

# 電力研究簡訊

## Power Research Newsletter

110 年第 2 季 (110.04 No.120)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(100046) 台北市中正區羅斯福路 4 段 198 號 電話：(02)2360-1084 傳真：(02)2364-9611

### 目錄

#### 研究計畫成果

- 一、變電設備油氣試驗診斷系統強化及數據關聯性分析研究 .1
- 二、協四機鍋爐降低氮氧化物排放之燃調測試評估研究 .....3
- 三、以變壓吸附技術捕集電廠煙氣中二氧化碳 .....5
- 四、手持式電表通訊功能檢測工具開發之研究 .....6

#### 台灣電力公司

使命：以合理成本及友善環境的方式，提供社會多元發展所需的穩定電力。  
願景：成為卓越且值得信賴的世界級電力事業集團。  
經營理念：誠信、關懷、服務、成長。

## 研究計畫成果

### 一、變電設備油氣試驗診斷系統強化及數據關聯性分析研究

(油煤試驗組：童耀宗、李立棋、林安)

多年來，綜合研究所油煤組共發展了 3 代「絕緣油中溶解氣體分析資料庫系統」，為公司各變電相關設備作絕緣油樣品試驗服務。現行開發完成的第

4 代系統，強化了試驗自動化管理、資料庫完整性、診斷工具多樣性、客戶服務的連結，升級為「變電設備油氣試驗診斷系統」(圖 1)。

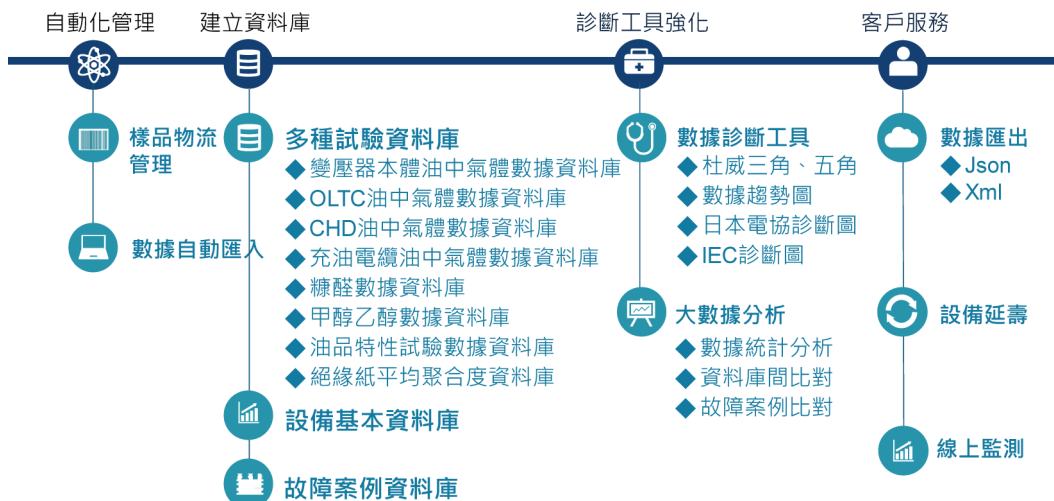


圖 1 變電設備油氣試驗診斷系統

為提升試驗效率與可靠度，油煤組導入更多自動化管理之方式，包含利用條碼掃描建立樣品物流管理，及數據自動匯入。從樣品由委託試驗客戶端收件起，診斷系統所產生之樣品條碼，將引入後續所有樣品處理，包含試驗紀錄、數據輸入、狀態診斷、報告產出，以至最後診斷結果回饋至委託試驗客戶。物流化的管理鏈中，並同時與綜研所利潤中心系統及實驗室儀控系統作介接，委託試驗資料、客戶資料、試驗數據與圖譜等資料，均以自動匯入及軟體畫面呈現，代替人工輸入與紙本審核，經統計報告產出時效平均減少 0.6 日，並可減少資料輸入人力、降低錯誤率、減少紙張列印(圖 2)。

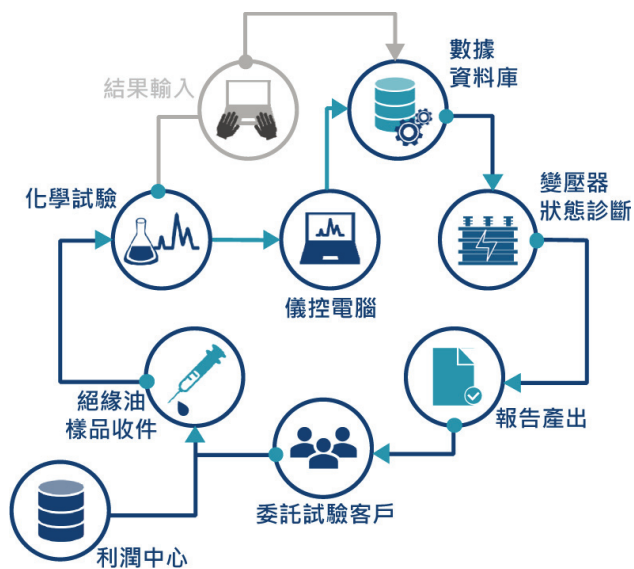


圖 2 實驗室自動化管理

本診斷系統亦提升了原資料庫的完整性，以增加綜合診斷的效能。除了原先已有的變壓器本體數據之外，現行系統更納入變壓器附屬設備，包含有載分接頭切換器(OLTC)、電纜終端匣(CHD)等，並將相關規格資料、運轉情形、濾油處理、各項絕緣油與絕緣紙相關測試數據等資料庫一併建立，未來更規劃將氣體絕緣開關設備之試驗結果亦納入資料庫系統。此資料庫完整性的強化，在診斷上除了可以加強設備故障源的位置判定外，亦可進階作油紙老化類型及老化階段之研究與判定。健全的資料庫系統，搭配現有國際診斷法及大數據分析工具，可開發台電公司自有之絕緣油診斷法，對數據作更精準而深度的判讀(圖 3-5)。

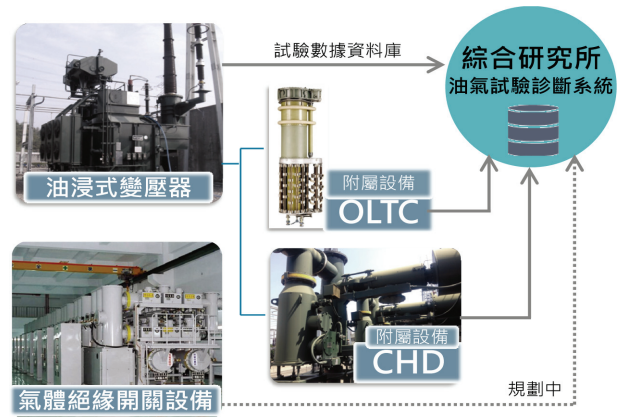


圖 3 油氣試驗診斷系統涵蓋之資料庫

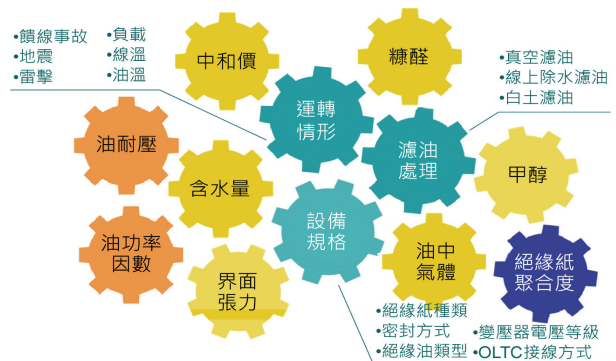


圖 4 資料庫涵蓋之資料類型

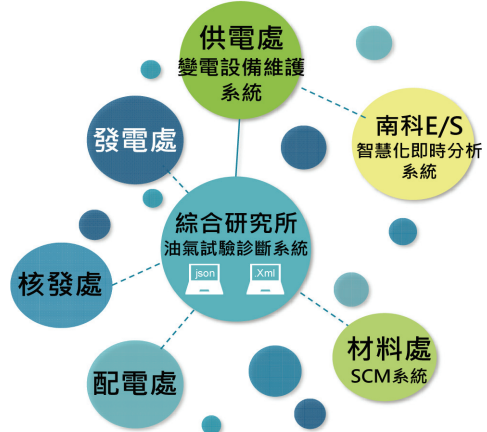


圖 5 數據匯出與資料共享(實線表示已完成資料介接，虛線表示使用者有需求時均可提供服務)

本次建置「變電設備油氣試驗診斷系統」，除精進實驗室內部的試驗與診斷能力外，更強化後續與委託試驗客戶間的服務。試驗數據可自動匯出 json 或 xml 格式，透過 FTP 平台提供給客戶端自有之資料庫系統作介接。而對於診斷出有故障或老化的變電設備，綜合研究所亦可提供 9 種氣體線上監測服務或線上除水服務，並在後續試驗結果中搭配追蹤設備狀態。本研究透過實驗室端試驗的精進、診斷能力的強化，至最後協助現場解決設備問題，期對變壓器資產管理上做有效的預知故障診斷，強化事故檢知與反應的能力，達到電網強韌的目的。

## 二、協四機鍋爐降低氮氧化物排放之燃調測試評估研究

(能源研究室：楊泰然、李泰成、王派毅、高裕翔；協和發電廠：黃森鋼、彭進明、顧宏基、黎昌貴)

### (一)前言：

近年來協和發電廠屢受基隆市環保局關切，要求積極進行各項空污排放改善，其中針對協四機鍋爐氮氧化物(NO<sub>x</sub>)改善，提出限期於 108 年 6 月底前得減排 10%~15%之要求。

本計畫召開兩回合燃調前研討會，歷經大修期間查核燃燒設備與進行預備工作、完成各燃燒器均流調整改善後，接續在機組 155MW、440MW 等穩定負載狀況下，分兩階段共施行 130 回合的鍋爐燃燒優化調整，最後在限期前圓滿達成本項氮氧化物減排改善任務。

### (二)研究方法與步驟：

1. 綜合解析協四機鍋爐 NO<sub>x</sub> 可控制機制以研議 NO<sub>x</sub> 燃調優化策略。
2. 於大修期協調廠內各組分工及規劃改善測試計畫：
  - (1) 各燃燒器(共 24 支)的二次風量預先施行均流

調整改善。

- (2) OFA 風門電動調控機制再行修整，使可在控制室遙控操作。
- (3) 各 OFA 風門模式(7,8,x)分段預先調設規劃。
3. 協調各燃調施工時程及現場應配合事宜：
  - (1) 綜研所 6 人團隊與廠內各組配合分工及工作時程。
  - (2) 配合分階段申請協四機鍋爐維持固定負載(依調度中心)。
  - (3) 配合定時鍋爐設定操作與相關取據(含 PI、環保 NO<sub>x</sub>)。
  - (4) 兩階段於測試前各安排 1 回合的鍋爐燃油檢測取樣。
4. 於省煤器(ECO)出口建置煙道氣體多格點分析系統(NOVA PLUS)，以輔助進行鍋爐燃調即時診斷分析(圖 1)。

協和電廠		ECO出口煙道多格點煙氣分析							
機組	A(左)				B(右)				
四	監控	O <sub>2</sub>	CO	NO	監控	O <sub>2</sub>	CO	NO	
155MW	A1	2.7	2.0	104.0	B1	2.7	3.0	99.0	
日期	A2	2.7	1.0	72.0	B2	2.6	2.0	108.0	
3月13日	A3	2.8	1.0	108.0	B3	2.5	1.0	121.0	
時間	A4	1.9	0.0	111.0	B4	2.0	1.0	109.0	
14:40	A5	1.6	0.0	107.0	B5	1.6	8.0	108.0	
組別	A6	2.5	4.0	111.0	B6	2.3	4.0	101.0	
0313-5	A7	2.2	1.0	106.0	B7	3.5	2.0	107.0	
	A8	1.2	0.0	104.0	B8	4.1	2.0	105.0	
	A9	2.3	3.0	105.0	B9	2.0	2.0	103.0	
	A10	1.7	1.0	103.0	B10	1.8	1.0	108.0	
	左側均值	2.2	1.30	103.1	右側均值	2.5	2.6	106.9	
備註	1. 遇到量測有問題的點請空白，並於備註後說明是哪點有問題，以及可能的原因								
	2. 當發現量測值與其它差異較大時，先以不同顏色標記								
	3. O <sub>2</sub> 單位是%，CO單位是ppm於6%O <sub>2</sub> base，NO單位是ppm於6%O <sub>2</sub> base								

圖 1 ECO 出口煙道氣體多格點分析

5. 自行設計與建置組合式冷氣空調屋，配合提供進行煙道氣體多格點測量分析，避免高負載(440MW)燃調階段現場>46°C 高溫致使分析儀頻繁發生當機。
6. 查證與重組各燃燒器與各火上風風門等設備的設定組合。
7. 進行鍋爐風箱內燃燒器主風門(Sliding Air Damper)全開開度量測與分析，施行 24 只燃燒器

二次空氣均流調整改善。

8. 分階段施行低負載(155MW)與高負載(440MW)燃調，在符合運轉安全與環保排放的前提下，進行鍋爐各主運轉參數即時調試與分析(圖 2)。
9. 在保留運轉操作裕度前提下，於低負載 145MW、155MW 及高負載 440MW 狀況，各研擬最佳化 DeNO<sub>x</sub> 燃調設定參數組(圖 3)，提供給運轉值班參考。

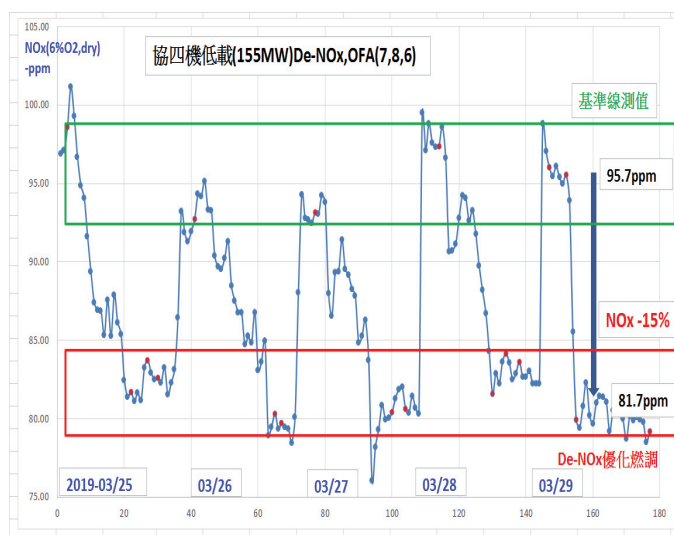


圖 2 低載[155MW]De-NOx 優化燃調與回測

LOAD	O <sub>2</sub> Trim	NOx Port	Oil Temp	Stm-Oil Dp	GRF DA-7	NOx	OP	O <sub>2</sub> R/L	CO	Stack O <sub>2</sub>	Fur Virb
MW	%	%	°C	kg/cm <sup>2</sup>	%	ppm	%	%	ppm	%	µm
145 (8-b)	33	45	102	1.2	15	76.6	15.2	2.5/2.0 (2.0/2.2)	(25/67)	7.6	250 (6R)
155 (10-a)	35	45	102	1.2	10	79.5	14.4	2.3/1.9 (2.2/1.9)	(89/29)	7.4	265 (6R)
440 (29-3)	46	45	104	1.4	7	141.4	14.8	1.2/1.3 (1.4/1.5)	(87/36)	4.4	324 (9R)

圖 3 各負載下 De-NOx 優化運轉參數組

10. 依循 107 年度成功解決協一機鍋爐高燃振案之研究心得，完成協四機鍋爐高燃振模式檢測及初步減振燃調。

(三) 成果與應用：

1. 經分段施行優化燃調後(圖 4)協四機鍋爐高載 440 MW 時達到 NOx 減量 16%(由 169ppm 降至 141ppm)，低載 155MW 時達到 NOx 減量 25%(由

109ppm 降至 81ppm)。

2. 本計畫改善結果達成與增設 FGR 之相同成效 (NOx 減量 10%~15%)，為公司樽節 3.6 億元巨額設備改善投資費用，有形效益極為顯著。
3. 經如期達成 NOx 減量後，協四機 108 年起在空汙總量管制下每年可順利增加供電量及提昇電力系統備載容量，有效減緩公司供電緊澀狀況。

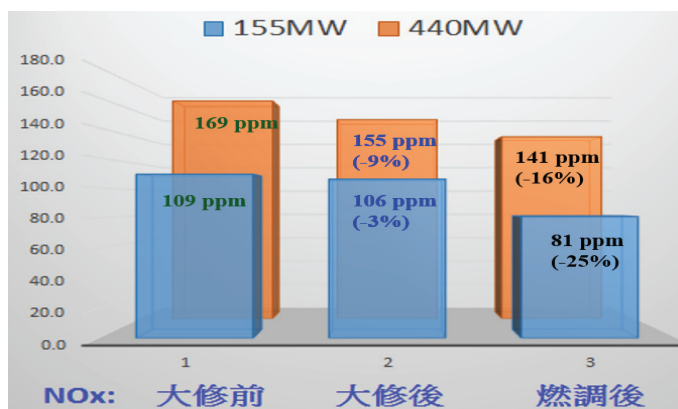


圖 4 協四機鍋爐大修後及燃調後 De-NOx 成效

### 三、以變壓吸附技術捕集電廠煙氣中二氧化碳

(化學與環境研究室：楊明偉、莊宗諭、沈威辰、黃鐘)

#### (一) 研究背景：

近年來大氣中二氧化碳濃度逐漸升高，NOAA 在 2021 年 2 月的數據顯示，大氣中平均二氧化碳濃度已升至 416.67 ppm，為減緩溫室效應，抑制全球暖化，各國已開始發展二氧化碳捕集技術，其中化學溶劑吸收法為現今主流，但其能耗過高之缺點不易克服，故本研究以固態吸附劑經由變壓吸脫附程序來捕集電廠煙氣中 CO<sub>2</sub>，嘗試以無溶劑、低能耗、低脫附能量之方式捕集二氧化碳。

#### (二) 研究成果：

本研究此從實驗室二氧化碳固態吸附劑篩選開始，先以小量不同分子篩進行恆溫二氧化碳吸附曲線實驗，測試設備如圖 1，並由其實驗所求得 Langmuir 之參數來計算吸脫附時每單位吸附劑可操作之二氧化碳工作量，實驗結果如圖 2，其在 45 °C 時三者表現略同，但在 25 與 70 °C 時，分子篩 C 表現略佳，而其最大吸附量也較其於兩者較高，故現場採用分子篩 C 進行二氧化碳分離試驗。

在此以貨櫃形式建置電廠煙氣二氧化碳捕集測試平台，現場設備如圖 3，若未來有需求時，可直接將貨櫃吊掛至其他電廠，進行各廠之二氧化碳捕集測試，本研究以分子篩 C 設計三塔九步驟 VPSA (Vacuum Pressure Swing Adsorption) 二氧化碳分離程序，程序如圖 4、三塔主設備如圖 5，並先以鋼瓶氣模擬電廠煙氣來進行三塔九步驟二氧化碳分離試驗，各 cycle 實驗結果如圖 6，可確認進料二氧化碳濃度穩定為 12.9 ± 0.1 %，而在 5 個 cycle 後，二氧化碳分離濃度可達 95.4 ± 0.8 %，初步確認程序運作正常；隨後以電廠煙氣進行二氧化碳分離試驗，其結果如圖 7，其在 7th cycle 開始，二氧化碳分離濃度可達 92.53 %，且其平均濃度為 93.70 ± 0.81 %，確認此程序可順利分離電廠煙氣中之二氧化碳。

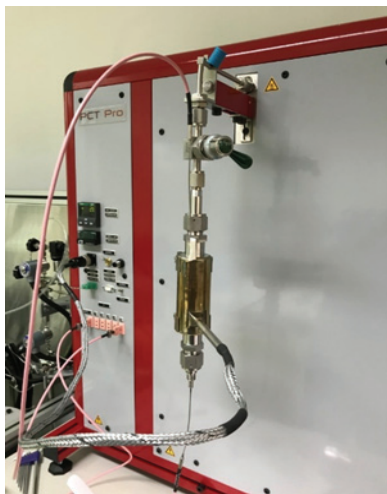


圖 1 固態吸附劑二氧化碳吸附效能測量設備

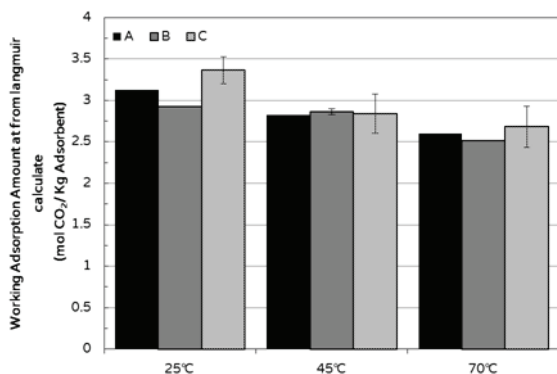


圖 2 各分子篩二氧化碳吸脫附工作效能比較



圖 3 VPSA 貨櫃設備 (兩個 20 呎黃藍貨櫃)

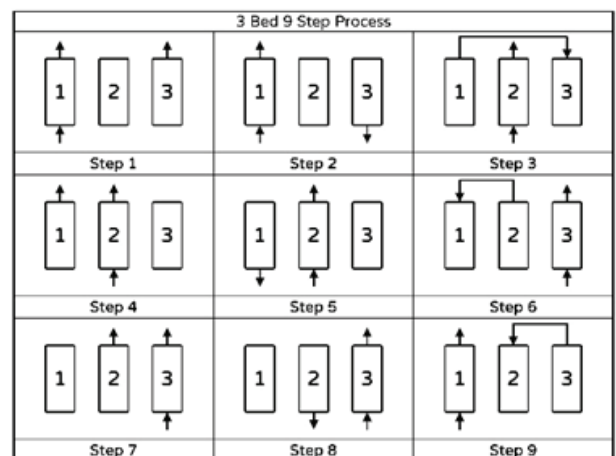


圖 4 VPSA 三塔九步驟操作程序示意圖



圖 5 三塔式變壓吸附分離主設備

確認程序與設備皆有符合設計之效能後，進行 100 小時長時間二氧化碳分離試驗，並經分析後，可得知進料煙氣中二氧化碳濃度為 11.32~13.16 %，約有 1.8 % 的濃度波動，從分離程序之 6th cycle 開始，二氧化碳分離後濃度可超過 90 %，最高可達 94.83 %，並在 56th cycle 開始達循環程序平衡，其二氧化碳分離後平均濃度可達  $91.66 \pm 0.64$  %，且進料煙氣中二氧化碳濃度提升時，分離後二氧化碳濃度也會提升，如圖 8，並估計程序所需之真空幫浦能耗僅為 1.39 GJ/ton CO<sub>2</sub>，其實驗已可證明此程序可長時間連續分離煙道氣中二氧化碳。

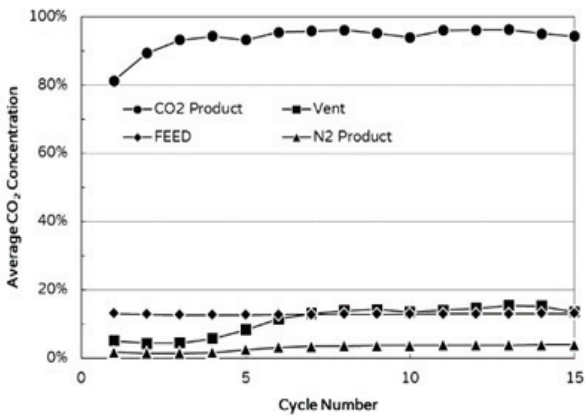


圖 6 各 cycle 二氧化碳平均濃度 (鋼瓶模擬氣)

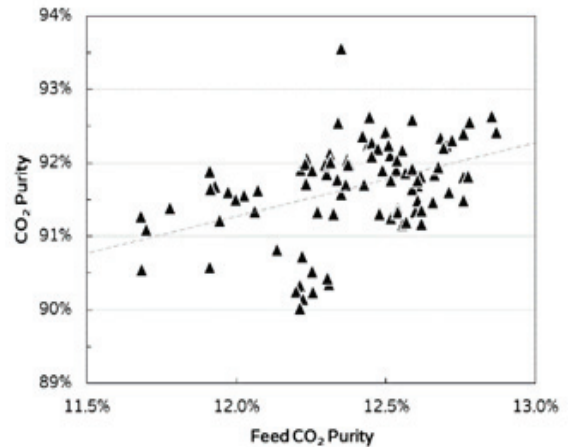


圖 8 二氧化碳分離後濃度對二氧化碳進料濃度關係圖

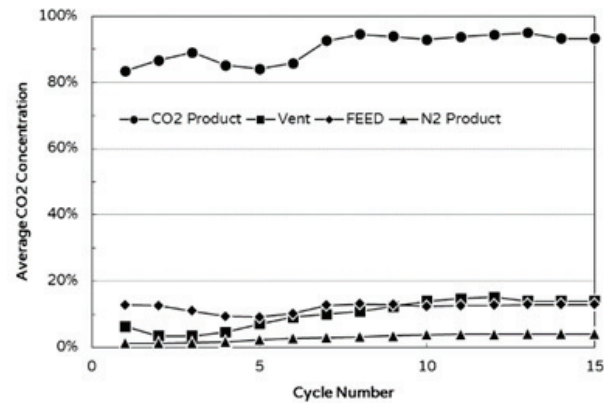


圖 7 各 cycle 二氧化碳平均濃度 (煙道氣)

### (三) 未來展望：

此 VPSA 程序為台電第一組使用固態吸附劑來分離現場煙道氣中二氧化碳之原型設備，在此研究中，發現不少可更進一步改善之程序，未來將朝向溫度平衡、核心 VPSA 程序改善、強化電系與控制與紀錄設備等方向來改良，提升二氧化碳分離整體程序效能，以期更有效率穩定捕集電廠煙氣中之二氧化碳。

## 四、手持式電表通訊功能檢測工具開發之研究

(電力研究室：林哲毅、許炎豐)

### (一) 研究背景：

AMI 為一套包含量測、收集、傳輸、分析能源使用量並與計量設備通訊的系統，並可視為電力公

司與終端用戶間的橋樑。雖電表的基本目的為用電量及其他參數的量測，但利用智慧電表所擷取到的大量數據，透過通訊系統提供電力公司更即時的掌

握用電量的能力，進而精進對電力公司對電力需求預測的準確度。此外，智慧電表還可接收及執行遠端的命令，如斷路器的投切等以確保用電設備的安全。透過 AMI 所收集到的巨量資料亦可在智慧電網的應用中扮演重大的角色，例如能耗分析、竊改檢測、停電管理、設備診斷等，可使電力公司受益於減少非技術性損失，並協助電網最佳化及控制能耗。

通訊傳輸為智慧型電表布建成功與否之關鍵，由於本公司的 AMI 架構設計將智慧電表與通訊模組採分案建置，分屬不同廠商承製，倘電表無法遠端讀表或發生異常情形，為利本公司人員釐清發生原因及責任歸屬，以利通知權責廠商(電表或通訊廠商)依契約規定進行相關維護及保固作業，故須研擬

開發相關檢測軟硬體以利現場人員即時操作判讀使用，以降低電表故障對民眾產生之影響。

## (二)研究内容及成果：

本工具未來將由區處人員攜出至現場檢測位於用戶端的電表所使用，故在重量及尺寸方面皆將過輕量化及小型化之設計以增加攜帶的便利性。又因電表通訊介面未來可能會有升級改版之可能，為求快速更新測試工具之韌體，故須將本工具用作為儲存的裝置 Micro SD 額外進行開口。經檢索，市面上並無適合本工具之既有機構可供使用，故本案已依需求進行開模，其 3D 圖如圖 1 所示，其重量約在 100 公克以下

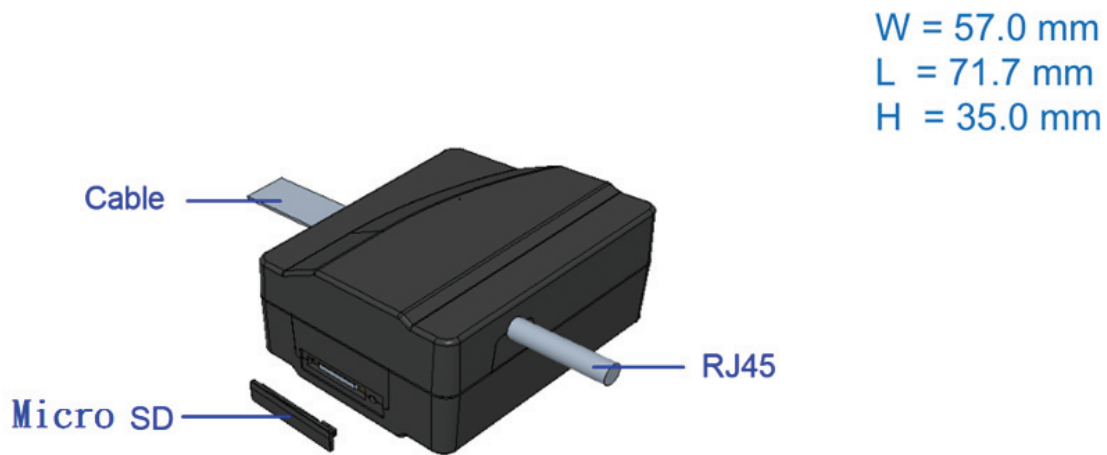


圖 1 電表檢測工具 3D 示意圖

AMI 系統中的電表金鑰是由本公司的金鑰管理系統 (Key Management System, KMS) 進行整體管理。每個電表所使用的金鑰，是在電表進行初始化的時候會獲得一組 KMS 配發的金鑰。在電表初始化之後，任何系統或是人員，若任何裝置如本檢測工具欲與電表進行通訊、獲得電表資料、或對電表下其它指令等動作，必須有相關的金鑰才能夠擁有完整的權限來執行上述的行為。但在檢測工具取得所需電表金鑰的過程中，必須要保證金鑰資料的安全性，要能夠避免金鑰洩漏的風險，這也是我們在規劃新功能時的重點。此處的設計，會將要傳送給金鑰管理系統代理(KMS Agent)的金鑰加密，以保護金鑰內容。

本檢測工具開發過程除上述金鑰取得外，亦包

含檢測工具韌體開發及人機介面開發。韌體部分主要為撰寫本檢測工具所將使用到的功能，如：

Management AA 之建立與斷開、FAN 端金鑰使用期限讀取、電表事件讀取、Register 讀取、Register 設定、Push Mode 功能、Load Profile Status 讀取、Load Profile History 讀取、及 Midnight Register Profile 讀取等。

而人機介面部分因執行檢測人員將將使用區處既有之平板電腦來執行檢測作業，經訪談，決議將人機介面以實作 web server 於本測試工具中，並於平板電腦中以網頁方式執行方式辦理。此網頁將以頁籤方式分為「通訊功能測試」、「Register 讀取」、「現有 FAN 端金鑰」、「歷史查詢」及「軟體更新」等五個頁面，如圖 2 所示。

圖 2 電表檢測工具人機介面首頁

「通訊功能測試」主要提供本公司現場人員可透過自動化讀取檢測方式來驗證電表是否正常運作。頁面可透過 Verification Client 讀取電號、表號、型式代號(廠牌)、電表時間等，並可點選「Start Test」自動化驗證 P1 規範之物件列表，若驗證成功則於 check box 顯示成功圖樣，若驗證不通過則顯示失敗圖樣，使本公司現場人員可快速區分電表的運作狀況。每一次執行測試後會自動儲存測試結果，可於「歷史查詢」頁面下載測試結果。

「Register 讀取」主要提供本公司現場人員檢視前一頁測試中讀取的資料詳情。相較於「通訊功能測試」頁面，「Register 讀取」頁面可提供使用者個別針對物件進行讀取測試，方便使用者進行即時數值觀測，點選主要的物件項目並點選「Get」按鈕，檢測工具就會針對細部物件進行檢測，並將測試結果列印於下方訊息列。各項目的呈現方式依照其分項不同而格式有所不同，以單項的讀取，顯示其單一值，會有多筆紀錄的例如歷史數值與事件紀錄，預設顯示最近的 10 筆數值/紀錄。

「現有 FAN 端金鑰」主要讓使用者可以查詢目前檢測工具中所擁有的 FAN 端金鑰及使用期限，若檢測工具中沒有電表對應的 FAN 端金鑰(AK、GUK)或超過使用期限，則金鑰皆會視為無效。

「歷史查詢」主要可以查詢「通訊功能測試」頁面所測試的歷史結果，使用者可指定廠牌及觀察時間來限制查詢範圍，最多同時查詢十筆，若超過十筆則必須再限縮查詢時間，使能找到想要查詢的測試結果。指定要查詢的結果之後，測試結果會顯示在頁面上，另可點選最下方的按鈕儲存測試結果為 PDF 檔。

「軟體更新」主要是提供使用者進行檢測工具或金鑰上傳的人機介面，檢測工具的軟體會持續進行修正，若有新的更新檔時，可透過此頁面進行軟

體更新。而金鑰預設會由 KMS Agent 直接傳輸至檢測工具，使用者不需要做任何操作，但若自行匯入金鑰檔，則可利用此頁面進行匯入。

### (三)結論：

智慧電表與傳統電表最大的差異在於可透過通訊系統與控制中心的電表資料管理系統進行即時的資料交換。本公司由先前高壓 AMI 及低壓 AMI 示範系統的建置習得了大量的經驗，深知通訊系統的效能決定了整體 AMI 成敗的關鍵因素。而台灣電表安裝場域複雜，若以單一通訊技術甚難達成預期之自動讀表之通訊成功率。因此，本公司決定將電表計量單元及通訊單元分離，計量單元可由傳統電表廠商負責，而通訊傳輸部分則交由專業的通訊廠商進行布建，作為電表與後端系統間的溝通橋樑。因通訊單元採模組化可插拔之設計，通訊廠商可因地制宜的選擇電表所安裝場域之最佳通訊技術，如大樓可選用電力線載波(PLC)、空曠分散之用戶可選用 NB-IoT、密集公寓則可選用低功率 RF 等，期可提升通訊傳輸的可靠度及成功率。未來通訊技術持續演進，如 5G 等先進技術成熟時，我們僅須將通訊模組替換成新的技術之模組，而不用將整具電表進行汰換，可大幅的降低成本。

雖模組化電表可提供上述優點，但當位於用戶端的電表發生通訊不良等異常情形時，甚難即時辨別其故障為電表計量或通訊所導致。以往皆須將電表拆回實驗室進行檢測，耗費許多人力成本。故本案開發一輕便手持式電表近端檢測工具，可即時於用戶端進行完整電表通訊介面診斷，若判斷為通訊問題僅需汰換 FAN 模組即可完成，不須將整具電表進行拆卸，大幅縮短工作時間及流程。目前開發完成之檢測工具已經由委託單位配電處配發給轄下之配電區處進行使用。本檢測工具架構及檢測流程皆採人性化之設計，區處人員經簡單學習即可上手，並可搭配既有之平板電腦進行操作。