀態並從吸附管柱貫穿時，裝置將停止甲苯吸附程序並藉由 100 mM 之過硫酸鹽溶液於 80 °C 下進行淋洗，進而使飽和之 AC 進行溼式氧化再生反應。實驗結果顯示，當使用 100 mM 過硫酸鹽溶液在 80 °C 下淋洗時，AC 再吸附 均可達到 > 90 % 之吸附效率。

此外，經過淋洗而脫附之甲苯於過硫酸鹽溶液循環過程中亦會迅速被氧化降解，溶液中並不會產生含有甲苯之廢水，僅殘留 SPS 降解產物硫酸根及鈉離子，經稀釋後可逕行排放，具有機動之移動性，不會有衍生之廢水與廢氣 AC 處置問題，可直接搭配整治現場廢水及廢氣之處理，證實熱活化過硫酸鹽再生 AC 系統可有效應用於再生吸附飽和之 AC。基於評估過硫酸鹽和操作所需電量之結果，得知此裝置成本低於傳統旋轉窯與微波加熱再生等技術。

熱活化過硫酸鹽再生 AC 系統可對 AC 進行再生，亦可有效氧化破壞有機污染物，可



作為其他類型碳床再生技術之有效替代方案，並且用於處理來自整治場址 SVE 之有機污染物廢氣時可提供良好成本效益，例如無需處理廢棄之 AC、節省人力更換新 AC、機動性高配合整治作為之調整及機具移動等。據此可知目前本研究之技術已達之技術成熟度 TRL5 (Technology readiness level, TRL) 以上之階段，具有進一步著手進行發展完整系統，以應用於污染場址對於廢水及廢氣之處理商業規模化應用潛力，當前研究設計可於實場搭配既有之 SVE 或 P&T 機組進行測試，期許所欲開發之實場應用規模設備可以大幅降低整治費用，使 SVE 或 P&T 之操作上更能有效的處理尾氣、廢液問題，避免環境可能之二次污染發生。



圖三、熱活化過硫酸鹽再生 SVE 尾氣吸附飽和及活性碳裝置之設計圖及裝置照片



#### (四)研究方法與過程(含工作進度甘特圖)

本研究計畫為開發有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備，研究方法分期兩年簡要說明如下：

本研究計畫兩年之實驗包含七項目標，實驗架構如圖四所示之流程所示，其第一年研究目標另詳述執行方式如後續說明。

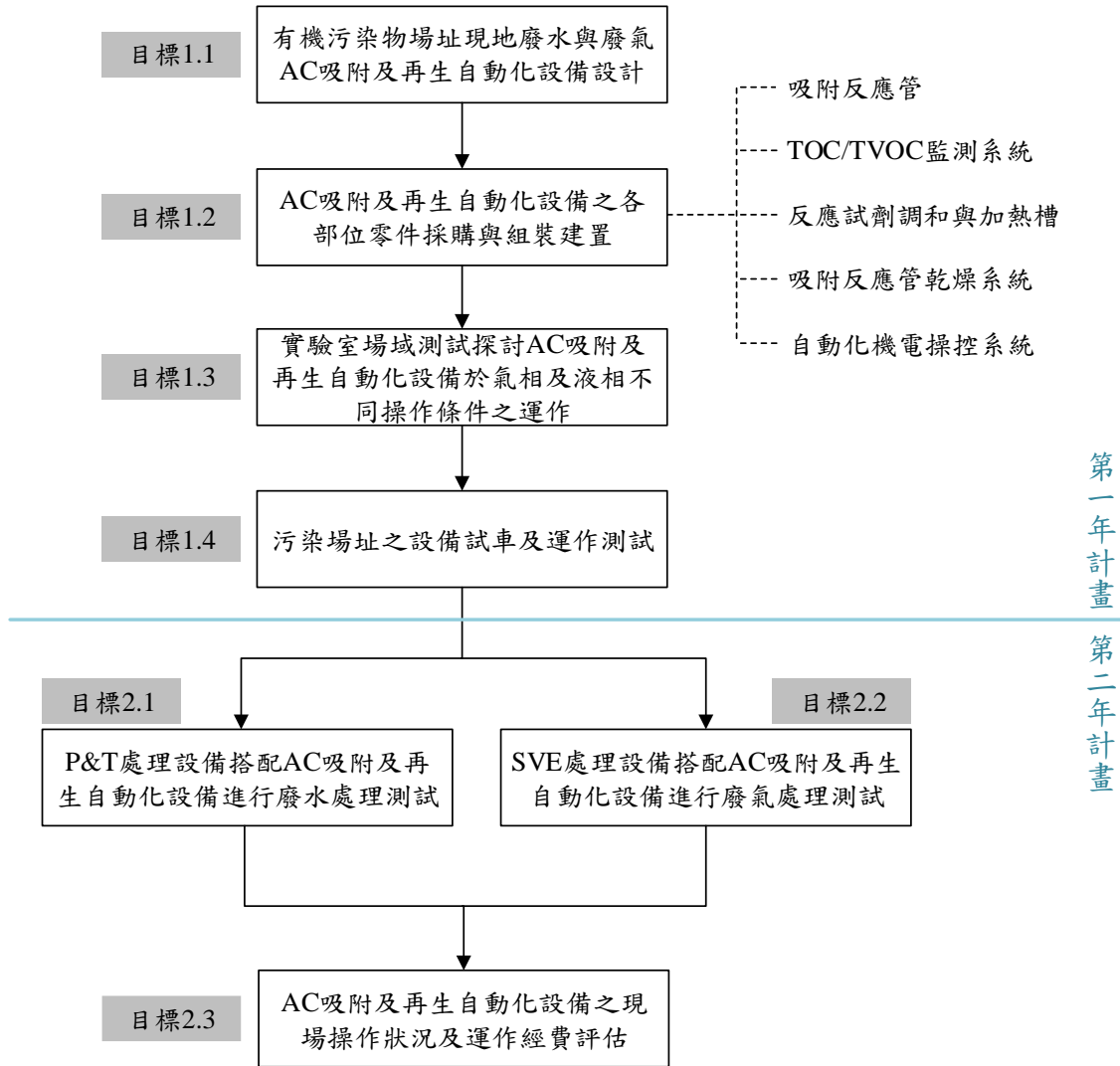


圖 四、研究目標之實驗流程規劃



#### 4.1 有機物污染場址現地廢水與廢氣AC吸附及再生自動化設備之設計

圖五為初步模場型之AC吸附及再生自動化設備設計圖主要可分為(1) 吸附反應管、(2) 水中總有機碳(Total organic carbon, TOC)/空氣中總揮發性有機物(Total volatile organic compounds, TVOC)監測系統、(3) 加熱槽、(4) 吸附反應管乾燥系統及(5) 自動化機電操控系統五個部件。於本研究計畫中，吸附反應管共設計兩支(初步設計之吸附反應管有效容積約20 L)，主要是為了於整治場址操作時，可分別進行吸附與再生兩程序，其一反應管用於吸附，另一為備用，當達吸附貫穿時，經由自動化機電操控系統可自動轉換成第二管進行吸附，第一管則進行再生、清洗及乾燥程序，持續性之操作不會因為再生而需要停止運行，以提升裝置運作效率。TOC/TVOC監測系統則是用於偵測有機污染物之濃度，當有機污染物於吸附管柱貫穿時，自動化機電操控系統將控制裝置由吸附模式切換至再生模式。此時過硫酸鈉與試劑水進行混合，並利用加藥泵浦輸送至加藥桶。接著，於吸附反應管執行再生程序時提供加熱溶液沖洗AC，抑或是再生完成後以清水沖洗AC。吸附反應管乾燥系統則是為使AC吸附及再生自動化設備於處理SVE尾氣時，保持AC為乾燥之狀態以利氣相污染物吸附，因此以風車提供乾燥空氣予再生及清洗後之AC進行冷風乾燥使用。自動化機電操控系統則是用以控制上述四個部件之運作、轉換與監控各種參數之控制中心，其中系統包含手動控制及自動控制。以此初步設計圖與廠商進行製作，並與廠商針對初步設計圖進行討論與適度之修改。

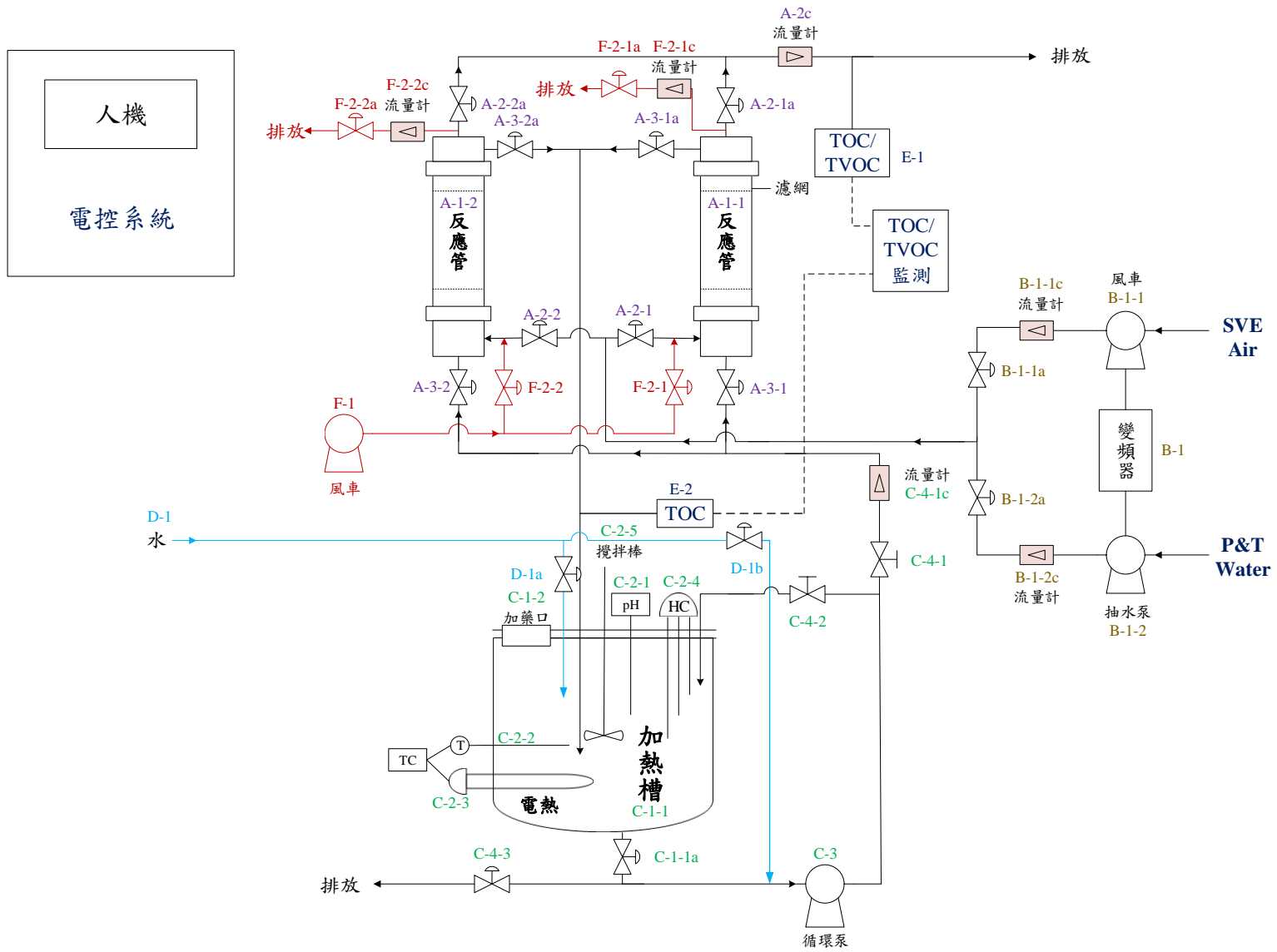


圖 五、模場型之活性炭吸附及再生自動化設備初步設計圖



表 2、活性炭吸附及再生自動化設備各零件初步命名清單

A：反應管系統相關	B：吸附系統前端設備相關	C：加熱槽系統相關
A-1-1 : 反應管(右)	B-1 : 變頻器	C-1-1 : 加熱槽
A-1-2 : 反應管(左)	B-1-1 : 風車	C-1-1a : 加熱槽開口閥
A-2c : 反應管流量計	B-1-1c : 流量計(風車用)	C-1-2 : 加藥口
A-2-1 : 吸附系統進流閥(右)	B-1-1a : 進流閥(風車用)	C-2-1 : pH 計
A-2-1a : 吸附系統出流閥(右)	B-1-2 : 抽水泵浦	C-2-2 : 加熱棒之溫度計
A-2-2 : 吸附系統進流閥(左)	B-1-2c : 流量計(泵浦用)	C-2-3 : 加熱棒
A-2-2a : 吸附系統出流閥(左)	B-1-2a : 進流閥(泵浦用)	C-2-4 : 液位控制器
A-3-1 : 再生系統進流閥(右)		C-2-5 : 攪拌棒
A-3-1a : 再生系統出流閥(右)		C-3 : 循環泵
A-3-2 : 再生系統進流閥(左)		C-4-1 : 加熱槽進流閥
A-3-2a : 再生系統出流閥(左)		C-4-1c : 流量計
		C-4-2 : 加熱槽回流閥
		C-4-3 : 加熱槽出流閥
D：加水系統相關	E：監測系統相關	F：SVE 處理後之再生系統相關
D-1 : 水(配藥用、清洗用)	E-1 : TOC/TVOC 監測系統	F-1 : 風車
D-1a : 進流閥(經加熱槽)	E-2 : TOC 監測系統	F-2-1 : 風車進流閥(右)
D-1b : 進流閥(未經加熱槽)		F-2-1a : 風車出流閥(右)
		F-2-1c : 風車流量計(右)
		F-2-2 : 風車進流閥(左)
		F-2-2a : 風車出流閥(左)
		F-2-2c : 風車流量計(左)



#### 4.2 AC吸附及再生自動化設備之各部位零件採購、組裝及自動化機電操控系統建置

依據4.1節與廠商討論及修改後之模場型之AC吸附及再生自動化設備設計圖，進行各部件之採購，並與合作廠商依序完成 (1) 吸附反應管、(2) TOC/TVOC監測系統、(3) 反應劑調和與加熱槽及(4) 吸附反應管乾燥系統四項部件之加工及組裝。接著，測試上述四項部件之運作狀況及確認是否符合本研究計畫之需求。最後，本研究計畫團隊與廠商討論並建立自動化機電操控系統，其電控系統PLC (Programmable logic controller)，具有微處理器之數位邏輯控制器，配合污染物自動監測，用於自動化控制上述四項部件之整合設備。



4.3研究進度及預期完成之工作項目(甘特圖)

工作項目	年月												備註
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
第1年設備設計、組裝建置及整治場址現地初步試驗													
目標1.1 有機物污染場址現地廢水與廢氣AC 吸附及再生自動化設備之設計。													
目標1.2 AC 吸附及再生自動化設備之各部位零件採購、組裝及自動化機電操控系統建置。													
目標1.3 實驗室場域測試探討 AC 吸附及再生自動化設備於氣相及液相不同操作條件下之運作。						※							
目標1.4 污染場址之設備試車及運作測試。												※	
工作進度估計百分比 ( 累 積 數 )	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %	100 %	
預定查核點	期中	第一年 目標1-1 AC 吸附及再生自動化設備之設計完成； 目標1-2 AC 吸附及再生自動化設備之各部位零件採購、組裝及自動化機電操控系統建置完成；目標1-3 AC 吸附及再生自動化設備妥善安置於欲測試之實驗室戶外場域。											
	期末	第一年 目標1-3 完成實驗室場域測試探討 AC 吸附及再生自動化設備於氣相及液相不同操作條件下之運作；目標1-4 執行一污染場址之設備試車及運作。											



## (五)結果與討論

### 5.1 有機物污染場址現地廢水與廢氣 AC 吸附及再生自動化設備之設計

本研究計畫乃基於 2019 年計畫主持人發表於 Chemical Engineering Journal 之論文「A column study of persulfate chemical oxidative regeneration of toluene gas saturated carbon」研究成果，進一步將其開發成實場可應用之設備，用以解決環境污染問題。此技術利用活性炭吸附有機污染物，然而當 AC 吸附達飽和時，經由熱活化過硫酸鈉化學氧化進行再生。當前階段已完成之「活性炭吸附」及「熱活化過硫酸鹽再生」系統結合之實驗裝置設計，並利用「連續監測設備」監測出流水或出流氣體之污染物濃度，圖六為計畫主持人依據本研究所改設計之吸附及再生裝置構想及操作流程實驗裝置設計如圖七與設備製作廠商商討之會議照片，其零件功能對照如表 3 所示。



圖 六、計畫主持人與設備製作廠商商討之會議照片

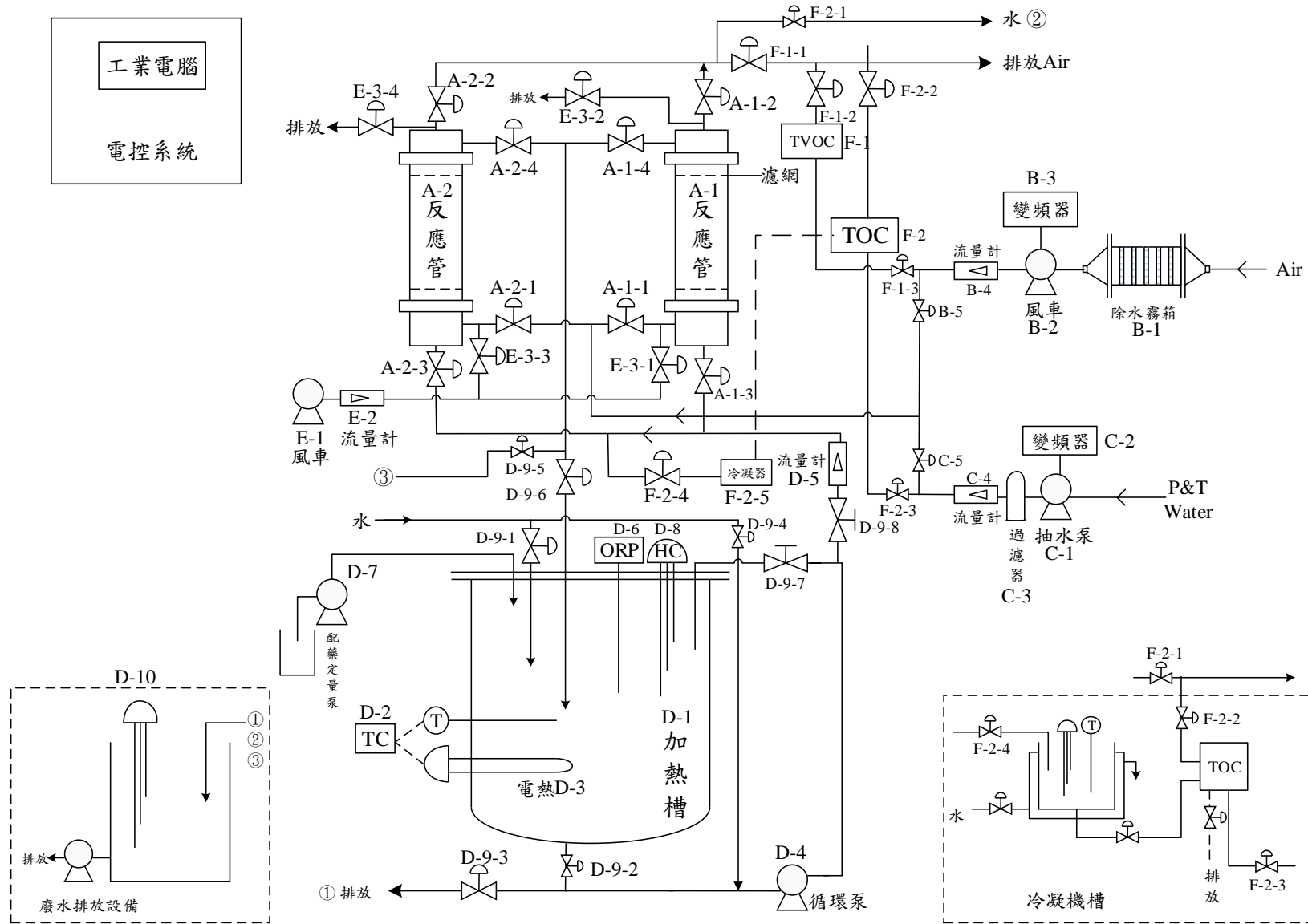


圖 七、模場型之活性炭吸附及再生自動化設備裝置細部設計及流程圖



表 3、活性炭吸附及再生自動化設備各零件命名清單

A：反應管系統相關	B：SVE 設備相關	C：P&T 設備相關
A-1：反應管(右)	B-1：除水霧箱	C-1：抽水泵
A-1-1：吸附系統進流閥(右)	B-2：風車	C-2：變頻器
A-1-2：吸附系統出流閥(右)	B-3：變頻器	C-3：過濾器
A-1-3：再生系統進流閥(右)	B-4：流量計(風車用)	C-4：流量計(泵浦用)
A-1-4：再生系統出流閥(右)	B-5：SVE 系統進流閥	C-5：P&T 系統進流閥
A-2：反應管(左)		
A-2-1：吸附系統進流閥(左)		
A-2-2：吸附系統出流閥(左)		
A-2-3：再生系統進流閥(左)		
A-2-4：再生系統出流閥(左)		
D：加熱槽系統相關	E：處理後之再生系統相關	F：監測系統相關
D-1：加熱槽	E-1：風車	F-1：TOC/TVOC 監測系統
D-2：溫度控制器	E-2：流量計	F-1-1：系統出流閥(氣體)
D-3：電熱棒	E-3-1：風車進流閥(右)	F-1-2：TVOC 開關閥
D-4：循環泵	E-3-2：風車進流閥(左)	F-1-3：SVE 設備進流開關閥
D-5：流量計	E-3-3：風車出流閥(右)	F-2：TOC 監測系統
D-6：ORP 計	E-3-4：風車出流閥(左)	F-2-1：系統出流閥(液體)
D-7：配藥定量泵		F-2-2：TOC 出流閥
D-8：液位控制器		F-2-3：P&T 設備進流開關閥
D-9-1		
~：開關閥		F-2-4：冷凝機槽開關閥
D-9-6		
D-9-7		
~：手動球閥		F-2-5：冷凝器
D-9-8		
D-10：廢水排放設備		



其與原先初步設計圖(圖五)不同之處包含以下幾點：

- (1) 於 SVE 裝置當中，前端裝設除水霧箱(圖七 B-1)，使廢氣中水氣成分減少。
- (2) 於 P&T 裝置當中，前端裝設過濾器(圖七 C-3)，使廢水中雜質成分減少。
- (3) 於加熱槽中，將 pH 計更改為 ORP 計(圖七 D-6)，以利測定氧化還原電位，判斷氧化劑之反應環境狀況。
- (4) 於反應管吸附處理後端之排放管，分為處理後廢水(圖七 F-2-1)及廢氣(圖七 F-1-1)之排放管，同時並添加開關閥，以調整管線流動方向。
- (5) 於反應管脫附處理後端之排放管(圖七 E-3-2 及 E-3-4)，將會匯集廢氣後一起排出。
- (6) 原加熱槽之加藥口設計與新設計圖不同，其更改為新添泵浦(圖七 D-7)，其目的為將已配置完成之溶液以泵浦抽取至桶槽內，節省人力添加。
- (7) 於新設計圖當中添加測定 TOC(圖七 F-2 等相關編號)，裝置設計當中因需降溫，因此添加冷凝槽設計。

以上更改之 AC 吸附及再生自動化設備後續將於實驗室場域進行氣相及液相處理測試，為確保本研究所開發設計之 AC 吸附及再生自動化設備能妥善應用於污染場址現場，後續將設備移至一公告之地下水污染整治場址進行應用評估，利用場址既有之 P&T 處理設備搭配 AC 吸附及再生自動化設備進行至少一次之廢水處理系統測試，並確認操作之程序細節與建立 SOP，以利後續進一步執行第二年之場址試驗。

## 5.2 AC 吸附及再生自動化設備之各部位零件採購、組裝及自動化機電操控系統建置

本研究之系統設計用以吸附土壤氣體抽除法(SVE)之尾氣或抽取處理法(P&T)之廢水處理，當活性炭吸附達飽和貫穿後，接續以 SPS 熱活化氧化程序進行活性炭再生，以大幅降低更換活性炭所需之費用。本裝置採用不鏽鋼作為主要之材料，有機物接觸之管材採用鐵氟龍材質。「活性炭吸附」系統主要之原件包含吸附系統進流閥、吸附系統出流閥、吸附管柱、氣體流量計、液體流量計、抽水泵浦、風車及監測系統等，當吸附達飽和貫穿時，關起吸附系統之閥門，而後進行熱活化過硫酸鹽之系統；「熱活化過硫酸鹽再生活性碳」系統則包含熱活化過硫酸鹽溶液槽體(亦即加熱槽)、加熱控溫系統、ORP 計、液位控制計、抽水循環幫浦、液體流量計、再生系統進流閥、再生系統出流閥及風車等；「連續監測設備」於機器運作期間監測活性炭吸附系統出流水之總有機碳(TOC)，或出流氣體之總揮發性有



機物(VOCs)；再生活性碳系統監測出流水之總有機碳(TOC)，其相關運作流程及運作模擬情境如圖八所示。

此自動活性碳吸附及再生系統之標準操作流程(SOP)如圖八所示，其分為四階段。

階段(一)：首先先決定欲處理之污染為廢氣或廢水，以設定電控系統；

階段(二)：設定吸附處理之貫穿濃度(TOC 或 TVOC)，吸附貫穿濃度之設定，其中廢水吸附處理之貫穿濃度設定，將依據所允許之特定有機物排放標準於廢水中其所對應之 TOC 數值；廢氣吸附處理之貫穿濃度，則將依據所允許之特定有機物排放標準所對應之 ppmV，或將依據整治計畫書核定之 SVE 尾氣之排放濃度(一般規定 200 ppmV)。吸附達貫穿時，自動切換至另一支吸附管進行處理，並且達飽和之活性碳管則自動進行再生；

階段(三)：啟動熱活化過硫酸鹽反應再生系統，直至過硫酸鹽完全降解及水中 TOC 已達完全降解；

階段(四)：再生結束後，進行清水清洗並進行吹乾。

此系統為全自動吸附及再生運作，因此於上述四階段，僅需於階段一選擇欲處理之進流污染物為廢水或是廢氣，並且於階段二設定貫穿濃度，以進行吸附與再生之切換，接續之階段三及階段四則自行運作，此系統則可全自動運作。

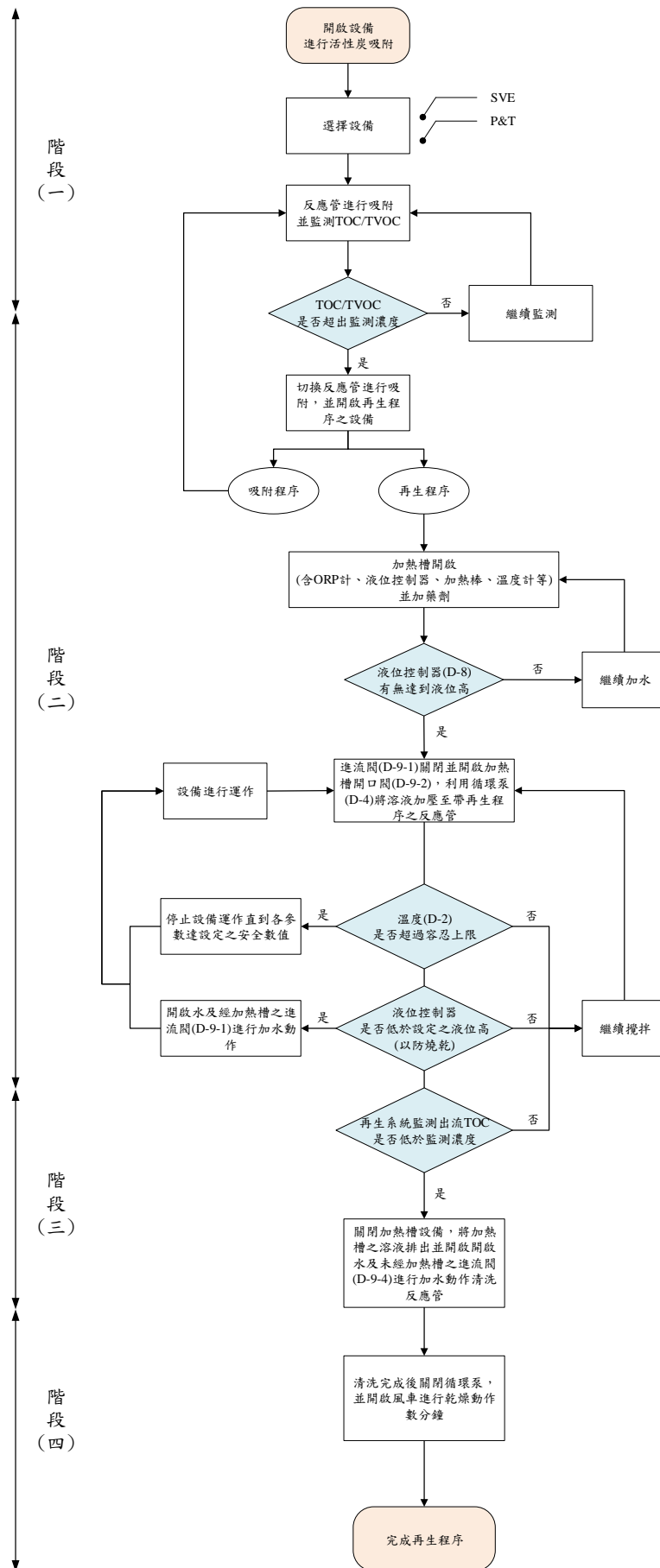


圖 八、模場型之活性炭吸附及再生自動化設備裝置邏輯及運作流程 SOP 步驟



於圖八中之階段(一)，欲處理目標污染物為氣相污染物，以 SVE 設備進行處理、A-1 反應管進行吸附程序，此時 A-2 無運作，其吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態如下表 4。

表 4、階段(一)之吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態

代碼	吸附程序階段		再生程序階段		備註
	開啟閥	關閉閥	開啟閥	關閉閥	
A	A-1-1	A-2-1			此階段無再生程序
	A-1-2	A-2-2			
		A-1-3			
		A-1-4			
		A-2-3			
B		A-2-4			此階段無再生程序
	B-1				
	B-2				
	B-3				
	B-4				
C		B-5			此階段無再生程序
		C-1			
		C-2			
		C-3			
		C-4			
D		C-5			此階段無再生程序。
		D-2			
		D-3			
		D-4			
		D-5			
		D-6			
		D-7			
		D-8			
		D-9-1~			
		D-9-6			
	D-10				
E		E-1			此階段無再生程序。
		E-2			
		E-3-1			
		E-3-2			
		E-3-3			
F		E-3-4			當監測之 TOC/TVOC 數值高於設定值時，將會進行再生程序
	F-1	F-2			
	F-1-1	F-2-1			
	F-1-2	F-2-2			
	F-1-3	F-2-3			



於圖八中之階段(二)，欲處理目標污染物為氣相污染物，此時已經以 SVE 設備進行處理抽取、A-1 反應管進行吸附程序，當 A-1 反應管已達吸附飽和(監測之 TOC/TVOC 數值高於設定值)，因此改以 A-2 反應管進行吸附程序、A-1 反應管進行再生程序，其吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態如下表 5。

表 5、階段(二)之吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態

代碼	吸附程序階段		再生程序階段		備註
	開啟閥	關閉閥	開啟閥	關閉閥	
A	A-2-1 A-2-2	A-2-3 A-2-4	A-1-3 A-1-4	A-1-1 A-1-2	A-1 反應管進行再生程序，A-2 反應管進行吸附程序
B	B-1 B-2 B-3 B-4 B-5				此時仍以 SVE 設備進行處理抽取
C		C-1 C-2 C-3 C-4 C-5			此時仍以 SVE 設備進行處理抽取，並無開啟 P&T 設備
D			D-2 D-3 D-4 D-5 D-6 D-7 D-8 D-9-1 D-9-2 D-9-6 D-9-7 D-10	D-9-3 D-9-4 D-9-5 D-9-8	步驟： 1. 開啟配藥定量泵(D-7)進行加藥動作，並開 ORP 計(D-6)、液位控制器(D-8)、水及經加熱槽之進流閥(D-9-1) 2. 液位控制器(D-8)於到達設定液位後，開啟加溫溫度控制器(D-2)及電熱棒(D-3)、加熱槽開口閥(D-9-2)、循環泵(D-4)及手動球閥(D-9-8)，並開始進行再生程序
E				E-1 E-2 E-3-1 E-3-2 E-3-3 E-3-4	尚未進行再生程序之最終階段
F	F-1 F-1-1 F-1-2 F-1-3	F-2-3	F-2 F-2-1 F-2-2 F-2-4		F-2 監測之 TOC 濃度小於設定值時，將會開啟水及經加熱槽之進流閥(D-9-2)清洗再生裝置



於圖八中之階段(三)，A-1 反應管完成再生程序(TOC 小於設定值)，需將反應管內以水清洗，此時 A-2 仍進行吸附程序，其吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態如下表 6。

表 6、階段(三)之吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態

代碼	吸附程序階段		再生程序階段		備註
	開啟閥	關閉閥	開啟閥	關閉閥	
A	A-2-1 A-2-2	A-2-3 A-2-4	A-1-3 A-1-4	A-1-1 A-1-2	A-2 以活性炭持續吸附
B	B-1 B-2 B-3 B-4 B-5				此時仍以 SVE 設備進行處理抽取
C		C-1 C-2 C-3 C-4 C-5			此時仍以 SVE 設備進行處理抽取，並無開啟 P&T 設備
D			D-4 D-5 D-6 D-8 D-9-1 D-9-2 D-9-3 D-9-4 D-9-6 D-9-7 D-10	D-2 D-3 D-7 D-9-5 D-9-8	<p>步驟：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加熱槽開關閥(D-9-2、D-9-3、D-9-4)開啟，並關閉溫度計(D-2)、加熱棒(D-3)、ORP 計(D-6)、配藥定量泵(D-7)，此時加熱槽開始排水，而循環泵(D-4)加壓水由 D-9-4 之開關閥進入 A-1 反應管進行清洗。</li> </ol> <p>注意事項</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 除開關閥外之零件設備最後皆會關閉</li> <li>2. D-9-1 ~ D-9-8 之開關閥由水流動方向決定開關</li> </ol>
E			E-1 E-2 E-3-1 E-3-2 E-3-3 E-3-4		於清洗再生程序完成後開啟
F	F-1 F-1-1 F-1-2 F-1-3	F-2-3	F-2 F-2-1 F-2-2 F-2-4		F-2 監測之 TOC 濃度小於設定值時，將會開啟水及經加熱槽之進流閥(D-9-2)清洗再生裝置



於圖八中之階段(四)，A-1 反應管完成再生程序，且已以水清洗完成，此時需將反應管內吹乾，A-2 仍進行吸附程序，其吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態如下表 7。

表 7、階段(四)之吸附程序及再生程序階段所需之開關閥狀態

代碼	吸附程序階段		再生程序階段		備註
	開啟閥	關閉閥	開啟閥	關閉閥	
A	A-2-1 A-2-2	A-2-3 A-2-4	A-1-3 A-1-4	A-1-1 A-1-2	A-1 反應管進行再生程序，A-2 反應管進行吸附程序
B	B-1 B-2 B-3 B-4 B-5				此時仍以 SVE 設備進行處理抽取
C		C-1 C-2 C-3 C-4 C-5			此時仍以 SVE 設備進行處理抽取，並無開啟 P&T 設備
D				D-2 D-3 D-4 D-5 D-6 D-7 D-8 D-9-1 D-9-2 D-9-3 D-9-4 D-9-5 D-9-6 D-9-7 D-9-8 D-10	此時已完成再生程序
E			E-1 E-2 E-3-1 E-3-3	E-3-2 E-3-4	於清洗再生程序完成後開啟
F	F-1 F-1-1 F-1-2 F-1-3	F-2-3		F-2 F-2-1 F-2-2 F-2-4	A-1 反應管對應之管線進行監測(吸附程序)，A-2 反應管對應之管線則關閉(再生程序)



### 5.3 AC 吸附及再生自動化設備零件組裝

當前階段已完成設計，於今年 3-6 月進行設備裝置採購、訂製及組裝，其於工廠組裝討論過程之參與訪視照片如圖九所示，本裝置採用不鏽鋼作為主要之材料，有機物接觸之管材為使用鐵氟龍之材質，以避免有機物吸附於管材，裝置外含有一防水布，未使用時可將防水布蓋上，以避免蟲子進入設備。4 月時進行設備安裝部分零件其設備外觀如圖十所示，實體零件照片、名稱及對應設備代號列舉如表 8 所示(其對應代號為圖七之設計圖)。

表 8 中之設備零件主要有以下幾件：(1) 電動閥為以人機電腦操控與管線間連接之開關閥；(2) 冷凝器為測定 TOC 前之冷凝水樣之零件，其目的為使待測水樣可降溫至 TOC 監測儀器可測定溫度範圍；(3) 環形鼓風機之使用目的為將廢氣抽出或吹乾活性碳管(設備當中共有兩台鼓風機，零件代號為圖七 B-2 及 E-1)；(4) 電磁驅動多功能定量幫浦為活性碳管進行再生系統添加藥劑時所需之幫浦，其使用目的為定量添加藥劑用；(5) 流量計為監測當前進流之流量，其水樣使用之流量計(零件代號為圖七 C-4 及 D-5)流量範圍為 5 - 50 L/min，氣體使用之流量計(零件代號為圖七 B-4 及 E-2)流量範圍為 30 - 300 NL/min(B-4 用)及 50 - 500 NL/min(E-2 用)；(6) 17 吋工業電腦為控制設備運作之人機電腦；(7) 進水幫浦及循環幫浦其皆為使廢水或藥劑水於管線內流動之動力來源；(8) 活性碳管為填裝活性碳之容器及吸脫附反應之地點，內含有活性碳管濾板於底部，其目的為防止大顆粒活性碳掉入管線當中；(9) 加熱槽為提供藥劑混和及加熱之處；(10) 廢水過濾器為以 P&T 抽出廢水進入活性碳管前之過濾零件，內含有濾心，以濾心顏色判斷是否需更換濾心(濾心顏色白至透明即為水樣乾淨)。



圖 九、於工廠訪視設備建置情形



圖 十、活性碳吸附與再生電控裝置外觀



表 8、對應設備代號之照片、名稱




編號	照片	名稱	編號
1		電動閥	A-1-1 A-1-2 A-1-3 A-1-4 A-2-1 A-2-2 A-2-3 A-2-4
2		冷凝器	F-2-5
3		環形鼓風機	B-2 E-1



表 8、對應設備代號之照片、名稱(續)


編號	照片	名稱	編號
4		<p>電磁驅動多功能定量幫浦</p>	<p>D-7</p>



表 8、對應設備代號之照片、名稱(續)

編號	照片	名稱	編號
5		氣體流量計 (30~300 NL/min)  水流量計 (5~50 L/min)	氣體：B-4、E-2 液體：D-5、C-4
6		17吋工業電腦	-
7		五金材料	-
8		五金材料	-



表 8、對應設備代號之照片、名稱(續)

編號	照片	名稱	編號
9		進水幫浦	C-1
10		循環幫浦	D-4



表 8、對應設備代號之照片、名稱(續)

編號	照片	名稱	編號
11		<p>活性炭管</p>	<p>A-1 A-2</p>
12		<p>加熱槽</p>	<p>D-1</p>
13		<p>控制電箱</p>	<p>-</p>



表 8、對應設備代號之照片、名稱(續)

編號	照片	名稱	編號
14		總電系統	-
15		裝置外身	-
16		廢水過濾器	-



表 8、對應設備代號之照片、名稱(續)




編號	照片	名稱	編號
17		濾心(於廢水過濾器內)	-
18		活性炭管濾板	-
19		活性炭管濾板	-



表 8、對應設備代號之照片、名稱(續)

編號	照片	名稱	編號
20		活性炭吸附及再生裝置外觀	-

於 AC 吸附及再生自動化設備零件組裝之遭遇困境及解決方法如表 9 所示：

表 9、AC 吸附及再生自動化設備零件組裝之遭遇困境及解決方法

遭遇困境	解決方法
TOC 設備進行水樣樣品分析前需將待測樣品降溫才可分析，然 TOC 設備無降溫設備，因此需尋找解決方案。	於 TOC 設備前端添增冷凝器(如圖七之 F-2-5)，使待測水樣可進行降溫。
於吸附及再生裝置當中之五金材料為不鏽鋼材質，其目的為以防污染物吸附，然五金材料的選擇受材質限制，較不易取得所需尺寸規格。	將購買到之材料重新焊接及電鍍，再使以拋光，雖然較為耗時，但能夠得到所需之連接材料。



#### 5.4 AC 吸附及再生自動化設備測試情形

根據 3-6 月組裝過程之密集討論與前往工廠訪視參及組裝共 5 次當中，已將 AC 吸附及再生自動化設備建置完成，並於工廠實驗場域進行氣體及液體運作測試、對各電動閥門之控制進行操作測試、人機系統設定及電路配置確認測試以及網路 SIM 卡安裝及連線測試，完成後並送至實驗室確認最終實際相關操作，圖十一為裝置運至實驗室之過程，圖十二為即建置完成之設備，其尺寸為長 180 cm\*寬 120 cm\*高 190 cm，內部主要架構有吸附污染物之活性炭管(尺寸為直徑 16 cm 高 95 cm，體積約為 20 L，外觀如圖十三所示)，以及加藥進行再生階段之藥桶(加熱槽)(尺寸為直徑 40 cm 高 46 cm，體積約為 55 L，外觀如圖十四所示)，活性炭管與加藥桶對應位置如圖十五所示。

AC 吸附及再生自動化設備於實驗室內測試方法建立於先前運作流程(相關運作流程如圖八所示)，測試方法及步驟如表 10 所示，並將分為「未填裝活性炭」及「有填裝活性炭」，此目的為探討有無填裝活性炭的條件下之活性炭吸附管實際體積以及活性炭體積，並了解無填裝活性炭條件下所需使用水量。測試項目內容依據各階段所使用之設備，例如：確認設備電源、確認操作模式(處理廢水或廢氣)切換功能是否正常、流量計是否精確、確認各設備(除水霧箱、風車、幫浦、監測設備等)是否運作正常、人機系統連接包含遠端操作有無異常等。

根據表 10 測試項目進行測試結果如表 11 所示，測試過程如圖十六及圖十七所示，其中於設備系統上切換廢水(P&T)或廢氣(SVE)模式時，選擇切換之條件會顯示綠色外框，未選擇者則為黃框，最後再點選「選擇啟動」則才會正式啟動條件，圖十八為未點選條件時之狀態；當抽取廢氣或廢液且經過流量計時，流量計會顯示當前流量結果，其進流廢水流量範圍為 5 - 50 L/min，進流廢氣流量範圍：30 - 300 NL/min，當流量超出流量計範圍時，抽水之幫浦及抽廢氣之風車皆可持續運作；廢水或廢氣進入管線時，需藉由電動閥(進出流閥)將管線開啟，當電動閥開啟時，會以綠燈顯示開啟成功，如圖十九所示；ORP 計、溫度計開啟後於設備系統上可看見監測數值，以利隨時觀察當前量測結果，圖二十上紅色數字 29 及 135 為溫度(°C)及 ORP 數值(mV)，其 ORP 數值亦於量測設備上顯示；確認加藥階段之電動閥皆開啟後，確認循環用幫浦(D-4)是否運作，即為是否有抽水動作，其結果為有正常抽水，並以液位控制器監測水位到達設定值即停止加水動作；加水及加熱達設定值後即開始再生程序，此階段過程當中加熱器亦持續加熱，直達到設定之終點溫度，當監測 TOC 濃度數值達設定值(例如 TOC < 1 mg/L)時，及關閉加熱設備及停止再生，並開始排放加熱槽中再生水(藥劑水)；此時確認清洗相關設備是否開啟、電動閥是否運作正常，確認完畢後即開始加水(清洗用)，並以液位控制器監測水位到達設定值即停止加水動作，此時再確認循環幫浦是否將水加至桶槽及管線以利清洗；清洗完成後停止清洗動作並排放廢水，並確認乾燥用鼓風機(風車)是否可正常使用，以及接在鼓風機出口之流量計是否可正常運作；完成乾燥後再進行電動閥開關確認以及鼓風機是否關閉；最後確認停止運作後另一管柱於



TVOC 或 TOC 濃度貫穿時是否會進行切換，其中廢氣吸附處理之貫穿濃度，則將依據所允許之特定有機物排放標準所對應之 ppmV，或將依據整治計畫書核定之 SVE 尾氣之排放濃度(一般規定 200 ppmV)；廢水吸附處理之貫穿濃度設定，將依據所允許之特定有機物排放標準於廢水中其所對應之 TOC 數值，其監測方法除現場查看數據結果外，亦可利用人機系統中之遠端連線查看當前濃度結果，其設備操作介面以及人機系統遠端連線畫面如圖二十一所示，完成上述測試即完成設備操作程序查核。



圖 十一、裝置運至實驗室之過程



圖 十二、AC 吸附及再生自動化設備



圖 十三、活性炭管外觀



圖 十四、加藥桶外觀



圖 十五、活性炭管及加藥桶相對對應位置



圖 十六、TVOC 監測設備運作查核



圖 十七、開關閥設備運作查核

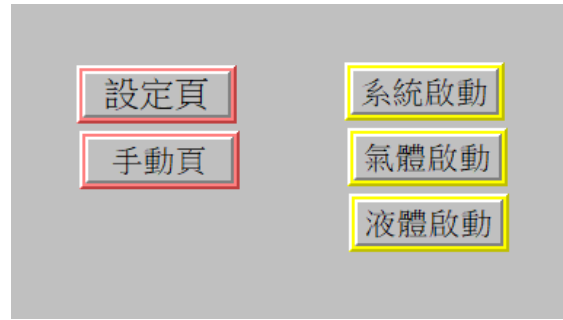


圖 十八、廢氣及廢水切換條件之介面



圖 十九、電動閥正常開啟之狀態(亮綠燈)

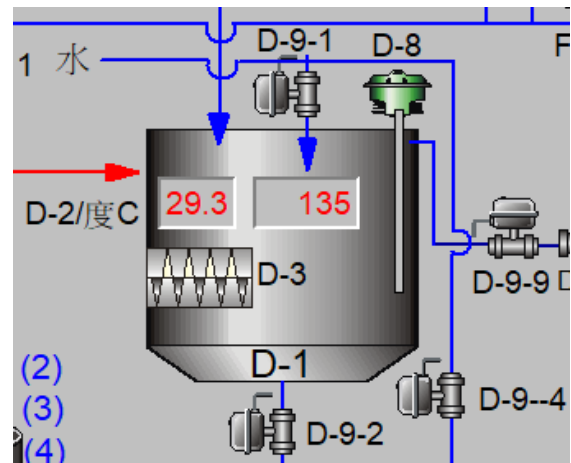


圖 二十、系統上顯示溫度及 ORP 數值



圖 二十一、設備操作介面以及人機系統電腦遠端連線控制畫面



表 10、設備於各程序階段之查核測試項目

階段	程序階段(操作步驟)	測試項目
吸 附 階 段	開啟設備	確認設備電源(220 V)及確認水管是否連接
	選擇操作模式	確認是否可正常切換廢水(P&T)或廢氣(SVE)模式
	設備抽取廢水(廢氣) <sup>(a)</sup>	1. 確認並啟動廢水或廢氣端開關閥是否連接正常 2. 確認廢水或廢氣之進流流量計是否正常，並確認流量 3. 抽出廢水(廢氣)高於或低於流量計範圍時是否可持續運作 <b>廢氣(SVE)：</b> 1. 確認除水霧箱是否可正常運作，並以溼度計測定濕度 2. 確認風車是否可正常抽取廢氣，並於風車前量測進流風量 (測量壓降，可作為判斷除水霧氣堵塞之依據) <b>廢水(P&amp;T)：</b> 1. 確認抽水幫浦是否可正常抽取廢水 2. 確認過濾器是否正常
	監測 TVOC 或 TOC	1. 確認氣體或液體 <b>監測系統之進/出流閥</b> 是否正常開啟，並記錄背景數值 2. 確認有污染物時 TVOC 是否可正常監測 3. 確認 TVOC 達污染物設定值時再生階段程序是否切換正常 4. 確認排放廢水用之幫浦(D-10)是否正常運作 5. 確認 D-10 之液位控制器是否正常 6. 測定 TVOC/TOC 之濃度分析間距 7. 測定 TVOC/TOC 是否切換正常 (例子：測定以廢氣或廢水操作系統時，另一達吸附貫穿之活性碳管於「再生階段」是否會正常測定 TOC)



表 10、設備於各程序階段之查核測試項目(續)

階段	程序階段(操作步驟)	測試項目
	加藥	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確認 ORP 計、液位控制器、加熱棒、溫度計是否正常開啟</li> <li>2. 確認加藥端之加水閥是否正常開啟</li> <li>3. 確認加藥端進出流閥是否正常開啟(含需再生管柱端)</li> <li>4. 確認循環用幫浦(D-4)是否正常運作(是否有抽水)</li> <li>5. 液位控制器於滿水或低水位時是否正常運作</li> <li>6. 確認加熱棒是否有正常運作(確認溫度加熱安全裝置)</li> <li>7. 確認加熱棒超過設定溫度時是否會停止加熱</li> <li>8. 確認循環用幫浦是否運作正常</li> <li>9. 確認加藥混拌時液體循環流量與混拌時間設定</li> <li>10. 確認滿水位時加藥混拌是否會濺出</li> </ol>
再生階段	活性碳管柱進行脫附	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確認再生管柱相關之開關閥有無開啟</li> <li>2. 確認再生管柱於再生階段時另一管柱(吸附管柱)有無正常運作<sup>(a)</sup></li> <li>3. 確認再生階段流量計流量</li> <li>4. 超出流量計範圍時是否可持續運作</li> <li>5. 確認有污染物時 TOC 是否可正常監測</li> <li>6. 確認各階段(廢水進流、活性碳管出流、再生階段)測定 TOC 時是否正常切換程序</li> <li>7. 確認 TOC 達污染物設定值(例如 TOC &lt; 1 mg/L)時是否可進行下階段動作(關閉加熱設備及停止再生)</li> <li>8. 觀察 AC 於吸附操作或脫附時粉塵狀況</li> <li>9. 確認冷凝器是否正常運作</li> <li>10. 確認冷凝槽之液位控制器是否正常</li> <li>11. 確認冷氣槽管線之開關閥是否於各階段正常開啟</li> </ol>
	關閉加熱槽、廢水排放	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確認加熱設備是否關閉</li> <li>2. 確認加水閥是否正常開啟(清洗用)</li> <li>3. 確認進流閥(D-9-4)是否開啟</li> <li>4. 確認排放廢水用之幫浦(D-10)是否正常運作</li> <li>5. 確認 D-10 之液位控制器是否正常</li> <li>6. 確認清洗完成後是否有關閉循環用幫浦(D-4)</li> </ol>



表 10、設備於各程序階段之查核測試項目(續)

階段	程序階段(操作步驟)	測試項目
再生階段	乾燥	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確認風車(鼓風機)是否可正常開啟</li> <li>2. 確認風車流量計是否正常</li> <li>3. 確認風車流量</li> <li>4. 確認超出風車流量計範圍時是否可持續運作</li> <li>5. 確認完成乾燥後是否會停止運作(設定操作時間)</li> <li>6. 確認停止運作後，相關開關閥是否進行關閉</li> <li>7. 確認停止運作後另一管柱於 TVOC 濃度貫穿時是否會進行切換(則為原先再生階段管柱進行吸附階段，另一管柱則進行再生階段)</li> </ol>

備註：

- (a) 於吸附階段時，一管柱中之 TVOC 達濃度貫穿時將從吸附階段切換為再生階段，另一管柱開始吸附階段。
- (b) 以 TVOC 或 TOC 標準品(超過停止吸附之貫穿濃度)進行吸附/再生切換測試。



表 11、設備於各程序階段查核結果

階段	查核項目	確認結果
吸 附 階 段	確認設備電源是否正常	可以正常開啟
	確認是否可正常切換廢水(P&T)或廢氣(SVE)模式	可以正常切換模式
	確認風車是否可正常抽取廢氣	可以正常抽取廢氣
	確認抽水幫浦是否可正常抽取廢水	可以正常抽取廢水
	確認抽出廢水(廢氣)之流量計是否正常，且超出流量計範圍時是否可持續運作	超出流量計範圍時可持續運作  進流廢水流量範圍： 5 - 50 L/min 進流廢氣流量範圍： 30 - 300 NL/min
	確認 TOC/TVOC 之進出流閥是否正常開啟	可以正常開啟(亮綠燈)
	確認 TOC/TVOC 是否有正常監測	可以正常監測
	確認達污染物設定值時再生階段程序是否切換正常	可以正常切換
再 生 階 段	確認 ORP 計、液位控制器、加熱棒、溫度計是否正常開啟	全數零件皆可正常開啟
	確認加藥端之加水閥是否正常開啟	可以正常開啟
	確認加藥端進出流閥是否正常開啟(含需再生管柱端)	可以正常開啟(亮綠燈)
	確認循環用幫浦(D-4)是否正常運作(是否有抽水)	可以正常運作
	液位控制器於滿水或低水位時是否正常運作	可以正常運作(滿水位停止加水)
	確認加熱棒是否有正常運作(確認溫度加熱安全裝置)	可以正常運作(達溫即停止加溫)
	確認再生管柱相關之開關閥有無開啟	可以正常開啟(亮綠燈)
	確認再生管柱於再生階段時另一管柱(吸附管柱)有無正常運作	可以正常運作(有成功切換管柱)
	確認 TOC 達污染物設定值(例如 TOC < 1 mg/L)時是否可進行下階段動作(關閉加熱設備及停止再生)	可以正常運作
	觀察 AC 於吸附操作或脫附時粉塵狀況	目前無觀察到粉塵狀況
	確認加熱設備是否在再生完成後關閉	可以正常關閉
	確認清洗用加水閥是否正常開啟	可以正常開啟
	確認排放廢水用之幫浦(D-10)是否正常運作	可以正常運作
	確認 D-10 之液位控制器是否正常	可以正常運作
	確認清洗完成後是否有關閉循環用幫浦(D-4)	可以正常關閉
	確認風車(鼓風機)是否可正常開啟	可以正常開啟
	確認乾燥用風車流量計是否正常，且超出流量計範圍時是否可持續運作	超出流量計範圍時可持續運作  進流流量範圍： 50 - 500 NL/min
確認完成乾燥後是否會停止運作(設定操作時間)	設定操作時間到後會停止運作	
確認停止運作後，相關開關閥是否進行關閉	停止運作後開關閥有關閉	
確認停止運作後另一管柱於 TVOC 濃度貫穿時是否會進行切換	可以正常運作	



於 AC 吸附及再生自動化設備測試之遭遇困境及解決方法如表 12 所示：

表 12、AC 吸附及再生自動化設備零件組裝之遭遇困境及解決方法

遭遇困境	解決方法
安裝於活性碳反應管之墊片為鐵氟龍材質，其目的以防污染物吸附，然在進行組裝測試時發現會漏水。	經查證漏水原因後發現是因為鐵氟龍墊片較有厚度，因此活性碳反應管與裝置連接處會漏水，將墊片更改為矽膠材質，漏水狀況不再發生。
進行乾燥階段測試時，發現馬達開啟後幾分鐘即會斷電。	經查證後發現是因為電流安培數不足，無法驅動馬達，因此更換更高之電流。
程式撰寫完成後，發現測試電動閥開關，水流無法依照原先流動方向流動。	經查證後發現是因為電線線路接反，重新安裝後則為正常。



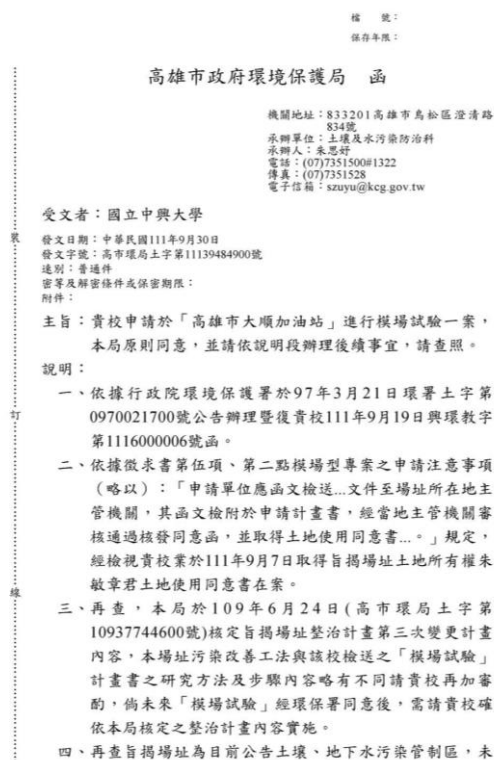
## 5.5 整治場址現地測試情形

本次模場計畫之設備規劃於高雄市大順加油站進行場址試驗，根據 111 年 9 月 30 日高雄市政府環境保護局核定公文，如圖二十二之縮圖所示(此公文亦見附錄一完整公文內容)，原先場址之整治方法與模場試驗專案研究方法略有不同，核定之時，委辦之公司擬將工法變更為 SVE 及 P&T，但因審查過程之多次審查，致於 112 年 6 月 27 日正式變更計畫內容。

大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫大事記如表 13 所示，本場址之整治工法以生物曝氣法及加強好氧生物整治為主，均為藥劑灌注之工法，為加強藥劑傳輸控制與污染擴散疑慮，將以大範圍水力控制與小範圍抽出處理輔助。而場址邊界設有鋼板樁阻隔(含凸出原地面高度 30 - 100 cm，板樁設置深度約 15.0 - 15.7 m 不等)，可減少污染向外擴散疑慮，為加強阻隔強度，因此於場址西側進行水力控制。另外為加強生物曝氣法及加強好氧生物整治成效，本計畫於藥劑灌注井周圍進行抽出處理並循環灌注，其地下水抽出處理法(P&T)主要包括了兩個主要程序，即將污染之地下水抽出至地表，以及處理這些被抽出之污染地下水，本項技術簡單、處理成本較為經濟、技術門檻較低，在以往為最常被用於地下水的處理技術。

此外，除 P&T 方法，本次整治亦以土壤氣體抽除法(SVE)輔助生物曝氣法進行整治，其第一季執行生物曝氣模場，施作期間將藉由每周定期監測 ORP、DO 數據，以觀察灌注影響半徑，進行灌注流量調整，於每週針對 SVE 執行一次光離子化感測(Photo Ionization Detector, PID)進氣及尾氣測量，每季觀測土壤污染物濃度削減，檢視是否符合訂定查核點及啟動應變措施時機。

本場址整治工法更改為結合 SVE 操作之尾氣排放或 P&T 之液體處理，因整治場址污染整治計畫於 112 年 6 月 27 日核定陳列，因此依據計畫目標 1-4，設備規劃於 7 月底至 8 月初將 AC 吸附及再生自動化設備運至場址進行初步測試，於進場前將設備於實驗室再進行細項測試及查核，預計於結案時另行呈現連接 SVE 及 P&T 於現場測試。



圖二十二、高雄市環境保護局核定公文之縮圖



表 13、大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫大事記

時間	執行進度
111 年 07 月 20 日	提送大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)。
111 年 08 月 18 日	召開大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)審查會。
111 年 09 月 01 日	環保局函送提送大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)會議記錄及審查意見。
111 年 09 月 30 日	提送大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-修訂一版。
111 年 11 月 07 日	召開大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-修訂一版審查會。
111 年 11 月 14 日	環保局函文大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-修訂一版審查會議記錄及審查意見。
111 年 12 月 06 日	本公司依據修訂一版審查意見，執行鋼板樁埋深調查作業，申請修訂二版展延至 112 年 12 月 23 日提送修訂二版。
111 年 12 月 13 日	環保局同意本公司展延提送修訂二版。
111 年 12 月 23 日	提送大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-修訂二版。
112 年 02 月 07 日	環保局函文大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-修訂二版審查意見。
112 年 03 月 02 日	提送大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-修訂三版。
112 年 04 月 18 日	環保局函文大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-修訂三版審查意見。
112 年 05 月 17 日	提送大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-修訂四版。
112 年 06 月 14 日	環保局函文大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)歷次審查意見回覆表 1 份，將其納入整治計畫(陳列版)提送。
112 年 06 月 27 日	提送大順加油站土壤及地下水整治場址污染整治計畫(第四次變更)-陳列版。



於整治場址現地測試之遭遇困境及解決方法如表 14 所示：

表 14、整治場址現地測試之遭遇困境及解決方法

遭遇困境	解決方法
於場址進行測試時，需牽涉政府許可(例如環保局之土壤及地下水污染場址改善推動小組審核)，將會長時間進行場址審核審查。	委辦之公司經多次提送整治計畫與審查會議，於 112 年 6 月 27 日正式變更計畫內容(如表 13 所示)，規劃於 7 月底至 8 月初可至場址進行設備測試，皆在規劃之期程內。
AC 吸附及再生裝置剛開始進行吸附階段時排出之廢氣或廢水，亦或者是定時監測未經活性炭反應管之抽出廢氣或廢水，需另行處理後才可排放。	當前因應對策為將排放廢氣管線或廢水管線連接至委辦公司於場址設置之處理設備，經處理後方可排放。

### 5.5 計畫第 2 年廢氣與廢水模場應用試驗目標

當前 AC 吸附及再生裝置已於第 1 年完成所有目標，包含(1) 有機物污染場址現地廢水與廢氣 AC 吸附及再生自動化設備之設計、(2) AC 吸附及再生自動化設備之各部位零件採購、組裝及自動化機電操控系統建置、(3) 實驗室場域測試探討 AC 吸附及再生自動化設備於氣相及液相不同操作條件下之運作及(4) 進行場址現地初步測試。於計畫第 2 年廢氣與廢水模場應用試驗目標為如下：

- (1) 針對場址內既有之 P&T 處理設備搭配 AC 吸附及再生自動化設備進行廢水處理測試。
- (2) 針對場址內既有之 SVE 處理設備搭配 AC 吸附及再生自動化設備進行廢氣處理測試。
- (3) 針對 AC 吸附及再生自動化設備於 SVE 尾氣處理及 P&T 廢液處理之測試結果，進行設備之現場操作狀況及運作經費評估。



## (六) 結論

本研究開發可同時運用於SVE尾氣處理及P&T廢液處理之有機物污染場址現地廢水與廢氣AC吸附及再生自動化設備，並規劃第一年於實驗場域內執行氣相及液相之吸附及再生自動化設備測試。於當前研究成果已完成設備設計與AC吸附及再生自動化設備之各部位零件採購、組裝及確認操作之程序細節並建立SOP及於實驗室進行測試。

依據目標1-1及1-2之設備設計及零件採購當中，活性炭吸附及再生自動化設備裝置設計採用不鏽鋼作為主要之材料，有機物接觸之管材採用鐵氟龍材質，避免管材有有機物吸附之狀況；裝置外含有一防水布，未使用時可將防水布蓋上，以避免蟲子進入設備，其設備組裝零件有電動閥、冷凝器、環形鼓風機、電磁驅動多功能定量幫浦、流量計、17吋工業電腦、進水幫浦及循環幫浦、活性炭管、加熱槽、廢水過濾器，並於3 - 6月進行組裝及測試。

探討AC吸附及再生自動化設備測試情形之階段(目標1-3)當中，於吸附程序時，首先選擇需吸附之設備，於反應管中進行吸附，同時利用TOC及TVOC監測系統偵測有機污染物之濃度，判斷切換再生模式為有機污染物於活性炭管柱濃度貫穿，即為活性炭達吸附飽和，無法再吸附污染物，此時人機系統設備將切換反應管進行吸附，原先吸附程序之反應管則進行活性炭再生程序；於再生程序當中，開啟加熱槽等相關設備，並依人機系統所設定進行再生程序步驟並開始循環藥劑於活性炭管當中，利用氧化劑與活性炭接觸，使活性炭上的污染物經氧化脫附，此時脫附之污染物仍與氧化劑持續被氧化降解，持續循環氧化/脫附反應，直到液相中無偵測到污染物，判斷再生完成依據為再生出流水之TOC濃度小於設定值(例如 $\text{TOC} < 1 \text{ mg/L}$ )，完成再生階段後將關閉加藥槽等設備及電動閥，並開啟風車進行乾燥，當乾燥時間到達時即完成一循環(吸附及再生)程序。於測試階段當中確認設備及開關閥是否正常運作，以及人機系統設置是否符合各階段指令要求等，測試結果為符合各階段測試項目。

探討AC吸附及再生自動化設備於整治場址現地測試之階段(目標1-4)當中，整治場址已提送變更計畫，其變更內容為將SVE輔助生物曝氣法進行整治，於藥劑灌注井周圍進行抽出處理並循環灌注，規劃於7月底至8月初將AC吸附及再生自動化設備運至場址進行初步測試，於進場前將設備於實驗室再進行測試及查核，預計於結案時另行呈現連接SVE及P&T於現場測試。



## 參考文獻

- [1] United States Environmental Protection Agency (USEPA), Superfund Remedy Report (EPA-542-R-20-001), USEPA, 2020.
- [2] 行政院環境保護署, 106 年度土壤及地下水污染整治年報, 土壤及地下水污染整治基金管理會, 2017.
- [3] United States Environmental Protection Agency (USEPA), Superfund Remedy Report (EPA-542-R-17-001), USEPA, 2017.
- [4] 中華民國環境工程學會, 土壤與地下水污染整治:原理與應用, 中華民國環境工程學會, 2006.
- [5] 行政院環境保護署, 土壤氣體抽除整治技術系統設計參考指引, 2015.
- [6] C. Moreno-Castilla, J. Rivera-Utrilla, J.P. Joly, M.V. López-Ramón, M.A. Ferro-García, F. Carrasco-Marín, Thermal regeneration of an activated carbon exhausted with different substituted phenols. *Carbon*, 1995, 33, 1417-1423.
- [7] F. Salvador, C.S. Jiménez, Effect of regeneration treatment with liquid water at high pressure and temperature on the characteristics of three commercial activated carbons. *Carbon*, 1999, 37, 577-583.
- [8] J. Rivera-Utrilla, M.A. Ferro-Garcia, I. Bautista-Toledo, C. Sanchez-Jimenez, F. Salvador, M.D. Merchan, Regeneration of ortho-chlorophenol-exhausted activated carbons with liquid water at high pressure and temperature. *Water Research*, 2003, 37, 1905-1911.
- [9] F. Salvador, N. Martin-Sanchez, M.J. Sanchez-Montero, J.I. C. Montero, Regeneration of activated carbons contaminated by phenol using supercritical water. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2013, 74, 1-7.
- [10] C.-H. Weng, M.-C. Hsu, Regeneration of granular activated carbon by an electrochemical process. *Separation and Purification Technology*, 2008, 64, 227-236.
- [11] R.J. Jonge, A.M. Breure, J.G. Van Andel, Bioregeneration of powdered activated carbon (PAC) loaded with aromatic compounds. *Water Research*, 1996, 30, 875-882.
- [12] S.L. Ng, C.E. Seng, P.E. Lim, Bioregeneration of activated carbon and activated rice husk loaded with phenolic compounds: Kinetic modeling. *Chemosphere*, 2010, 78, 510-516.
- [13] V.S. Mishra, V.V. Mahajani, J.B. Joshi, Wet Air Oxidation. *Industrial & Engineering*



- Chemistry Research, 1995, 34, 2-48.
- [14] B. Ledesma, S. Román, E. Sabio, A. Álvarez-Murillo, Aqueous thermal desorption as an effective way to regenerate spent activated carbons. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2014, 85.
- [15] C. Liang, Y.T. Lin, W.H. Shih, Persulfate regeneration of trichloroethylene spent activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 168, 187-192.
- [16] C. Liang, Y.J. Chen, Evaluation of activated carbon for remediating benzene contamination: adsorption and oxidative regeneration. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, 182, 544-551.
- [17] C. Liang, C.J. Bruell, Thermally activated persulfate oxidation of trichloroethylene: experimental investigation of reaction orders. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2008, 47, 2912-2918.
- [18] 行政院環境保護署, 土壤及地下水污染整治基金管理會列管場址查詢網, 2022.  
<https://sgw.epa.gov.tw/ContaminatedSitesMap/Default.aspx>.
- [19] S. Jatta, S. Huang, C. Liang, A column study of persulfate chemical oxidative regeneration of toluene gas saturated activated carbon. *Chemical Engineering Journal*, 2019, 375, 122034.
- [20] C. Liang, Y.T. Lin, W.H. Shih, Treatment of trichloroethylene by adsorption and persulfate oxidation in batch studies. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2009, 48, 8373-8380.



附件一

## 模場試驗場址基本資料

土地所有人許可函及所在地主管機關同意函



# 國立中興大學 函（稿）

機關地址：40227臺中市南區興大路145號  
承辦人：梁振儒  
聯絡電話：04-22856610  
電子郵件：cliang@nchu.edu.tw

（郵遞區號）

（地址）

受文者：高雄市政府環境保護局

發文日期：中華民國111年9月15日

發文字號：興環教字第1116000006號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如文

主旨：本校環境教育暨永續科技研發中心/環境工程學系梁振儒教授因學術研究需要，擬於貴轄區大順加油站土壤及地下水污染整治場址(高雄市左營區新庄段八小段106地號)進行模場試驗，請惠予同意，請查照。

說明：

- 一、依據行政院環境保護署「111年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗申請計畫徵求書」計畫辦理。
- 二、專案名稱:有機物污染場址現址P&T廢水與SVE廢氣活性碳吸附及再生自動化設備開發及模場應用。研究說明:本計畫擬開發可於整治場址搭配土壤氣體抽除法(SVE)或地下水抽出處理法(P&T)整治設備上之活性碳吸附及再生循環使用之尾氣、廢液處理設備。此計畫並無涉及任何場址之整治作為，僅利用該場址既有設備所抽出之氣體或水體做為活性碳吸附再生設備測試用，作為驗證本計畫開發之產品實場應用可行性研究，使用過程會確保不影響場址整治之運作。
- 三、檢附土地使用同意書、模場試驗場址之基本資料、專案申請書內容。

正本：高雄市政府環境保護局

副本：行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會

國立中興大學



裝

訂

線



抄本：梁振儒

校 長 薛 ○ ○

會辦單位：

第二層 決行	
承辦單位	會辦單位 決行
教授 梁振儒 <sup>0915</sup> 2115	發文 國立中興大學 薛富盛 <sup>0916</sup> 校長 1203
助理教授 林禹豪 <sup>0915</sup> 兼 組長 2119	
教授兼環境教育暨 永續科技研發中心主任 林伯雄 <sup>0916</sup> 1112	

裝

訂

線



日期：111年10月4日  
**便簽** 單位：環境教育暨永續科技研發中心  
 速別：普通件  
 密等及解密條件或保密期限：

擬辦：

一、依高雄市政府環境保護局函復規定，以不違反整治計畫核定內容辦理。

二、陳閱後，文存查。

會辦單位：

第二層決行		
承辦單位	會辦單位	決行
<b>教授 梁振儒</b> 1004 1847		<b>教授兼環境教育暨 永續科技研發中心主任 林伯雄</b> 1005 1501
<b>助理教授 兼 組長 林禹豪</b> 1005 0858		

裝

訂

線



檔 號：

保存年限：

## 高雄市政府環境保護局 函

機關地址：833201 高雄市鳥松區澄清路  
834號  
承辦單位：土壤及水污染防治科  
承辦人：朱思妤  
電話：(07)7351500#1322  
傳真：(07)7351528  
電子信箱：szuyu@kcg.gov.tw

受文者：國立中興大學

發文日期：中華民國111年9月30日  
發文字號：高市環局土字第11139484900號  
速別：普通件  
密等及解密條件或保密期限：  
附件：

主旨：貴校申請於「高雄市大順加油站」進行模場試驗一案，  
本局原則同意，並請依說明段辦理後續事宜，請查照。

說明：

- 一、依據行政院環境保護署於97年3月21日環署土字第0970021700號公告辦理暨復貴校111年9月19日興環教字第1116000006號函。
- 二、依據徵求書第五項、第二點模場型專案之申請注意事項（略以）：「申請單位應函文檢送...文件至場址所在地主管機關，其函文檢附於申請計畫書，經當地主管機關審核通過核發同意函，並取得土地使用同意書...。」規定，經檢視貴校業於111年9月7日取得旨揭場址土地所有權朱敏章君土地使用同意書在案。
- 三、再查，本局於109年6月24日（高市環局土字第10937744600號）核定旨揭場址整治計畫第三次變更計畫內容，本場址污染改善工法與該校檢送之「模場試驗」計畫書之研究方法及步驟內容略有不同請貴校再加審酌，倘未來「模場試驗」經環保署同意後，需請貴校確依本局核定之整治計畫內容實施。
- 四、再查旨揭場址為目前公告土壤、地下水污染管制區，未



國立中興大學

第1頁，共2頁  
線上簽核文件列印 - 第2頁/共3頁



1110019167 111/09/30

裝

訂

線



來涉及土壤及地下水污染整治法第17條、第19條時請依  
規定辦理。

五、副本抄送污染行為人大順加油站股份有限公司(清算人：  
朱敏章君)知悉。

正本：國立中興大學

副本：行政院環境保護署、大順加油站股份有限公司(清算人：朱敏章君)

111/09/30  
15:40:49

裝



訂

線



# 土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

## 模場試驗場址基本資料

場址名稱	大順加油站土壤及地下水污染整治場址
主管機關	高雄市政府 環境保護局
場址座標	X：178634E，Y：2506474N
場址地址	高雄市左營區大順一路 350 號
場址地號	高雄市左營區新庄段八小段 106 地號
場址種類	加油站
場址面積 (m <sup>2</sup> )	1420 (m <sup>2</sup> )
場址 列管狀態	公告為整治場址
土壤 污染物	總石油碳氫化合物：15,499 (mg/Kg)
地下水 污染物	苯：11.2 (mg/L)； 甲苯：28.1 (mg/L)； 總酚：0.272 (mg/L)



## 土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案 地方主管機關確核表

場址名稱	大順加油站土壤及地下水污染整治場址
轄區主管機關	高雄市政府 環境保護局
場址地址	高雄市左營區大順一路 350 號
場址地號	高雄市左營區新庄段八小段 106 地號
場址種類	<input type="checkbox"/> 工廠 <input checked="" type="checkbox"/> 加油站 <input type="checkbox"/> 農地 <input type="checkbox"/> 儲槽 <input type="checkbox"/> 其他，請說明：
場址面積 (m <sup>2</sup> )	1420 (m <sup>2</sup> )
場址列管狀態	<input type="checkbox"/> 控制場址 <input checked="" type="checkbox"/> 整治場址 <input type="checkbox"/> 劃定地下水限制使用地區 <input type="checkbox"/> 其他，請說明：
場址列管日期	2008 年 3 月 21 日
執行應變 或各類計畫	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有，請說明：整治計畫
周邊高污染事業 與敏感受體	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有，請說明：
污染行為人及潛 在污染行為人	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有，請說明：朱敏章(大順加油站股份有限公司解散後之清算人)
場址訴願、訴訟、 行政裁罰或強制 執行	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有，請說明：



## 土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

### 場址現況概述

本場址大順加油站，位於高雄市左營區新庄段，該站於民國 79 年 6 月設置營運，站內設有 50 公秉地下儲槽四座及一座 30 公秉地下儲槽，分別儲存 92 無鉛汽油、95 無鉛汽油(30 及 50 公秉各 1 座)、98 無鉛汽油及柴油，並分送四座加油泵島作業，目前為歇業中。環保署於 2008 年 3 月 21 日公告高雄市大順加油站為土壤及地下水污染整治場址，依據高雄市政府環保局調查數據，該場址土壤污染物總石油碳氫化合物最高濃度為 15,499 mg/kg (管制標準為 1,000 mg/kg)；地下水中總酚、苯及甲苯，最高濃度分別為 0.272 mg/L、11.2 mg/L、28.1 mg/L，超過地下水污染管制標準(第二類管制標準分別為 0.140 mg/L、0.050 mg/L、10 mg/L)，符合公告為整治場址要件，成為全國第 18 處污染整治場址，亦為環保署所公告全國第 8 處遭油品类污染的整治場址。

### 建議說明

高雄市政府 環境保護局同意進行模場試驗，本場址污染改善工法與該校檢送之「模場試驗」計劃書之研究方法及步驟內容略有不同請貴校再加審酌，倘未來「模場試驗」經環保署同意後，需請貴校確依本局該核定之整治計畫內容實施。

檢 附 文 件	<input type="checkbox"/> 初步評估報告(整治場址)	<input type="checkbox"/> 公司／工廠登記證明
	<input type="checkbox"/> 土地登記第二類謄本	<input type="checkbox"/> 已列管之公告
	<input type="checkbox"/> 污染檢驗報告書	<input checked="" type="checkbox"/> 場址污染地籍圖(黏貼於下頁)



# 土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

## 場址污染地籍圖黏貼處

查詢條件 [以地號查詢] [高雄市] [左營區] 段名: [請輸入段號] [(0220)新庄段八小段] 106 [查詢]

查詢結果	
行政區	高雄市 左營區
地政事務所	楠梓地政事務所
地段	0220 新庄段八小段
地號	01060000
面積	1420.0 平方公尺
公告土地現值	184156 元/平方公尺
公告土地地價	39000 元/平方公尺

※本系統提供查詢之登記資料為定期更新，故本系統提供相關資料非即時，應以地政事務所檢發之圖本為準！目前公告土地現值土地地價為111年度資料！



# 土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

## 土地使用同意書

土地所有權人朱敏章、朱敏雄、朱皆居、朱敏慶、朱碧添（以下簡稱甲方）等同意無償將上開所述土地（面積、位置及權利證明文件如附件），自111年9月1日至113年8月31日提供中興大學梁振儒教授（以下簡稱乙方）執行行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案，專案名稱為「有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備開發及模場應用」，進行模場試驗，並願配合辦理下列事項：

- 一、上開土地實際位置及面積，以經所在地地政事務所複丈成果為準。
- 二、土壤、地下污染管制區內禁止行為，請依土壤及地下水污染整治法第17條規定辦理。

三、存在地上物權利歸屬及處理：（無地上物者不需勾選）

為甲方所有，同意無條件自行或由乙方移置、拆除或收取，並放棄補償權利。

非甲方所有，而係第三人\_\_\_\_\_所有。

四、土地上其他第三人權利：

無  有，租賃權（承租人為：\_\_\_\_\_）。

有，用益物權—地上權（地上權人為：\_\_\_\_\_）、地役權（地役權人為：\_\_\_\_\_）、典權（典權人為：\_\_\_\_\_）、永佃權（永佃權人為：\_\_\_\_\_）。

有，擔保物權—抵押權人（抵押權為：\_\_\_\_\_）

有，耕地三七五租約

五、甲方認知本同意書依法對日後土地之全體繼承人均仍有拘束力；且甲方應同意日後土地所有權如因法律行為（例如：買賣、贈與）而移轉時，將土地已同意由上揭模場試驗使用之事實告知全體繼承人及相對人。

六、模場試驗專案不得隸屬於列管場址污染改善、控制或整治計畫之一部分。本模場試驗專案不會干擾現行控制/整治計畫之進行，若因研究執行不當，致模場試驗場址產生二次污染或污染擴散者，其責任由乙方負責。



七、模場試驗專案成果相關數據可直接引用，做為日後場址基本資料之參考。

甲方（土地所有權人）：朱敏章

身分證字號：

住址：高雄市三民區富民路 11 號 2 樓

電話：(07)556-1258 / (07)556-8224



所有權人以外第三人：

身分證字號：

住址：

電話：

乙方（機構/單位）：國立中興大學

代表號/統一編號：52024101

住址：台中市南區興大路 145 號 中興環工系

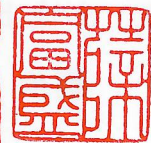
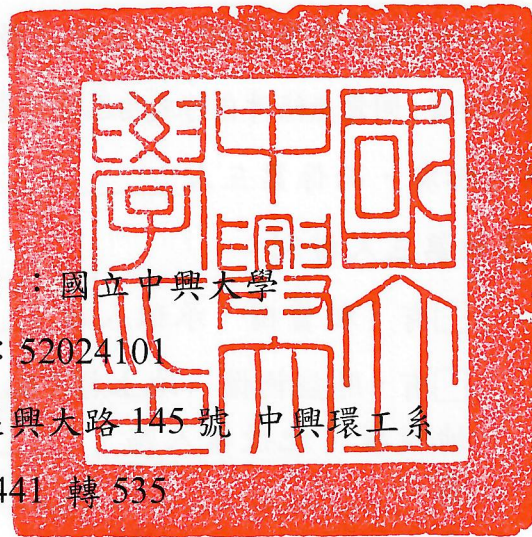
電話：(04)2284-0441 轉 535

乙方專案主持人：梁振儒

身分證字號：E120822169

住址：台中市南區興大路 145 號 中興環工系

電話：(04)2284-0441 轉 535



此同意書應至少 1 式 3 份，一份交由所在地主管機關存查，一份交由乙方存查。

中華民國 111 年 9 月 7 日



## 附件二

### 污染防治衛生安全措施



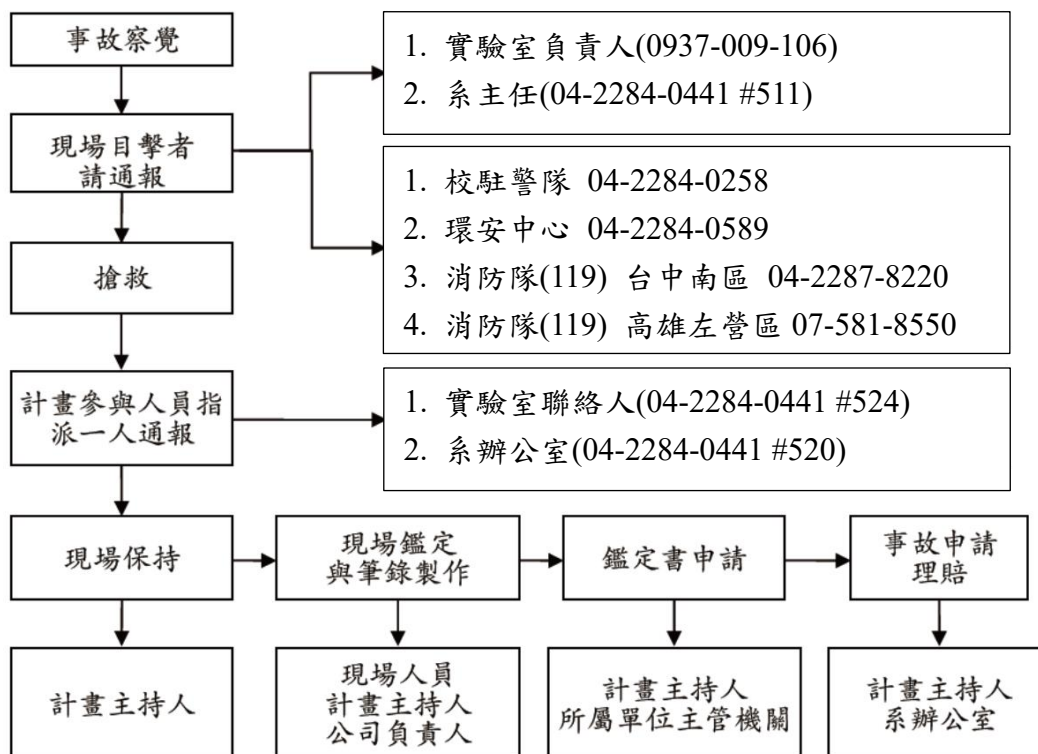
## 模場試驗計劃污染防治及衛生安全措施

一、針對本計畫施作時危害的預防，在現場調查工作執行前，計畫執行人員皆遵照國立中興大學職業安全衛生教育訓練管理要點，進行安全衛生教育訓練課程，包含工作場所安全衛生教育訓練課程及實驗場所安全衛生教育訓練課程。

二、針對可能發生的危害狀況，制訂緊急應變計畫，週知計畫相關人員，以減少危害發生的機率，並依循應變計畫進行相關處置：

(1) 由於本計畫目的為開發有機物污染場址現址 P&T 廢水與 SVE 廢氣活性碳吸附及再生自動化設備，屬於整治型模場應用計畫，具有於現場與化學品接觸之機率；為確保計畫污染防治與衛生安全措施，將以事故緊急應變流程圖及中興大學現行之實驗場所事故通報與調查作業管理流程進行辦理。

(2) 高雄大順加油站場址之緊急應變流程將配合高雄市左營區公所於 110 年 12 月制定之 110 年左營區地區災害防救計畫。



事故緊急應變流程圖