



108年度計畫執行報告

電力量測及低碳能源基礎計量計畫（1/4） （第1年度）

全程計畫：自 108 年 1 月至 111 年 12 月止
本年度計畫：自 108 年 3 月至 108 年 12 月止

委託單位：經濟部標準檢驗局
執行單位：工業技術研究院
中華民國 109 年 1 月

【期末報告摘要資料】

科資中心編號				
計畫中文名稱	電力量測及低碳能源基礎計量計畫			
主管機關	經濟部標準檢驗局	計畫編號		
執行機構	財團法人工業技術研究院	審議編號	PG10803-0192	
年度	108	全程期間	108.03-111.12	
本期經費	29,376仟元			
執行單位出資	0%			
經濟部標準檢驗局 委託(補助)	100%			
執行進度		預定進度	實際進度	落後比率(比較)
	當年	100%	100%	0%
	全程	100%	100%	0%
經費支用		預定支用經費	實際支用經費	支用比率
	當年	29,376仟元	28,917仟元	98.4%
	全程	29,376仟元	28,917仟元	98.4%
中文關鍵詞	計量、可追溯性、綠能產業、液化天然氣、電網可靠度、檢測			
英文關鍵詞	Metrology, Traceability, Green Industry, Liquefied Natural Gas, Reliability of Power Grid, Inspection			
研究人員	中文姓名	英文姓名		
	蕭俊豪	Jiunn-Haur Shaw		
	楊正財	Cheng-Tsair Yang		
	林文地	Win-Ti Lin		
	陳士芳	Shih-Fang Chen		
研究成果中文摘要	<p>(一)低碳能源計量：</p> <p>1.高壓鼓風機系統規格規劃與採購</p> <ul style="list-style-type: none"> 在考量價格、交貨期、廠區空間限制、吊車荷重、溫控需求等因素下，本設計最後委託德國 Antewa 公司製作。此高壓鼓風機技術特性為以馬達旋轉扭力，帶動磁性耦合器的磁場變化，間接帶動葉輪旋轉。馬達與葉輪沒有實際上接觸，達到軸封在動態旋轉時的氣密性。推動此高壓氣流的馬達所需電力為 350 kW，因此本系統需配置冷卻能 			

力為 100 冷凍噸的冰水主機。已於 4/1 完成「高壓鼓風機系統」訂購。

2. 高壓循環氣流運轉模組管路流程設計與採購

- 在實驗室空間限制下完成高壓循環氣流運轉模組之管路、閥件、儀器及冷卻系統等之設計與規劃，並取得怡豐機械公司、永隆工程公司及達盛機械公司等三家報價，4/11 決標由怡豐公司得標，已於 4/24 完成訂購。
- 5/14 怡豐公司已交付高壓循環氣流運轉模組管線配置圖，圖號 08026-001 至 08026-004，並開出發票申請第一期款 NT\$ 2,880,861 元。
- 另依據高壓鼓風機最新圖面，完成重新繪製地下室鼓風機最新三視圖--鼓風機管路上視圖、鼓風機管路左視圖及鼓風機管路正視圖。

3. 建立傳遞用轉子式流量計器差修正模型

- 完成傳遞用轉子式流量計(序號 3148 及 1005)於 8 bar、20 bar、36 bar 及 55 bar 等不同壓力條件，流量範圍 25 Am³/h 至 125 Am³/h 之器差校正。並以此數據完成此兩具轉子式流量於 4 個工作壓力之器差修正曲線，校正數據與修正曲線之殘差低於 0.05 %，可符合計畫設定之要求。
- 完成 CPA 65E 整流器與管路 CFD 模型建置及 CFD 模型格點測試，並陸續完成下列條件搭配使用 CPA 65E 整流器時之流場模擬：
 - (1) 單具管徑 150 mm 工作標準件(超音波流量計) 位置，於 1000 Am³/h。
 - (2) 兩具管徑 150 mm 工作標準件(超音波流量計) 位置，於總流量 1000 Am³/h 及 2000 Am³/h。
 - (3) 管徑 200 mm 查核件(超音波流量計)及被校件位置，於總流量 2000 Am³/h。流場分佈皆可以符合 ISO 5167 之安裝要求條件。

4. 完成所有管路及設備定位安裝，清管。新購高壓鼓風機電源接線檢測及變頻器流量控制設定。5、10 bar 兩壓力之下安裝單一 150 mm 超音波流量計，完成 2500 m³/h 以上氣

體流量系統整合測試。

(二)電力標準計量：

1. 電力訊號數位取樣實驗架構設計及規劃

- 所規劃之數位取樣技術主要是利用動態電力訊號輸出源提供一穩定交流電功率訊號並輸出至由電感式分壓器、交流分流器及具有類比數位轉換器(ADC)功能之取樣電表所組成的電力訊號數位取樣實驗架構。此時，再透過同步取樣方式由具有類比數位轉換器功能之取樣電表將類比訊號轉換成數位訊號，以完成同步數位取樣。最後，將各量測值作比較分析後即可達到對待校電表的校正目的。

2. 電力訊號數位取樣量測軟體建置：

- 參考 IEC 61000-4-7 及 IEC 61000-4-30 等國際標準，完成電力訊號數位取樣量測主軟體程式之取樣技術與電力計量分析演算法的規劃。同時，針對交流電壓(110 V、220 V、480 V)以及交流電流(範圍：10 mA 至 80 A)在頻率分別為 50 Hz 與 60 Hz 的條件下，完成同步取樣量測之軟體測試與取樣電表性能評估。從量測結果得知：當取樣電表設定在 10 V 檔位時，有較佳的同步取樣性能，其通道間振幅值誤差不確定度 $< 1 \mu\text{V}$ ；通道間相位誤差 $< 0.0005^\circ$ ，皆符合量測需求。

3. 動態電力訊號數位取樣與分析技術建立：

- 完成模擬綠電併網時與電池充放電時之兩種不同類型的動態電力訊號取樣量測，並與傳統電力標準表(Radian RD-33)的量測結果作誤差分析。從分析結果得知，數位取樣電表之量測值與理論值相較，誤差小於 0.02 %，且量測準確度優於傳統電力標準表(最大量測誤差達 1.33 %)。

4. 電力訊號數位取樣校正程序建置：

- 完成以 30 次循環量測作電壓諧波訊號(諧波次：3 次至 64 次)之量測穩定度評估。在低諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 2 %)，數位取樣電表在高次諧波(諧波次：64 次)的量測穩定度明顯優於傳統電力標準表(Radian RD-33)；在高諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 10 %)，數位取樣電表整

	體量測穩定度皆優於傳統電力標準表。
研究成果 英文摘要	<p>1. Low carbon energy project:</p> <p>(1) The planning and procurement of the high-pressure blower system:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considering the price, the lead time, space limitation of the working area, and the temperature control, we decided to commission Antewa GmbH, a Germany based company, to fabricate the high-pressure blower system. The technical characteristic of the high-pressure blower system is that the torque of the motor drives the magnetic field changes of the magnetic coupler to drive the impeller to rotate indirectly. The motor does not contact the impeller to achieve airtightness of the shaft seal during dynamic rotation. The motor that drives this high-pressure airflow requires driving power 350 kW. Therefore, the system needs to be equipped with a chilled water system with a cooling capacity of 100 RT. The high-pressure blower system has been ordered on 1st, April 2019. <p>(2) The process design and the procurement of the high-pressure circulating airflow operation module</p> <ul style="list-style-type: none"> • We have finished the design and the planning of the pipeline, the valve parts, the instruments and the cooling system of the high-pressure circulating airflow operation module. Moreover, we obtained quotations from three vendors, including Ti-Li Machinery Company, Yungloong Company, and DarSheng Mechanical Engineering. Yungloong Company won the bid on 11th, April and has ordered on 24th, April. DarSheng Mechanical Engineering has delivered the pipeline configuration diagram of the high-pressure circulating airflow operation module, drawing number 08026-001 to 08026-004 on 14th, May, and has issued the invoice of the first stage of NT 2,880,861. In addition, DarSheng Mechanical Engineering

has re-drawn the latest version of the three-view drawing of the high-pressure blower system, including the upper view of the blower pipeline, the left side view of the blower pipeline and the front view of the blower pipeline.

(3) The establishment of the calibration model of the rotary type flow meter for transmission

- We have finished the calibration of the transmission flow meters (No. 3148 and 1005) at different pressure conditions, including 8 bar, 20 bar, 36 bar, and 55 bar, with the flow rate ranging from 25 Am³/h to 125 Am³/h.
- According to this data, we finished the calibration curve at four different working pressures, with the residual less than 0.05%, which can meet the requirements of this project.
- Besides, we have completed the CFD model of the CPA 65E rectifier and pipeline and their CFD model grid tests. We have completed the following conditions of flow field simulation with the CPA 65E rectifier:
 - (A) The flow field around the single 150 mm working standard (ultrasonic flow meter), at the flow rate 1000 Am³/h.
 - (B) The flow field around the two 150 mm working standards (ultrasonic flow meters), at the flow rates of 1000 Am³/h and 2000 Am³/h.
 - (C) The flow field around the position of 200 mm check standard (ultrasonic flowmeter) and the position of the meter under test, at the flow rate 2000 Am³/ h.
- The flow distribution of the above conditions can all meet the installation requirements of ISO 5167.

(4) High pressure piping and all purchased equipment installed ; pipes air-blasted for debris removal; frequency inverter setting for flow control of high pressure motor. Install a single 150 mm ultrasonic flowmeter under two pressures of 5, 10 bar to

complete the integration test of gas flow systems above 2500 m³ / h.

2. Electric Power Metrology

(1) Experimental framework design and planning of power signal digital sampling

The proposed digital sampling technology mainly utilizes a dynamic power source to output a stable AC power signal to a power signal sampling framework, which consists of an inductive voltage divider (IVD), an AC shunt, and a sampling meter. Moreover, synchronous sampling technique built in this sampling meter can realize the voltage and current synchronous sampling.

(2) Construction of power signal sampling measurement software

Based on IEC 61000-4-7 and IEC 61000-4-30, a power signal sampling measurement software was built. The proposed software was tested and the performance of the sampling meter was estimated in the range (voltage: 110 V, 220 V, and 480 V; current: 10 mA to 80 A @ 50/60 Hz). It can be seen from the measurement results, the 10-V range of the sampling meter shows the best synchronous sampling performance. The uncertainties of the channel voltage error and channel phase error are $< 1 \mu\text{V}$ and $< 0.0005^\circ$, respectively.

(3) Development of dynamic power signal sampling and analysis technology

Two typical dynamic power signals, including 1) sine enveloped industrial frequency signal and 2) trapezoidal enveloped industrial frequency signal were built. The first signal represents the grid-connected renewable power and the last signal represents the electric vehicle charging. The proposed measurement software with digital meter can

perform the dynamic power measurement. Compared with the traditional power standard meter (Radian RD-33), measurement values of the digital meter is close to theoretic values, and errors are smaller than 0.02 %. Moreover, the accuracy of the digital meter is better than the traditional standard meter (the worst error is up to 1.33 %).

(4) Establishment of power signal sampling procedure

Measurement stability evaluation of voltage harmonics was done by 30-times measurement. At low harmonic component (2 %), the measurement stability of the sampling meter is better than the traditional standard meter in the higher harmonic order (64th). Moreover, at high harmonic component (10 %), the whole measurement stability of the sampling meter is better than the traditional standard meter.

Measurement stability evaluation of current harmonics was done by 30-times measurement. At low harmonic component (2 %), the measurement stability of the sampling meter is better than the traditional standard meter at the higher harmonic order (64th). Moreover, at high harmonic component (10 %), the measurement stability of the sampling meter is better than the traditional standard meter at the higher harmonic order (64th) with the fundamental current is 1 A to 5 A. In addition, with the fundamental current is 10 A, the whole measurement stability of the sampling meter is better than the traditional standard meter.

本計畫執行成果之實質影響與重要性：

- 高壓氣體流量校正系統，不確定度0.25%(含)以下，可提供中油、台電、民營電廠等國內大口徑高壓天然氣交易計價基準儀表追溯，減少每年於民生交易上的潛在糾紛高達30億。
- 提供永隆、擎傑、臺灣西克等公司相關溫度壓力量測儀錶、高壓流量儀表及流量電腦等設備開發與維修供應之計量追溯，作為採購與驗收基準。
- 滿足國內台電、台灣大電力研究中心、及電力品質分析儀製造商等公司，電網

廣域監控設備之電力品質參數校正的計量追溯需求，電力量測標準件免送國外校正(節省時間與金錢)，約可降低2%的營運成本支出。

- 協助智慧電網政策的推動，支援智慧電網推動之電力有效調度管控、確保智慧電表的量測準確度，協助國內智慧電表製造商(如中興電工及大同公司)掌握龐大商機(智慧電表在2024年擴增至300萬戶時，影響總商機將達250億元)。

報告頁數	96
使用語言	中文
全文處理方式	可立即對外提供參考

報 告 內 容

目 錄

壹、全程計畫	1
一、政策依據.....	1
二、產業發展技術缺口需求.....	2
三、全程計畫目標.....	4
四、全程計畫架構.....	5
五、預期效益.....	5
六、重要技術建立時程圖.....	6
貳、本年度計畫	8
一、108 年度計畫執行架構.....	8
二、研究方法與步驟.....	9
(一)低碳能源計量.....	9
(二)電力標準計量.....	9
參、計畫變更說明	12
肆、執行績效檢討	13
一、與計畫符合情形.....	13
(一)進度與計畫符合情形.....	13
(二)查核點說明.....	13
二、目標達成情形.....	14
(一)低碳能源計量分項.....	14
(二)電力標準計量分項.....	19
三、配合計畫與措施.....	26
四、資源運用情形.....	27
(一)人力運用情形.....	27
(二)設備購置與利用情形.....	27
(三)經費運用情形.....	28
伍、成果說明與檢討	30
一、低碳能源計量.....	30

(一)年度目標	30
(二)研究成果.....	31
(三)影響與產業效益	50
二、電力標準計量.....	51
(一)年度目標	51
(二)研究成果.....	51
(三)影響與產業效益	78
陸、成果與推廣	78
一、年度量化成果.....	78
二、推廣活動.....	79
(一)校正產業說明會.....	79
(二)展覽活動.....	84
附件一、新台幣參百萬元以上儀器設備清單.....	89
附件二、新台幣參百萬元以下儀器設備清單.....	89
附件三、國外出差人員一覽表.....	90
附件四、論文一覽表	91
附件五、研究報告一覽表	91
附件六、參考文獻索引	92
附件七、審查意見回覆	93

壹、全程計畫

一、政策依據

隨著全球暖化日益嚴重與傳統能源快速耗竭，世界各主要國家莫不將節能減碳列為施政方向，進行能源戰略布局，發展再生能源，綠色產業儼然成為全球經濟新亮點。為因應綠色經濟時代的來臨，以及達成我國邁向非核家園的政策目標，政府將綠能科技產業列為「五加二」產業創新政策之一，將善用臺灣所具備發展綠能的利基，全力推動綠能產業發展，提升產業競爭力，以強化能源安全，創新綠色經濟並促進環境永續。

行政院於 105 年 10 月 27 日通過綠能科技產業創新推動方案[1-1]之構想，以創能、節能、儲能和系統整合四大主軸，支持產業發展所需，以提升綠能產業競爭力，接軌國際，藉由整合性的綠能發展策略規劃與產業推動，從發電端、用電端、系統端、產業端及環境端共同努力，致力協助我國達成能源轉型目標。綠能產業策略為達成 2025 年能源政策目標，是以能源安全、環境永續及綠色經濟等均衡發展前提下，建構安全穩定、效率及潔淨能源供需體系。因此，需搭配以交易公平與環境監測等計量建設，為綠能產業交易與永續環境平衡建立基礎，方能確保目標的達成。

目前台灣能源發電配比为燃煤（45.4%）、燃氣（32.4%）、核能（12%）及再生能源（5%）；依行政院 106 年 4 月核定之「能源發展綱領」規劃《能源轉型白皮書》[1-2]，未來 2025 年將提升天然氣與再生能源之使用，配合低碳天然氣發電量占比將達 50%，其他包括燃煤（30%）與再生能源（20%）。因應 2018 公投結果，經務實檢討後，政府重新規劃我國至 114 年之能源發電結構配比目標，積極努力達成燃氣占比 50%、再生能源發電 20%、燃煤占比 27%及其它能源 3%之低碳潔淨能源發展。

計量標準為產品驗證、市場交易及環境監測的源頭，並據此與國際標準連結。因應新興綠能科技產業所需計量服務範圍日益增加，產品的精密程度與準確度要求亦提高，因此政府需在低碳能源、電力標準計量技術上，提供完備且精準可靠的計量標準，達成與國際接軌且具公信力的計量基盤，並完備綠能發展基礎建設，配合政府能源轉型階段之管理，系統將整合電網智慧化抑低尖峰用量，維持穩定電力供應。藉由打造低碳能源使用

情境並輔以節約能源及使用效率提升，加強能源穩定性，創造循環經濟及環境永續的共融式社會，達成綠能政策願景，使相關產業提高競爭力，利於進入國際市場及提高能見度。

二、產業發展技術缺口需求

在政府推動非核化的能源政策下，到 2025 年的國內發電結構中，其中屬潔淨能源的天然氣使用將提高到 50%，作為主要的穩定性電力來源[1-3][1-4][1-5]，而台灣的天然氣皆採購自國外，使用運輸船運輸，因此目前正積極規劃第 3, 4, 5 接收站的建置，提升備轉容量的天數。在天然氣的儲運、販售、使用過程，會牽涉到高壓天然氣等的計量包含體積量、密度與總熱值等。為配合政府政策以及確保交易的公平性，此計畫將建置適用於高壓氣體的流體計量標準。

目前國內民營與國營燃氣發電廠的天然氣皆直接由台灣中油供氣，並依合約價格依使用量計費。現階段，每年的天然氣交易總額超過新台幣 2500 億，其中公民營電廠約佔 80%。目前各公民營電廠所使用於計量天然氣的流量計為大尺寸超音波流量計，這些超音波流量計定期送至中油公司煉製研究所的高壓氣體流量校正系統校正[1-6]，而煉製研究所使用的標準件為 4 具管徑 150 mm 的超音波流量計，係追溯校正至國家度量衡標準實驗室(NML)的高壓氣體流量標準系統[1-7]，所以 NML 肩負國內天然氣計量公平交易與追溯的責任。再者，台電自民國 97 年起為因應國際能源價格波動而啟動了電價燃料條款機制，根據燃料成本調整單位電價，因此天然氣計量的準確度，不僅影響到供需雙方的權益與可能的糾紛，更進一步影響全台 1,200 餘萬家庭、商業、工業用電戶的荷包。若以電廠天然氣交易計量表於定期校驗時可維持準確度 0.3%至 0.5%估算，NML 的校正與追溯每年直接影響發電用天然氣交易金額超過台幣 4 億(由 80%用氣量 2000 億元*(0.5% - 0.3%)進行計算)。

除發電外，另外兩成的天然氣則透過中油及全國其他 25 家公用天然氣事業公司提供給終端 337 萬家庭、商業、服務業及部分工業用戶。由於牽涉到大量的民間用戶與交易金額，此部分屬於法定計量的範疇，由政府訂定標準與法規以規範相關氣量計的型式認證與檢定檢查，並由經濟部標準檢驗局及相關核可單位負責施行，確保公用天然氣交易的公平計價。關於

這個與民眾切身相關的議題，NML 同樣扮演著提供具國際等同的計量標準以滿足各型氣量計的認證與每年近 30 萬個瓦斯表檢定檢查之標準追溯需求的重要角色。

目前 NML 之高壓氣體流量標準能量過低，導致傳遞至使用端的管徑 600 mm 計量表的準確性(或量測不確定度)無法再提升，為解決此問題，故本計畫規劃於 FY108 建立循環式高壓氣體流量校正技術及系統建置，提高系統運轉最大實際流量由 600 m³/h 提高至 2000 m³/h (@55 bar 工作壓力)，最大校正管線管徑由 100 mm 提高至 200 mm。預期完成後之循環式高壓氣體流量校正系統，量測不確定度可由 0.30 % 降至 0.25 %。

因應大量再生能源導入與節能減碳趨勢，我國於 2012 年已核定「智慧電網總體規劃方案」，預計在 2032 年以前投入 1399 億的預算，來推動台灣智慧電網建設。智慧電網涵蓋範圍包含發電與調度、輸電、配電及用戶等架構。其中，諸多量測設備用以強化電力系統整體運轉效率、確保供電品質及電網可靠度，主要包含：(1)先進讀表技術(AMI)；(2)輸電網之廣域監測系統；(3)輸配電及變電監測設備。以台電的智慧電網計畫為例，台電首先從建置先進讀表基礎建設著手，預計未來 10 年內將 600 萬具傳統電表換裝成智慧電表，屆時智慧電表不僅可以記錄台電供給用戶的用電量，也可以記錄用戶利用再生能源(如太陽能、風力)發電回售給台電的發電量。因此，無論是傳統電表或是智慧電表，其量測準確性都關係著電力交易的公平性。尤其電表在安裝至用戶前，都必須經過由標檢局所委託代施檢定的台灣大電力研究試驗中心檢驗通過後，方可安裝作為電費計價的依據，以確保消費大眾的權益。而台灣大電力研究試驗中心的電力相關標準件，必須每年定期送至 NML 校正，透過國家電力參數標準的傳遞，確保其檢驗的準確度，進而達到公平交易與保障電力用戶權益等目的。由此可見，強化電力品質與電網可靠度是國家發展智慧電網建設的重要環節與關鍵。尤其，綠電併網後之電力品質與直流電力等相關計量標準追溯，NML 更須加以建立及擴充系統校正能量，以確保綠電供電安全與電力計價之公平交易。

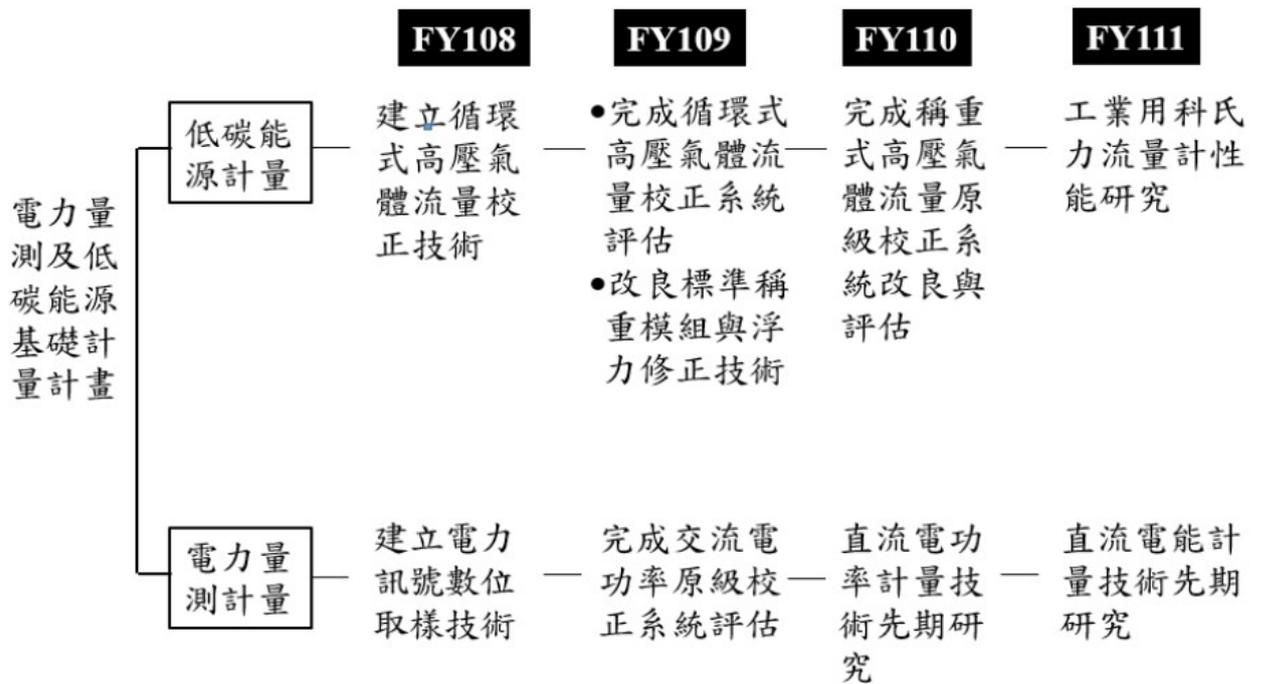
為保障智慧電網之安全與可靠度，及計價準確與公平性，必須確保電

力量測設備之準確度與一致性，此端賴 NML 建立完整的國家電力計量標準，以提供校正追溯。因此，(1)為確保「輸配電自動化之電力品質監測」的量測準確性，避免電力調度中心資料分析錯誤，進而導致大規模停電的危機，NML 需建置交流電功率原級校正系統新能量，並採用與歐盟同步之數位取樣(Digital Sampling)技術，將系統校正電壓提高至 480 V (原有校正能量：220 V)，電流提高至 80 A (原有校正能量：5 A)，以完備國家智慧電網量測設備校正之自主追溯能力，以及廣域監控設備(PMU)交流電功率及電力品質參數的計量追溯範圍。再者，台電每年雖僅送一件標準件追溯至 NML 的電力標準原級標準系統，而每年電費收入合計約 5,000 億元以上，當再生能源占總發電量 20 %時，因電力量測設備如電度表的精確度與檢定公差(%)之間若有 1 %的誤差存在，便會造成每年約 10~15 億元的電費糾紛；(2)透過再生能源設備如風電系統發電所產出高壓綠電(161 kV)拼接至台電既有電網時，應考量到電力交易的計價問題，此時便需透過比壓器將高壓降至一般電力計量表可以量測的範圍。因此，電力領域比壓器之校正範圍須由目前最大的交流高壓 100 kV 提升至 200 kV，以符合綠電計價之準確性與公平性。因此，為強化「智慧配電之輸變電設備狀態監測」的計量追溯範圍，NML 需建置比壓器系統新能量(由原先的 100 kV 校正能量，提升至最高校正電壓為 200 kV)之校正能力。

三、全程計畫目標

配合行政院核定「能源發展綱領」修正案中之我國非核家園能源轉型及綠能科技產業創新推動方案，建立我國綠能產業最高量測標準，藉由國家度量衡標準實驗室研究實驗，提供產業所需校正服務，以計量標準支持能源轉型發電配比改變推動、支援智慧電網推動之電力有效調度管控，及提供相關能源產品研發和商品化過程所需要的量化科學依據，達到併網後的穩定電力及非核家園、能源轉型，2025 年低碳天然氣發電量佔比達 50 %，提升能源效率達節能的目的，促進民生福祉、社會安全、實現經濟發展、公平交易。

四、全程計畫架構



五、預期效益

- 配合行政院核定「能源發展綱領」修正案中之我國非核家園能源轉型、及配合綠能科技產業創新推動方案之節能發展主軸，建立具國際等同水準之綠能科技計量標準與技術，確保綠能科技整體運作之完整性與準確性，協助產業能源技術開發達到效率提升與改善，以及綠能發展與低碳能源氣體規範建立的重要依據，作為循環經濟之重要一環。
- 藉由計量標準能量的擴大，將天然氣從產氣/購氣→輸氣→配氣→交易的所有交貨口計量行為全部納入有效的、具可追溯性的管理，對於中油、台電、電廠、瓦斯公司、儀表供應商、系統操作商、終端使用者提供完整的交易保障，降低全國供應任何可能的操作風險。
- 建置完整的國家電力標準計量追溯體系，除了能滿足國內電網廣域監控設備之電力品質參數校正的計量追溯範圍之外，更可確保國內電網相關產業之電價計價準確性與公平性。
- 建立維持與國際接軌的「國家最高標準」，建置標準、檢測技術和驗證平台，提供相關能源產品研發和商品過程所需要的依據，促進民生福祉、社會安全、實現經濟發展、公平交易。所建立的標準系統亦將提供東南亞區域校正與檢測服務，以滿足區域性計量追溯需要。

六、重要技術建立時程圖

• 低碳能源計量

年度	FY108	FY109	FY110	FY111
目標與規格	<ul style="list-style-type: none"> • 建立循環式高壓氣體流量校正技術，最大工作壓力 55 bar，最大流量 110000 Sm³/h 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成循環式高壓氣體流量校正系統評估，量測不確定度 ≤ 0.25 % • 改良標準稱重模組與浮力修正技術。 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成 F05 高壓氣體原級校正系統-稱重法改良與評估，量測不確定度 ≤ 0.11 %。 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成工業用科氏力流量計性能研究。
建立之關鍵技術	<ul style="list-style-type: none"> • 流量校正系統設計技術 • 流量控制技術 • 氣體溫度控制技術 • 自動化系統軟硬體整合技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 自動化及資料擷取系統軟體設計技術 • 各式流量計器差多變數迴歸技術 • 流量標準系統不確定度評估技術 • 陀螺儀電子模組旋轉電流穩定度調控技術 • 稱重室環境空調控制技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 球罐保溫技術 • 稱重平台砝碼校正及評估技術 • 空間均溫性評估及浮力修正評估技術 • 流量校正系統評估技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 科氏力流量計零點漂移評估技術。 • 科氏力流量計壓力效應評估技術 • 科氏力流量計安裝應力影響評估技術
智權成果	<ul style="list-style-type: none"> • 循環式高壓系統設計規劃技術報告 	<ul style="list-style-type: none"> • 循環式高壓系統校正程序 • 循環式高壓系統評估報告 	<ul style="list-style-type: none"> • 陀螺儀稱重系統評估報告 	<ul style="list-style-type: none"> • 科氏力流量計性能研究報告
預期效益	<ul style="list-style-type: none"> • 滿足國內大口徑高壓天然氣交易計價基準儀表追溯，使台電、中油等公司的流量量測標準件可免送國外校正(節省時間與金錢)，並避免設備 1 % 的量測誤差，可能造成每年約 30 億元的交易糾紛。 • 提供業界高壓氣體流量檢測服務，並提供諸如永隆、擎傑、臺灣西克等公司相關溫度壓力量測儀錶、高壓流量儀表及流量電腦等設備開發與維修供應之計量追溯。每年影響產值達 20 億以上。 		<ul style="list-style-type: none"> • 提供國內高壓天然氣流量校正追溯管道。例如元寧、台灣漢氫、三福、聯華等特殊氣體與儲氣設備業，及永隆、擎傑、臺灣西克等量測儀錶業，影響產值達 25 億以上。 • 提供業界高壓天然氣檢測服務，並提供相關量測儀錶、計量儀表及流量電腦等設備開發與維修供應之計量追溯基礎，影響產值達 25 億以上。 • 研究科氏力流量計性能，提供業界使用參考。 	

註：Sm³/h 代表一大氣壓常溫狀態

• 電力標準計量

年度	FY108	FY109	FY110	FY111
目標規格	<ul style="list-style-type: none"> • 建立電力訊號數位取樣技術，取樣頻率達 50 kHz • 電力訊號之交流電壓與電流數位取樣量測不確定度分別小於 100 $\mu\text{V}/\text{V}$ 及 100 $\mu\text{A}/\text{A}$。 	<ul style="list-style-type: none"> • 擴建交流電功率原級校正系統，校正電壓 480 V，電流 80 A • 完成交流電功率原級校正系統評估，相對量測不確定度 $\leq 3 \times 10^{-4}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成直流電功率技術先期研究 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成直流電能技術先期研究
建立之關鍵技術智權成果	<ul style="list-style-type: none"> • 電力訊號數位取樣技術 • 交流電功率原級校正技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 交流電功率原級系統之量測不確定度評估技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 直流電功率量測架構設計技術 • 動態直流電功率量測技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 直流電能量測架構設計技術 • 動態直流電能量測技術
預期效益	<ul style="list-style-type: none"> • 電力訊號數位取樣量測技術報告 	<ul style="list-style-type: none"> • 交流電功率原級系統校正程序 • 交流電功率原級系統評估報告 	<ul style="list-style-type: none"> • 直流電功率計量技術先期研究報告 	<ul style="list-style-type: none"> • 直流電能計量技術先期研究報告
	<ul style="list-style-type: none"> • 滿足國內電網廣域監控設備之電力品質參數校正的計量追溯範圍，國內如台電、台灣大電力研究中心、及電力品質分析儀製造商等公司的電力量測標準件可免送國外校正(節省時間與金錢)，約可降低 2% 的營運成本支出。 • 完備交流電力標準之自主追溯能力，並有效降低高階電力品質分析儀等設備的追溯不確定度，確保智慧電表的量測準確度，協助國內智慧電表製造商(如中興電工及大同公司)掌握龐大商機(智慧電表在 2024 年擴增至 300 萬戶時，影響總商機將達 250 億元)。 		<ul style="list-style-type: none"> • 促使國家電力標準系統的量測範圍得以從交流電力涵蓋至直流電力，進而逐步建置直流電力計量標準系統與技術，以完備國家直流電力計量之標準追溯鏈與校正能量，並滿足市場規模逐年成長之電動車快速充電設施(如直流充電樁)的直流電力標準追溯，確保充電計費之準確性與交易公平，影響金額超過數 10 億元。 • 研究直流電力計量標準相關技術，提供未來制定直流電度表施檢規範之參考。 	

貳、本年度計畫

一、108 年度計畫執行架構

	<u>分項工作</u>	<u>子項工作</u>
電力量測及低碳 能源基礎計量計 畫	低碳能源計量	建立循環式高壓氣體流量校正技術
	電力標準計量	建立電力訊號數位取樣技術

低碳能源計量：目前國家標準實驗室之高壓氣體流量標準能量過低，傳遞至煉研所(150 mm~200 mm)及電廠使用端管徑(300 mm ~ 600 mm)的計量表的準確性(或不確定度)無法再提升，故 108 年度規劃建置新能量，提高循環式高壓氣體流量校正能量，最大流量由 33,000 Sm³/h 擴充至 110,000 Sm³/h^註，最大校正管線管徑由 100 mm 擴大至 200 mm，最高工作壓力 55 bar，不確定度從 0.3% 降低至 0.25%。

電力標準計量：採用具有類比數位轉換器(ADC)功能之高階電表，建立與歐盟同步之電力訊號數位取樣技術，取樣頻率達 50 kHz，並完成交流電壓與電流訊號之數位取樣穩定度測試。

註：Sm³/h 代表一大氣壓常溫狀態

二、研究方法與步驟

(一) 低碳能源計量

NML 現有高壓氣體流量校正系統系採用陀螺儀秤重器搭配換向閥進行氣量蒐集與質量及時間量測做為原級追溯標準，並以音速噴嘴為工作標準，採用吹氣式校正模式來進行高壓氣量計校正服務。為擴大可校正的流率範圍與較大口徑的流量計，國際上多數高壓氣體流量實驗室皆採用循環氣流法來作為實務上的校正方法，如德國 *pigsar*TM，荷蘭 Euroloop，丹麥 Force Technology 等。本計畫將規劃的循環式設計，可將目前國家實驗室在維持 55 bar 高壓的情況下之校正服務的流量擴充至將近 10 倍達 110000 Sm³/h^註，此計畫的研究規劃如下：

註：Sm³/h 代表一大氣壓常溫狀態

- 循環式高壓氣體流量校正技術流程設計
- 高壓氣體流量校正技術剖析
- 管線設計文獻研究
- 高壓鼓風機技術規範研究
- 儀器自動化軟體研究



- 管線設計
- 主管路修改為 250 mm，被校件尺寸最大為 200 mm。增加管路過濾器



- 鼓風機壓升需求估算
- 建立鼓風機技術規格，並尋訪高壓鼓風機廠商
- 風機採購



- 依據校正能量決定高壓鼓風機、標準件、查核件規格尺寸
- 增加 1 具最大流量 2000 m³/h，耐壓 60 bar 高壓鼓風機
- 增加 50 mm 轉子式標準件，完成後共計會有 8 具 50 mm 轉子式標準件
- 新增 150 mm 超音波標準件
- 新增 200 mm 超音波查核件
-



- 依據鼓風機規格執行熱交換能量估算
- 重新設計滿足新系統的熱交換系統(含冰水機，熱交換器，泵浦，三向閥，PID 自動控制器，冰水儲槽)



- 電機電力系統配置
- 大流量配電機房至壓縮機房電力線與配電盤配置 460 V、3 相、60 Hz、500 kW，配電盤與變頻器、變頻器與鼓風機電力線配置

(二)電力標準計量

NML 交流電功率原級系統擬採用與歐盟同步之數位取樣(Digital sampling)技術，以建立動態電力與脈衝/突波電能等電網品質校正能量，並將系統校正電壓提高至 480 V，電流提升至 80 A，以建立國內電力計量標準自主追溯管道。未來透過電力標準原級系統所傳遞之電力標準，可有效降低電力、電機與綠能等產業常用來監控智慧電網輸配變電力品質與可靠度的廣域監控設備如電力品質分析儀、同步相量測量器(PMU)等儀器設備的追溯不確定度。

本計畫建立之數位取樣技術主要是利用交流電功率源(最高輸出電壓為 1000 V；最大輸出電流為 120 A；基波頻率輸出範圍為 16 Hz 至 850 Hz；相角變化範圍為 -180° 至 180° ；最高輸出諧波次為 64 次)提供一穩定交流電功率訊號，包含交流電壓、交流電流、頻率及功率因數等電功率組成參數輸出至由電感式分壓器(Inductive voltage divider, IVD)、交流分流器(AC Shunt)及具有類比 ADC 數位轉換器(ADC)功能之高階電表(具 8 個同步化類比輸入端；16 位元解析度可達各通道最高 1.25 MS/s 取樣率；內建記憶體 32 MB 可穩定訊號擷取作業；輸入電壓最高 ± 10 V)所組成的標準交流電力原級系統及待校儀器。其中，交流電壓將透過電感式分壓器作降壓輸出，該電壓輸出值將小於 1 伏特。電感式分壓器之最小分壓比例為 1000:1，電壓分壓比率誤差小於 $5 \mu\text{V/V}$ ，量測頻率為(50~60) Hz；而交流電流則透過交流電流分流器將電流訊號轉換成電壓訊號，該電壓輸出值固定為 0.8 伏特。電流分流器之輸入電流範圍為 10 mA to 80 A，輸出電壓皆為 0.8 V；相位偏移誤差小於 0.001° ，量測頻率為(50~60) Hz。此時，再透過同步取樣方式由具有類比數位轉換器功能之高階電表將類比訊號轉換成數位訊號，取樣時的電壓相位與電流相位將參考至同一個相位基準波波形，並以波形取樣時序來完成同步數位取樣。

為了有效降低整體的量測變異性，電力訊號數位取樣的重覆量測次數為 24 次，每次執行交流電壓差值取樣量測時共需進行 12 個數據擷取週期，並以此 12 個數據擷取週期的量測數據作均值計算。根據每個數位取樣值，藉由快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)分析法將數位取樣量測值重新建構及還原由電感式分壓器之分壓輸出端與交流電流分流器之電壓輸

出端所輸出之雙電壓波形，以計算其各自的波形振幅值以及相位偏移量。其中，波形振幅值包含 $1f$ 、 $2f$ (2 倍頻率)、 $3f$ (3 倍頻率) 等振幅值，而 $1f$ (基頻) 之振幅值須再以取樣誤差公式 (Aperture-Error Formula) 作波形振幅值修正，以確實得到精準的待校交流電壓值 (rms)。而取樣誤差公式的定義為： $\sin(\pi f \cdot \tau) / (\pi f \cdot \tau)$ 。其中， f 是交流電壓頻率； τ 則為取樣電表的量測取樣時間 (Aperture Time)。

最後，標準有效電功率、標準無效電功率、標準電壓諧波及標準電流諧波等輸出訊號與待校儀器所測得之量測值經比較分析後即可將待校儀器的量測結果作修正，最終達成校正目的。

此外，本計畫亦將針對系統執行電力訊號數位取樣量測時所衍生之量測變異性作深入分析與評估，以完成交流電功率原級校正技術的建置。

參、計畫變更說明

本計畫全年度無變更事宜，依規劃執行完成預期目標。

肆、執行績效檢討

一、與計畫符合情形

(一)進度與計畫符合情形

	預定進度										實際進度	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. 低碳能源計畫			A-1		A-2						A-3	A-4
											
B. 電力標準計畫			B-1			B-2			B-3			B-4
											
累計進度百分比%	10		40			70			100			

(二)查核點說明

預定查核點	完成時間	查核點概述
A-1	108年03月	• 完成高壓鼓風機系統及高壓循環氣流運轉模組設計及規劃
A-2	108年05月	• 完成高壓鼓風機系統、及高壓循環氣流運轉模組請購
A-3	108年11月	• 完成高壓鼓風機系統、及高壓循環氣流運轉模組測試驗收及高壓氣體流量系統整合測試
A-4	108年12月	• 完成系統流量、壓力及溫度穩定度測試
B-1	108年03月	• 完成電力訊號數位取樣實驗架構設計及規劃
B-2	108年06月	• 完成電力訊號數位取樣量測軟體建置
B-3	108年09月	• 完成動態電力訊號數位取樣與分析技術建立
B-4	108年12月	• 完成電力訊號數位取樣校正程序建置

二、目標達成情形

(一) 低碳能源計量分項

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
建立循環式高壓氣體流量校正技術，最大工作壓力 55 bar，最大流量 110000 Sm ³ /h	高壓鼓風機系統及高壓循環氣流運轉模組設計及規劃	<ul style="list-style-type: none"> • 在系統標準件的選用方面，依據 NML 高壓系統最大工作壓力 60 bar 及最大標準體積流率 12,000 Sm³/h 等限制條件，搭配循環氣流模組提供之最大工作壓力 55 bar，則標準件實際體積流率不能超過 218 Am³/h。依據實驗室累積使用經驗，規劃選用廠牌/型號為 Itron/ Delta S-Flow G100 之 50 mm 轉子式流量計(8 具)組成 25 Am³/h 至 1000 Am³/h 校正範圍之傳遞標準件及工作標準件，每具追溯範圍為 25 Am³/h 至 125 Am³/h。 • 1000 Am³/h 至 2000 Am³/h 校正範圍，由 2 具 150 mm 超音波流量計並聯組成，每具最大流率 1000 Am³/h，追溯至 8 具 50 mm 轉子式流量計。 • 在系統查核件的選用方面，將由一具 50 mm 轉子式流量計及一具 200 mm 超音波流量計所組 	無差異

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>成。轉子式流量計查核低流率，200 mm 超音波流量計查核中、高流率。其中 50 mm 轉子式流量計查核件亦可充當傳遞標準件，追溯至 NML 的音速噴嘴，並依序校正前段所提及之 8 具 50 mm 轉子式流量計工作標準件。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 超音波流量計及被校件上游之整流器選用 CPA 65E 以降低管路壓損。 • 在實驗室空間限制下完成高壓循環氣流運轉模組之管路、閥件、儀器及冷卻系統等之設計與規劃。 • 初步選定熱交換器所需之冰水機為 100 冷凍噸，相當於 350 kW。冷卻水塔則選擇約 120 冷凍噸。 • 電力機電系統方面，依據高壓鼓風機及冷卻系統的需求，估算約需要 500kW，60 Hz，460 V 的台電電力。 	
	<p>高壓鼓風機系統、及高壓循環氣流運轉模組請購</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 高壓鼓風機經採購部門公開徵求，國際上雖有 Howden、Holly 等代理供應商，然依價格、交貨期、廠區空間限制、吊車荷重、溫控需求等 	<p>無差異</p>

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>因素考量下，合格廠商為德國 Antewa 公司，鼓風機以馬達旋轉扭力，帶動磁性耦合器 (Magnetic coupler) 的磁場變化，間接帶動鼓風機葉輪的旋轉。馬達與葉輪沒有實際上接觸，避免了動態軸封旋轉時不容易氣密的困擾。初部估算，馬達所需電力為 350 kW，170 Hz，460 V。於 4/1 完成「高壓鼓風機系統」訂購。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成高壓循環氣流運轉模組之管路、閥件、儀器及冷卻系統等之設計與規劃後，取得怡豐機械公司、永隆工程公司及達盛機械公司等三家報價，4/11 決標由怡豐機械公司以 720 萬元得標，已於 4/24 完成訂購。 • 怡豐機械公司已交付高壓循環氣流運轉模組管線配置圖，圖號 08026-001 至 08026-004 及開出發票申請第一期款 NT\$2,880,861 元。並依據高壓鼓風機最新圖面，完成重新繪製地下室鼓風機最新三視圖--鼓風機管路上視圖、鼓 	

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>風機管路左視圖及鼓風機管路正視圖。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電力機電系統方面，依據高壓鼓風機及冷卻系統的需求，約需要約需要 500 kW，60 Hz，460 V 的台電電力，已委由量測中心技術支援部辦理發包，於 7/1 完成。 	
	<p>高壓循環氣流運轉模組組裝、高壓鼓風機性能測試、及高壓氣體流量系統整合測試</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 完成高壓循環氣流運轉模組之管路組件與支架製作及初步組裝、及高壓廠區一樓部分原有循環管路拆除。一樓通往地下室鼓風機房之地板鑽孔、拆卸地下室鼓風機房之舊有熱交換器及鼓風機及旁通閥。控制室至地下室之監控鼓風機運轉狀況所需配線。 • 八具 50 mm 轉子流量計先組裝四部來定位、16 具 50 mm 手動球閥已組裝、前後 Header 已定位。 • 11/6 完成熱交換器、大小台鼓風機、大台鼓風機變頻器等之定位。 • 11/30 完成高壓循環氣流運轉模組工程及系統之電力線配置。 • 9 月在德國原廠完成高壓鼓風機常壓下性能測試，測試結果在最大流量 2000 m³/h 時，壓升 	<p>無差異</p>

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
	系統流量、壓力及溫度穩定度測試	<p>為 57mbar，測試結果優於採購規格 50 mbar。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 12/12 完成循環式系統管路耐壓測試，最大測試壓力 66 bar，持續 2 小時以上，結果合格要求。 • 完成系統組裝並於 12/9 至 12/13 完成鼓風機於壓力 5、10 bar 分別運轉至最大設定流率 2550 m³/h 及 2520 m³/h。 • 完成循環系統在 5、10 bar 壓力下，以實際流率超過 2000 m³/h，進行流量穩定度測試及壓力及溫度穩定測試。 	

(二)電力標準計量分項

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
<p>建立電力訊號數位取樣技術，取樣頻率達 50 kHz</p>	<p>電力訊號數位取樣實驗架構設計及規劃</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 本計畫擬建立之數位取樣技術主要是規劃利用動態電力訊號輸出源提供一穩定交流電功率訊號，包含交流電壓、交流電流、頻率及功率因數等電功率組成參數輸出至由電感式分壓器、交流分流器(AC Shunt)及具有類比數位轉換器(ADC)功能之取樣電表(具 8 個同步化類比輸入端；16 位元解析度可達各通道最高 1.25 MS/s 取樣率)所組成的電力訊號數位取樣實驗架構。 • 交流電壓將透過電感式分壓器作降壓輸出，該電壓輸出值將小於 1 伏特。電感式分壓器之最小分壓比例為 1000:1，電壓分壓比率誤差小於 5 μV/V，量測頻率為 (50~60) Hz；而交流電流則透過交流電流分流器將電流訊號轉換成電壓訊號，該電壓輸出值固定為 0.8 伏特。電流分流器之輸入電流範圍為 10 mA to 80 A，輸出電壓皆為 0.8 V；相位偏移 	<p>無差異</p>

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>誤差小於 0.001°，量測頻率為(50~60) Hz。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 透過同步取樣方式由具有類比數位轉換器功能之取樣電表將類比訊號轉換成數位訊號，取樣時的電壓相位與電流相位將參考至同一個相位基準波波形，並以波形取樣時序來完成同步數位取樣。 • 最後，標準有效電功率、標準無效電功率、標準電壓諧波及標準電流諧波等輸出訊號與待校儀器所測得之量測值經比較分析後即可將待校儀器的量測結果作修正，最終達成校正目的。 	
	電力訊號數位取樣量測軟體建置	<ul style="list-style-type: none"> • 以 LabView 進行電力訊號數位取樣之軟體撰寫，規劃取樣電表分別執行電壓訊號以及電流訊號之數位取樣量測，取樣時的電壓相位與電流相位將參考至同一個相位基準波波形，藉此達成同步數位取樣量測。 • 該軟體藉由快速傅立葉轉換(FFT)分析法將數位取樣量測值重新建構及還原由電感式分壓器之分壓輸出端與交流電 	無差異

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>流分流器之電壓輸出端所輸出之雙電壓波形，以計算其各自的波形振幅值以及相位偏移量。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成 LabVIEW 軟體之硬體介面驅動安裝設定，並整合電力品質功能模組，成功建立電力量測軟體發開平台。此外，參考 IEC 61000- 4-7 及 IEC 61000-4-30 等國際標準，完成電力訊號數位取樣量測主軟體程式之取樣技術與電力計量分析演算法的規劃。 • 以 LabVIEW 軟體進行電力訊號數位取樣量測之主軟體程式的撰寫，其程式架構包含數位取樣參數設定、電壓/電流原始波形顯示、電壓/電流諧波分析顯示、以及電功率分析顯示等四大項功能。 • 針對交流電壓(110 V、220 V、480 V)以及交流電流(範圍：10 mA 至 80 A)在頻率分別為 50 Hz 與 60 Hz 的條件下，完成同步取樣量測之軟體測試與取樣電表性能評估。從量測結果得知：當取樣電表設定在 10 V 檔位時，有較佳的同步 	

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>取樣性能，其通道間振幅值誤差不確定度$< 1 \mu\text{V}$；通道間相位誤差$< 0.0005^\circ$，皆符合量測需求。</p>	
	<p>動態電力訊號數位取樣與分析技術建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 依據 NML 電力計量標準系統的服務能量範圍，針對經電壓分壓器及電流分流器作轉換後的電壓訊號作取樣量測，並以輸出電壓為 0.64 V、0.8 V 及 0.96 V 在頻率為 50 Hz 或 60 Hz 的條件下，評估取樣電表的同步數位取樣能力。 • 針對動態電力訊號數位取樣量測之基波訊號有效值演算與分析方法的建立，規劃以快速傅立葉轉換(FFT)分析法與直接積分取樣訊號法作比較與評估。從量測結果得知，以 FFT 演算分析法作基波訊號有效值演算可得到較佳的 A 類標準不確定度【約(4.0 to 6.3)$\times 10^{-7}$】，，並可符合量測需求。 • 完成模擬綠電併網時與電池充放電時之兩種不同類型的動態電力訊號取樣量測，並與透過數學模型所建置之理論波 	<p>無差異</p>

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>形、以及傳統電力標準表(Radian RD-33)的量測結果作比較與誤差分析。量測時所採用之動態電力波形主要是依據加拿大 NRC 與中國 NIM 兩個國家實驗室的研究成果作設計參考。該研究是將智慧電網中的各項動態電力源進行波形分析並作波形組成分類，最終以兩種數學模型來作歸納，即正弦波包絡基頻訊號(此為典型的綠能併網動態波形)與梯形波包絡基頻訊號(此為典型的電動車充電動態波形)。首先，本計畫先以動態電力訊號輸出源實現兩種典型的動態波形輸出，並另以數學模型計算出理論值，以供量測誤差值計算。接著，分別以傳統電力標準表進行動態波形量測，同時亦以數位取樣電表、電壓分壓器與電流分流器搭配電力訊號數位取樣量測軟體執行動態波形量測，並透過快速傅立葉演算法完成動態波形的有效電功率計算。最終，從分析結果得</p>	

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>知，數位取樣電表之量測值與理論值相近，誤差可小於 0.02 %。反觀，傳統電力標準表之量測值與理論值的誤差較大，且具有較大的量測變異性。以模擬綠電併網時之動態電力訊號量測結果為例，傳統電力標準表之最大量測誤差達 1.33 %，若以台電每年約 5600 億元的電費收入計算，當再生能源占總發電量 20 % 時，此部份的電費收入為 1120 億元，若因電力量測設備如電度表的精確度與檢定公差之間若有 1 % 以上的誤差存在，即會造成每年至少約 11.2 億元的電費糾紛。由此可見，本計畫建立動態電力訊號數位取樣與分析技術的重要性與影響。</p>	
	<p>進行電力訊號數位取樣校正程序建置</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 參考 IEC 61000-4-7，電力訊號數位取樣量測軟體完成電力參數(包含：電壓諧波、電流諧波)計算模型建立，針對電壓與電流諧波之量測誤差皆小於 1 %。 • 參考 IEC 61000-4-30，電力訊號數位取樣量測 	<p>無差異</p>

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>系統完成電力參數(包含：有效電功率、無效電功率)計算模型的建置，針對電力基波訊號乃採 1024 個取樣點作程序設計，此條件下之量測誤差可小於 0.1 %。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成以 30 次循環量測作電壓諧波訊號(諧波次：3 次至 64 次)之量測穩定度評估。在低諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 2%)，數位取樣電表在高次諧波(諧波次：64 次)的量測穩定度明顯優於傳統電力標準表(Radian RD-33)；在高諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 10%)，數位取樣電表整體量測穩定度皆優於傳統電力標準表。 • 完成以 30 次循環量測作電流諧波訊號(諧波次：3 次至 64 次)之量測穩定度評估。在低電流諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 2%)，數位取樣電表在高次諧波(諧波次：64 次)的量測穩定度明顯優於傳統電力標準表；在高諧波比例時(諧波振幅為基波 	

計畫目標	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		振幅的 10%)，數位取樣電表在基波電流為 1 A 至 5 A 且在高次諧波(諧波次:64 次)的量測穩定度明顯優於傳統電力標準表，至於數位取樣電表在基波電流為 10 A 的整體量測穩定度則明顯優於傳統電力標準表。 • 從電壓諧波與電流諧波的量測結果可看出，數位取樣電表在電力訊號的量測穩定度整體優於傳統電力標準表。	

三、配合計畫與措施

單位：仟元

計畫名稱	合作單位	合作計畫內容	經費	執行情形	困難與改進情形
無					

四、資源運用情形

(一)人力運用情形

1.人力配置

計畫名稱	預計年	實際年
電力量測及低碳源基礎計量計畫	3.4	3.33

2.計畫人力

單位：人年

分類		職稱					學歷					合計
年度	狀況	研究員級以上	副研究員級	助理研究員級	研究助理員級以下	博士	碩士	學士	專科	其他		
108	預計	2.8	0.6	0	0	0	1.49	1.49	0.42			3.4
	實際	2.7	0.63	0	0	0	1.36	1.49	0.48			3.33

註 1：本表採用工研院職級計算。

(二)設備購置與利用情形

見附件一、新台幣參百萬以上儀器設備清單。

(三)經費運用情形

1.歲出預算執行情形

單位：新台幣千元

會計科目	預算金額	佔預算%	決算金額	佔決算%	差異說明
(一)經常支出					
1.直接費用					
(1)直接薪資	5,000	17.0	5,000	17.3	
(2)管理費	1,225	4.2	1,225	4.2	
(3)其他直接費用	1,529	5.2	1,529	5.3	
2.公費	61	0.2	61	0.2	
經常支出小計	7,815	26.6	7,815	27	
(二)資本支出					
1.土地					
2.房屋建築及設備					
3.機械設備	21,561	73.4	21,102	73	
4.交通運輸設備					
5.資訊設備(軟體購置)					
6.雜項設備					
7.其他權利					
資本支出小計	21,561	73.4	21,102	73	
合計	29,376	100	28,917	100	

2.歲入繳庫情形

單位：新台幣元

科 目	本 年 度 預 算 數	本 年 度 實 際 數	差 異 說 明
財產收入	—	—	
不動產租金	—	—	
動產租金	—	—	
廢舊物資售價	—	—	
專利授權金	—	—	
權利金	—	—	
技術授權	—	—	
製程使用	—	—	
其他—專戶利息 收入	—	—	
罰金罰鍰收入	—	—	
罰金罰鍰	—	—	
其他收入	—	—	
供應收入— 資料書刊費	—	—	
服務收入— 教育學術服 務 技術服務	—	—	
審查費—	—	—	
業界合作廠商配 合款	—	—	
收回以前年度歲 出	—	—	
其他雜項	—	—	
合 計	—	—	

伍、成果說明與檢討

一、低碳能源計量

(一)年度目標

目前國家標準實驗室之高壓氣體流量標準能量過低，傳遞至嘉義煉研所管徑(150 mm ~200 mm)及電廠使用端管徑(300 mm ~600 mm)的計量表的準確性(或不確定度)無法再提升，故於 108 年度開始規劃建置新能量，系統架構如圖 1-1，除了提高循環式高壓氣體流量校正能量，最大流量由 33,000 Sm³/h 擴充至 110,000 Sm³/h^註，最大校正管線管徑由 100 mm 擴大至 200 mm，最高工作壓力 55 bar。並規劃於 109 年對循環式高壓氣體流量校正系統追溯之原級稱重系統所處稱重室環境進行改善與陀螺儀稱重模組更新及調校，降低量測不確定度。

註：Sm³/h 代表一大氣壓常溫狀態。

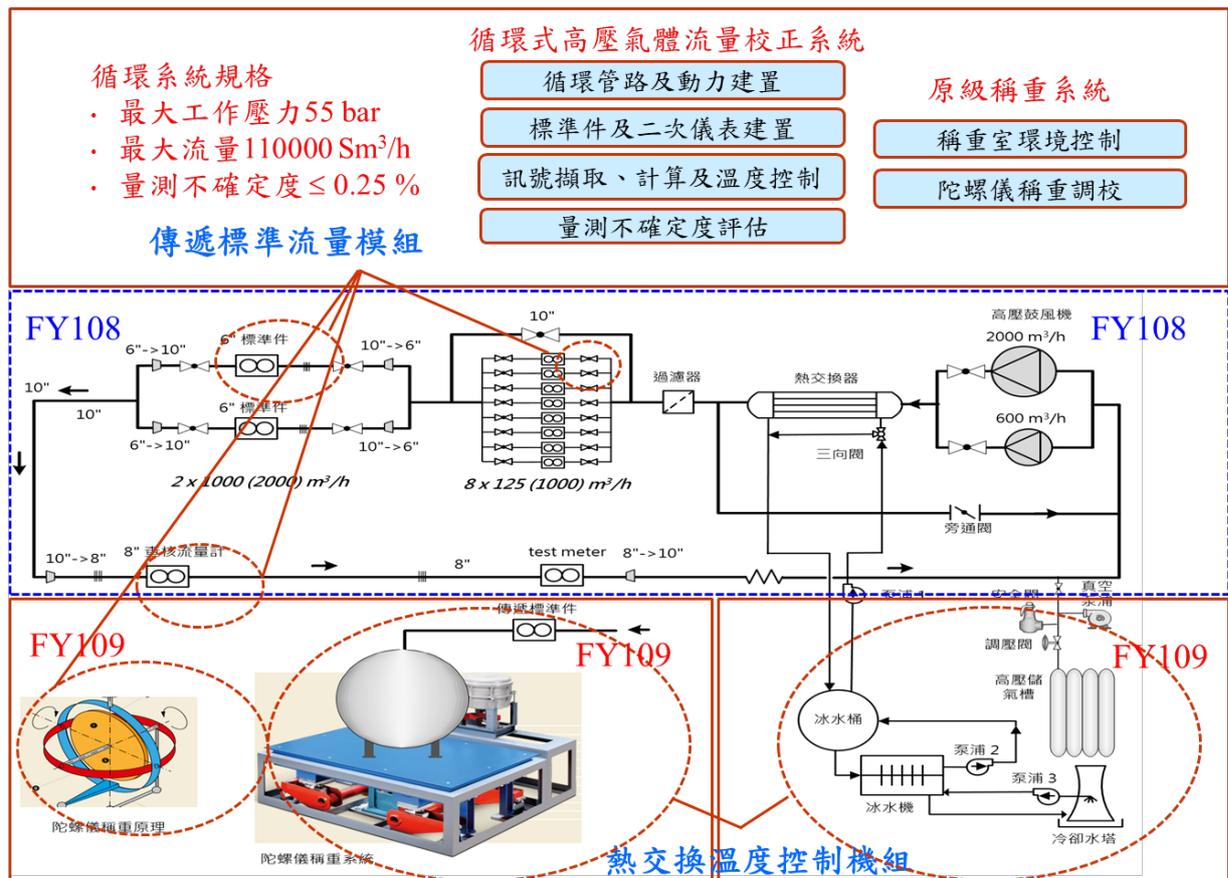


圖 1-1、循環式高壓氣體流量校正系統

(二)研究成果

(1)高壓循環氣流運轉模組管路流程設計與採購

高壓循環氣流運轉模組管路流程設計工作展開，首先建立圖 1-2 之循環式高壓氣體流量校正系統規劃架構，依據選定標準流量計類型及廠牌/型號及數量、可能被校之流量計類型與尺寸、考量現有空間所能安裝尺寸限制，配合可選用最低壓損之整流器(圖 1-3 /CPA 65E)及對流量計安裝效應改善效果比較(圖 1-4)、閥件、接頭等資料，繪製圖 1-5 至 1-11 之管線尺寸圖，然後依據表 1-1 所選取管路及閥件資料；包含不同口徑管件、彎管、變徑管件、標準件原理特性及數量、開關及控制閥件等所組成之初步系統流程(Process flow)，參考“Handbok of Hydraulic Resistance, 4th edition, 2008”，計算出圖 1-12 系統運行時之壓力損失，也就是高壓鼓風機所提供之壓升曲線需求。

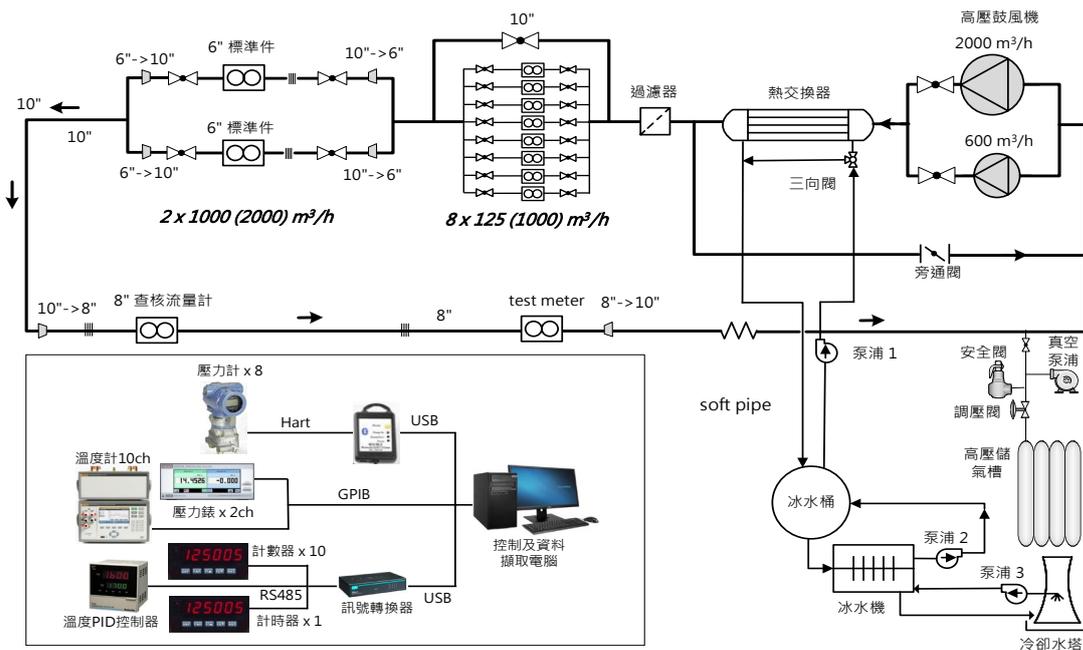


圖 1-2、循環式高壓氣體流量校正系統規劃架構

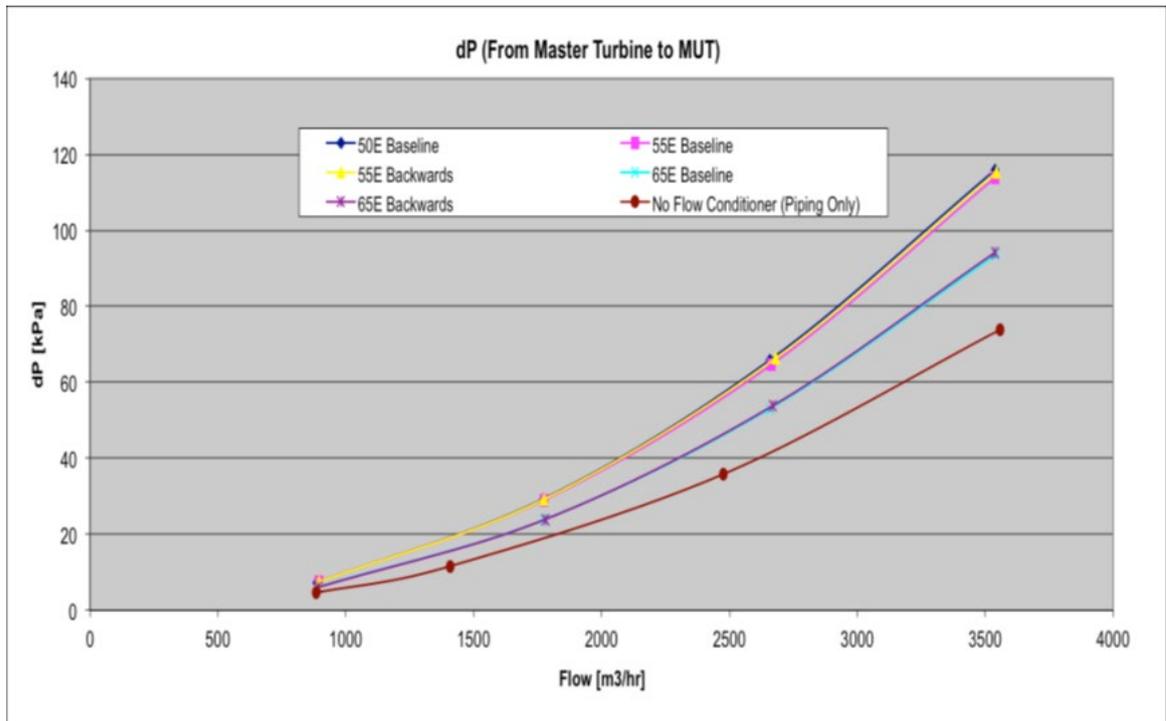


圖 1-3、不同類型整流器壓損比較

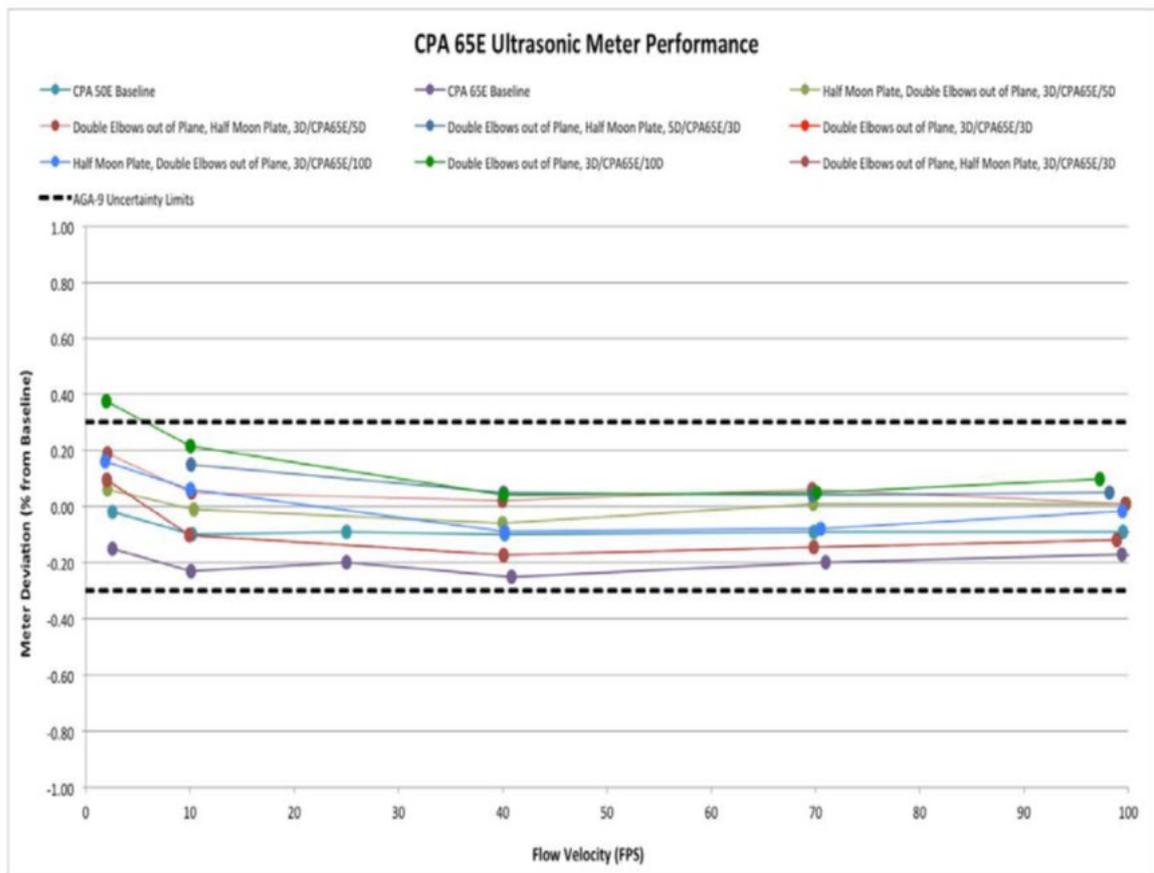


圖 1-4、不同管路配置安裝 CPA 65E 整流器計量特性變化

表 1-1 壓損元件的規格與數量

壓損元件	個數/長度
250 mm 90 度彎管	15
150 mm 整流器	1
200 mm 整流器	2
歧管-s10c10 diverging	1
歧管-s10c10 converging	1
歧管-s10c10 diverging	1
歧管-s10c10 converging	1
大小頭 250 mm 轉 150 mm	1
大小頭 150 mm 轉 250 mm	1
大小頭 250 mm 轉 200 mm	2
大小頭 200 mm 轉 250 mm	2
150 mm 直管 f*L/D	2.233 m
200 mm 直管 f*L/D	3.070 m
250 mm 直管 f*L/D	5.794 m
200 mm Turbine 壓損	1
熱交換器	1

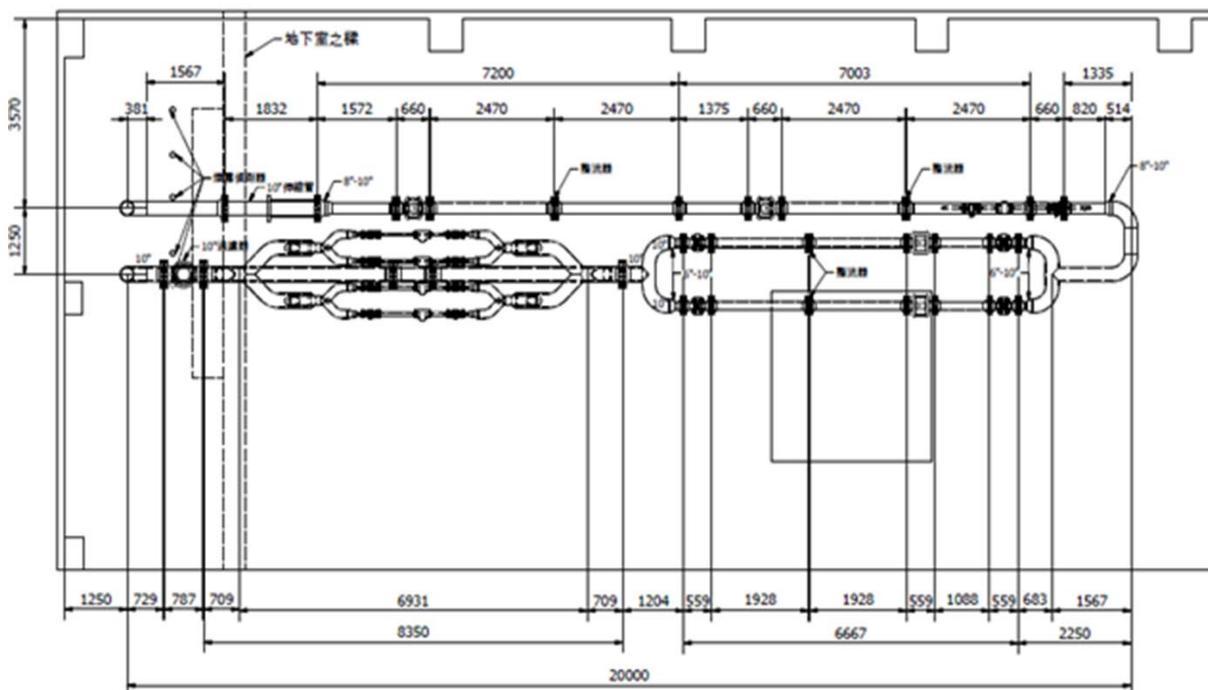


圖 1-5a、管線尺寸圖(單位：mm)(J407EG1100-S-01)



圖 1-5b、管線完成實體



圖 1-5c、管線完成實體

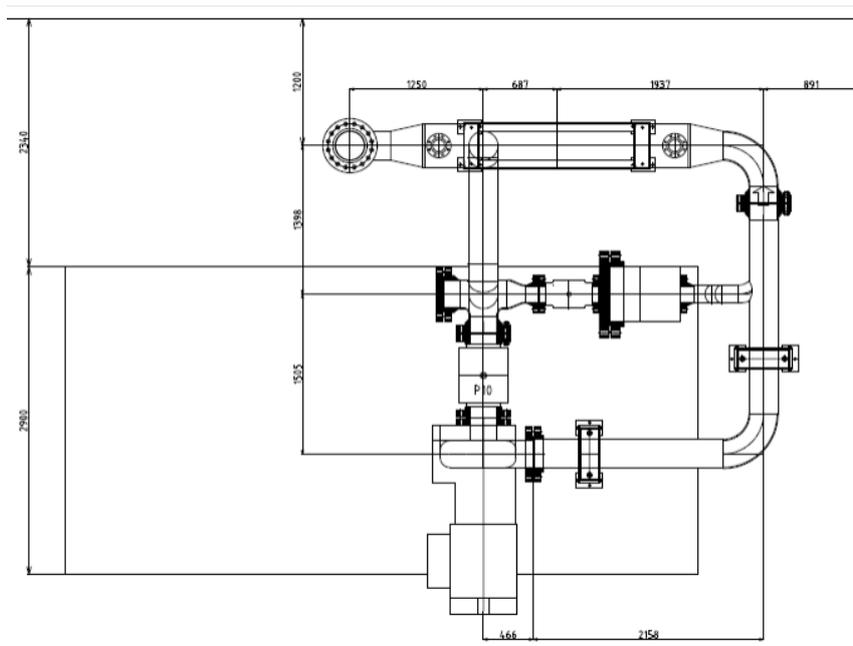


圖 1-6、鼓風機管線上視圖(單位：mm) (J407EG1100-S-02)

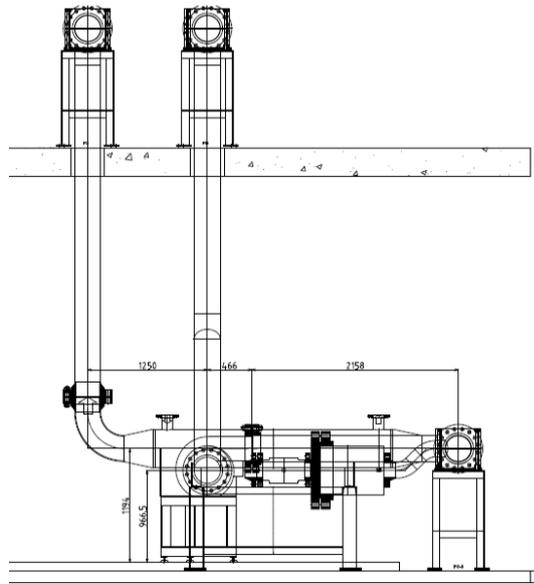


圖 1-7a、鼓風機管線正視圖(單位：mm) (J407EG1100-S-03)



圖 1-7b、鼓風機管線之熱交換器

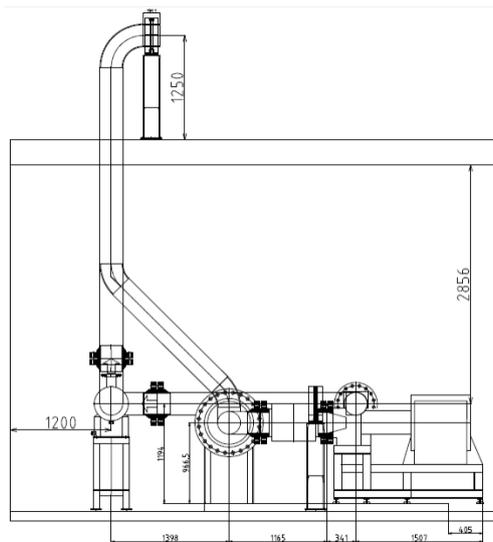


圖 1-8a、鼓風機管線左視圖(單位：mm) (J407EG1100-S-04)



圖 1-8b、鼓風機實體

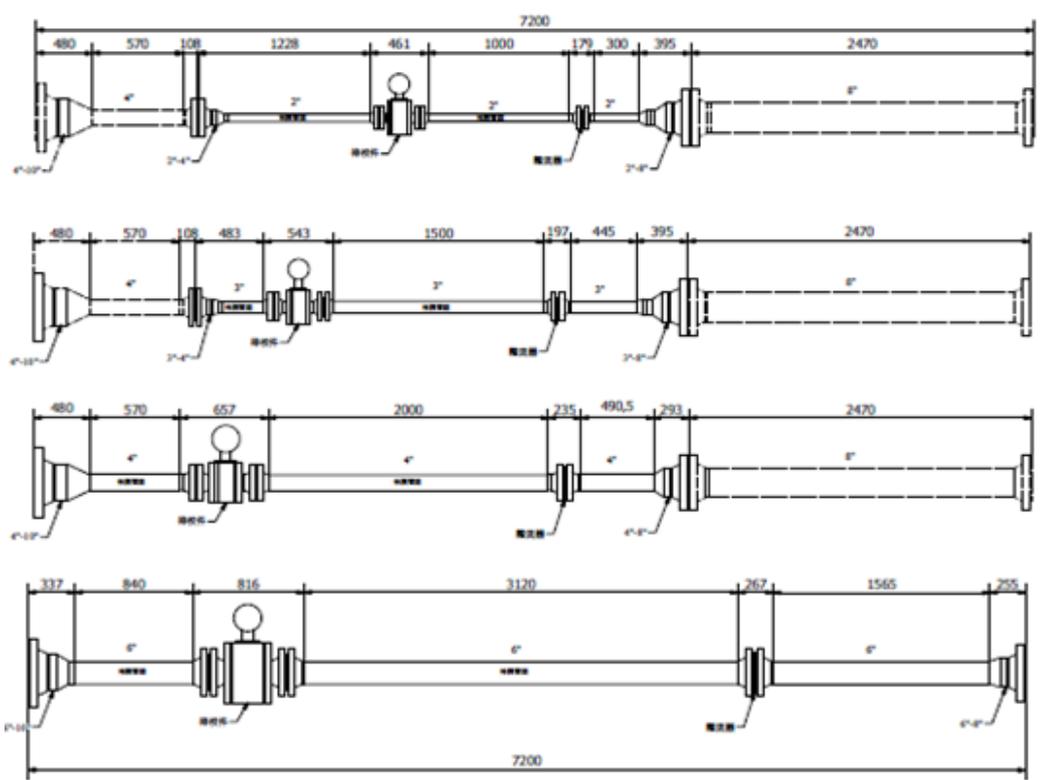


圖 1-9、被校件管線圖(單位：mm) (J407EG1100-S-05)

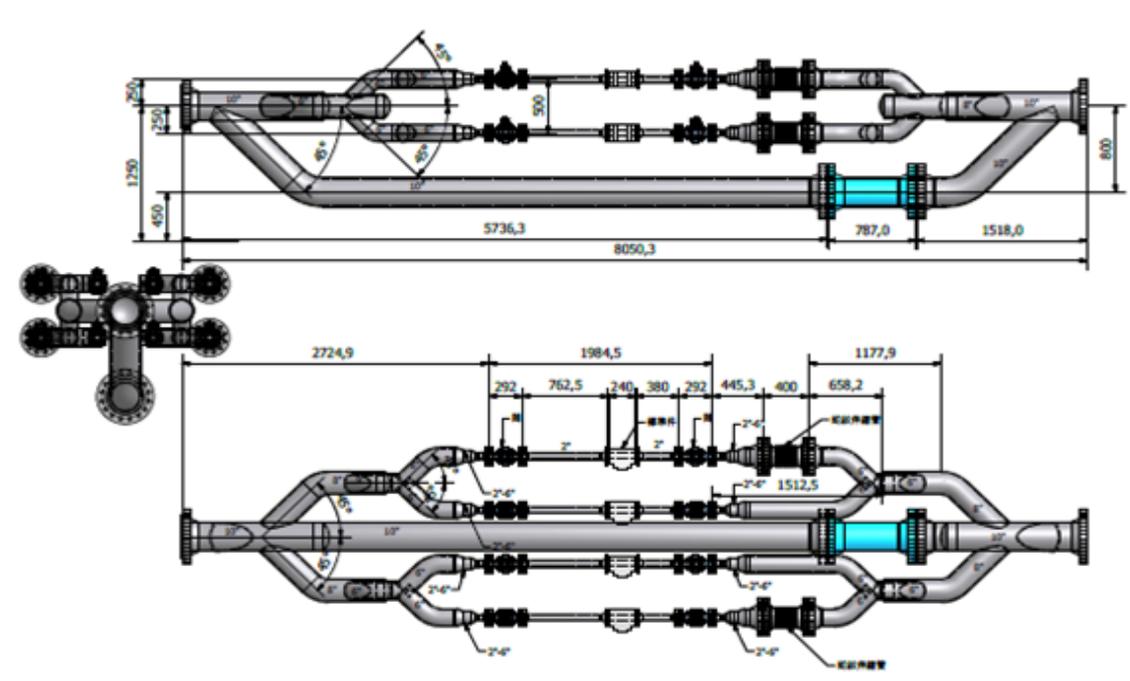


圖 1-10、50 mm 標準件配置圖(單位：mm) (J407EG1100-S-06)

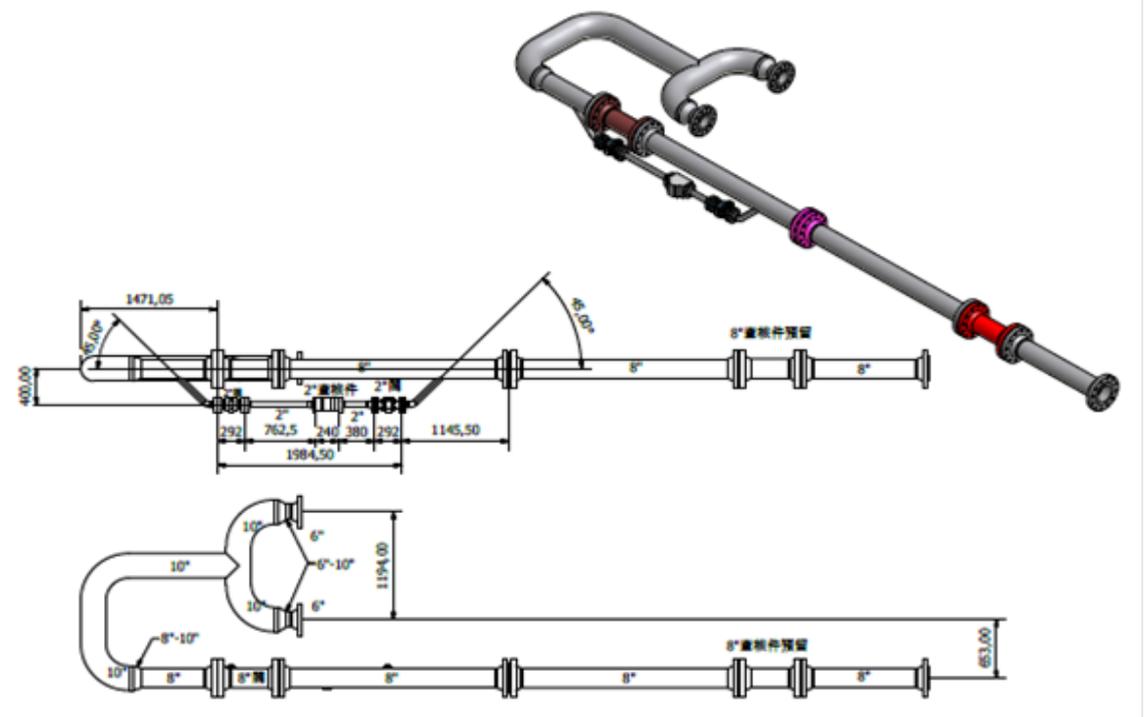


圖 1-11、200 mm 與 50 mm 查核件組合圖(單位：mm) (J407EG1100-S-07)

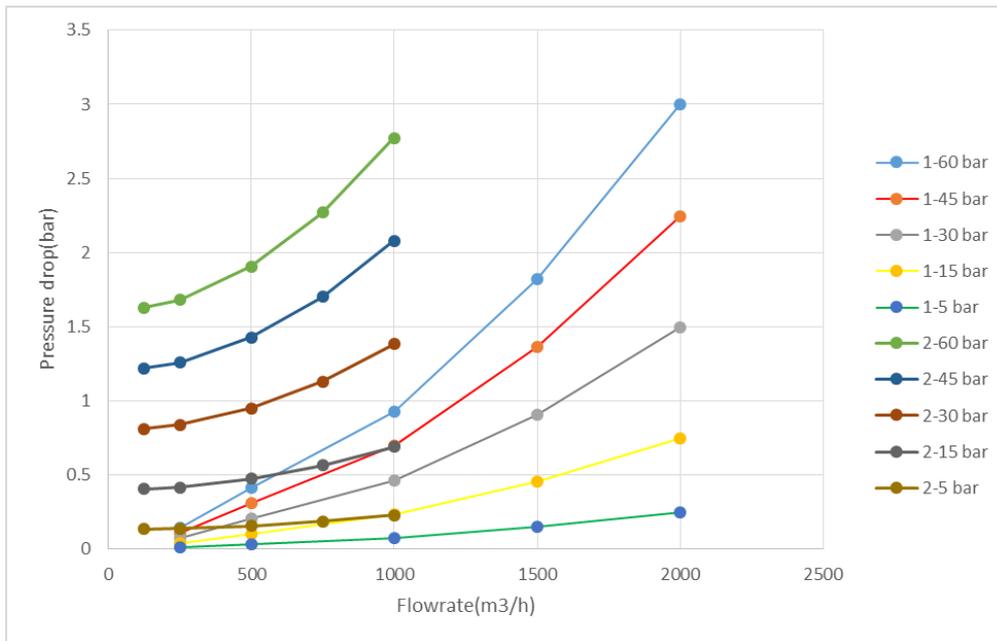


圖 1-12、管路系統於不同流量與不同工作壓力之壓損
(1:使用 150 mm 超音波流量計 1 台; 2:使用 150 mm 超音波流量計 2 台並聯)

(2)高壓鼓風機系統規格規劃與採購

循環式高壓氣體流量校正系統使用之高壓鼓風機系統用途，係為克服流體於循環管路流動之壓損及建立穩定的流率。本校正系統使用乾燥空氣作為校正介質，校正管路最大工作壓力為 55 bar，最大實際流量為 2000 Am³/h。選用之高壓鼓風機系統規格除了需克服 (a)高壓氣密性。(b)高壓升(>3 bar @ 60 bar)；其運送與安裝及溫控需求也需列入考慮。

目前國際上高壓鼓風機代表廠商為 Howden、Reitz、Antewa 等；各有其設計及製造能力，此三家廠商設計都採用密閉式或電磁驅動機電風機系統 (Encapsulated or Magnetic Driven blower system)，其特殊性為風扇放置於高壓密閉管道內，達到高壓氣密要求，並以熱交換器水冷式或氣體流動方式，將馬達機電產生之熱量帶走，達到溫度穩定之效果。

在考量價格、交貨期、廠區空間限制、吊車荷重、溫控需求等因素考量下，本設計最後委託德國 Antewa 公司製作高壓鼓風機(圖 1-13)，其技術特性為以馬達旋轉扭力，帶動磁性耦合器的磁場變化，間接帶動葉輪旋轉。馬達與葉輪沒有實際上接觸，達到軸封在動態旋轉時的氣密性。

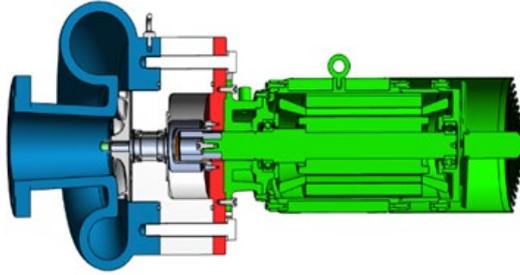


圖 1-13、循環式高壓鼓風機

推動此高壓氣流的馬達所需電力為 350 kW，460 V。依所需操作條件為

- 使用介質：乾燥空氣
- 進氣壓力：60 bar
- 進氣溫度：25 °C
- 進氣密度：70.8 kg/m³
- 熱交換器出口流率：2000 m³/h
- 熱交換器耐壓：70 bar

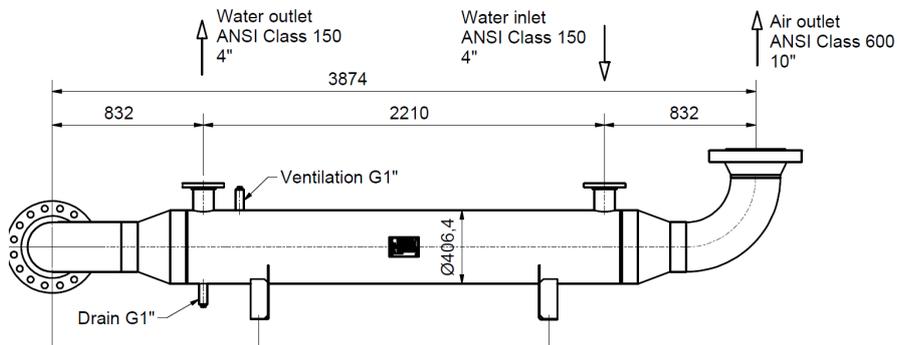


圖 1-14、熱交換器(單位：mm)

Antewa 最終設計之熱交換器如圖 1-14，使用設計材料及尺寸與重量為：

Tube：不鏽鋼 sus 316L or sus 316Ti

出口及入口緩衝管路：sus 316L or sus 316Ti

擋板及外殼(shell)：碳鋼

熱交換器總長度：4000 mm，shell 外徑為 406 mm，總重量約為 650 kg。

熱交換器設計處理能量為 350 kW，搭配工作空氣端設計條件如下：

最大流量：2000 m³/h (@ 60 bar) 約 149000 kg/h

入口溫度：32 °C，出口溫度：25 °C，最高工作溫度：40 °C

最高壓損：184 mbar

入口及出口尺寸：250 mm class 600

規劃出冷卻水端設計條件：

水流量：55 m³/h (min 流量 31 m³/h)

冷卻水入口溫度：10 °C

冷卻水出口溫度：15 °C

最高水溫：40 °C

最大冷卻水壓力：6 bar(gauge pressure)

冷卻水出入口尺寸：100 mm class 150

實驗室則依此數據估算後續熱交換器所需之冰水機約為 100 冷凍噸(對應 350 kW)及冷卻水塔約為 120 冷凍噸。

此外在電力機電系統方面，依據高壓鼓風機及冷卻系統的需求，也估算出約需要 500 kW，60 Hz，460 V 的台電電力，作為電力機電系統採購發包依據。並使用工研院自有資金於 7 月完成此項設備採購及安裝驗收。

在高壓鼓風機及熱交換器設計尺寸與重量定案後，繪製動力機房之系統整體配置圖(圖 1-15)，確認安裝與運送皆可於現有條件實施後，3 月中旬開出「高壓鼓風機系統」採購單，下旬經採購委員會審查通過後，採購部門於 4/1 完成訂購。

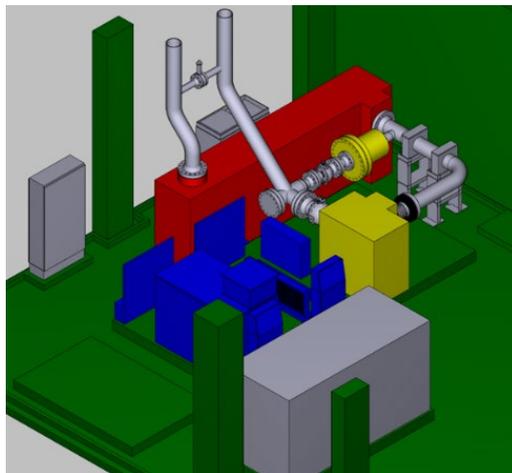


圖 1-15、系統整體配置圖

高壓鼓風機完成測試後，Antewa 將設備於 9/22 從德國運出， 11/5 送抵大流量實驗室，11/6 完成高壓鼓風機及熱交換器定位。

高壓鼓風機性能測試報告，規格要求與測試結果整理如下：

鼓風機耐壓大於 96 bar (1.6 倍最大工作壓力)，測試照片參考圖 1-16，實測結果大於 96 bar，此測試結果合格。

- 鼓風機最大流量大於 2000 m³/h - 原廠一大氣壓下測試結果參考性能曲線圖，如圖 1-17，實測結果在幾近無壓阻下為 3600 m³/h，此測試結果合格。
- 鼓風機於一大氣壓 2000 m³/h 時壓升大於 50 mbar – 測試結果 57 mbar，測試照片參考圖 1-17，此測試結果合格。估算於 60 bar，2000 m³/h 可達 3 bar 壓損。
- 鼓風機 60 bar 下進行洩漏測試，測試照片參考圖 1-18，其洩漏測試合格。
- 熱交換器設計能量 350 kW – 依據設計資料判定合格。

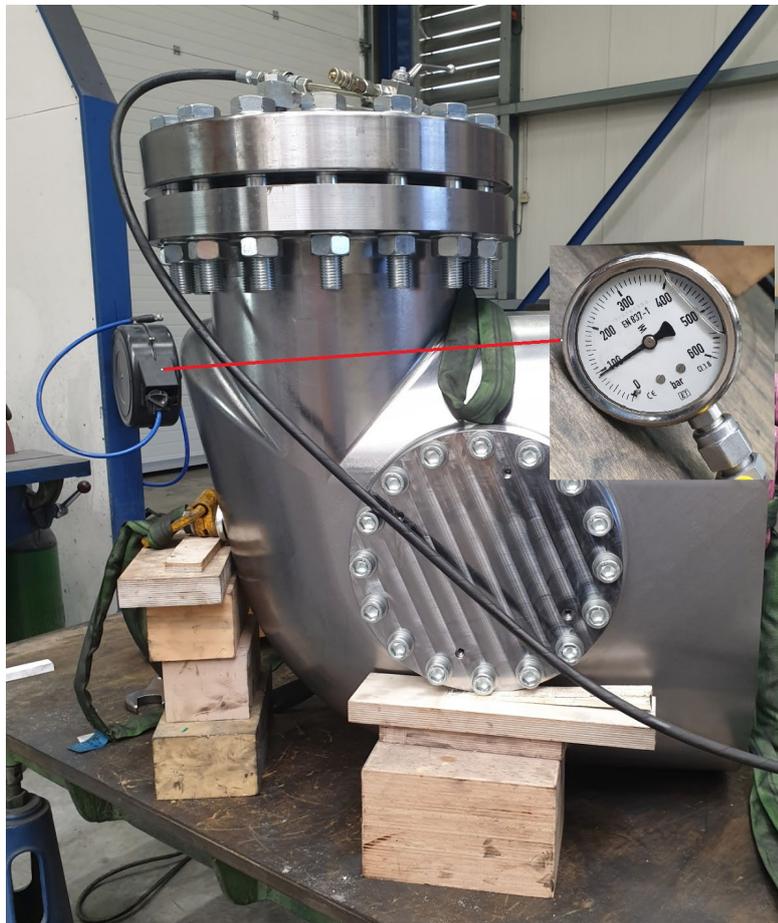


圖 1-16、鼓風機耐壓測試照片(測試壓力 96 bar)

Characteristic Curve High Speed Blower ITRI [27°C, 974 mbar (=329m above sea level)]

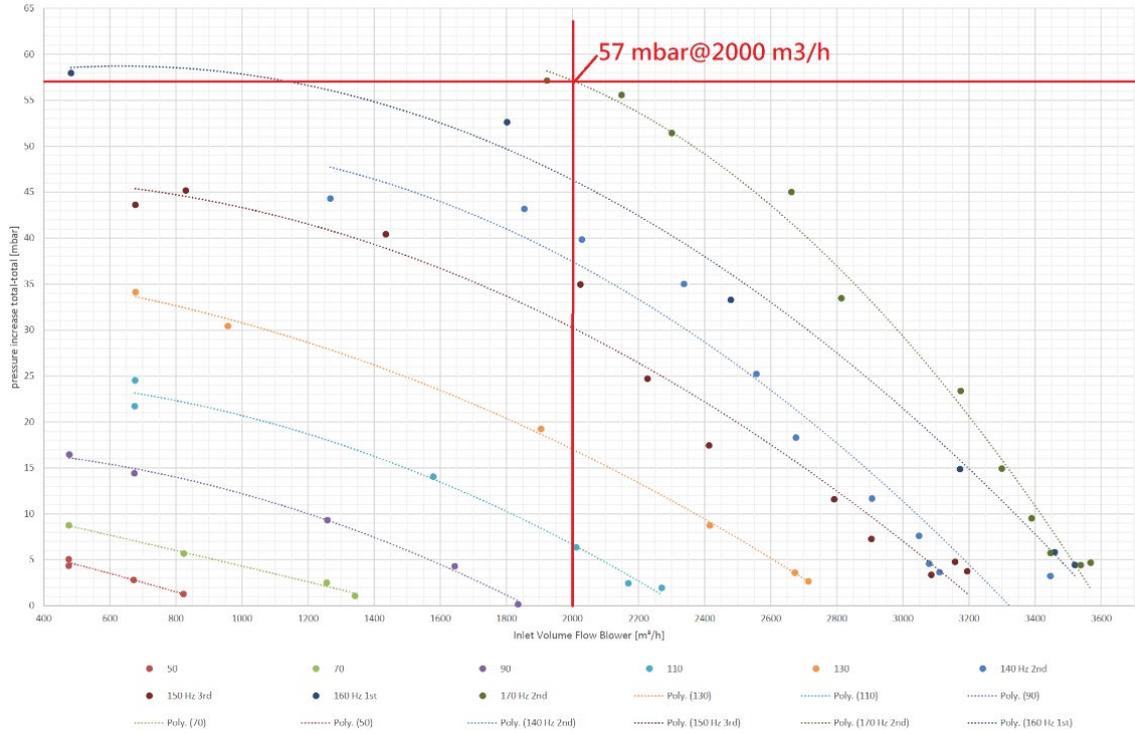


圖 1-17、原廠鼓風機性能測試曲線



圖 1-18、洩漏測試照片(測試壓力 60 bar)

(3) 建立傳遞用轉子式流量計器差修正模型

轉子式流量計傳遞標準件於 NML 高壓氣體流量校正系統進行校正追溯時，通常僅能在有限之特定壓力(例如 8、20、36 及 55 bar)，分別於流量 25 Am³/h 至 125 Am³/h 範圍進行固定壓力與不同流量之校正。但當傳遞標準件於新建循環式系統校正其他工作標準件時，操作條件未必落在先前校正之條件。為了讓傳遞標準件於校正過之壓力及流量範圍內，器差追溯可以較具彈性使用，通常會建立器差回歸曲線，並要求器差回歸曲線預測值與實際校正值差異低於 0.05 %之內，以符合圖 1-19 流量計校正追溯之標準不確定度規劃目標值。

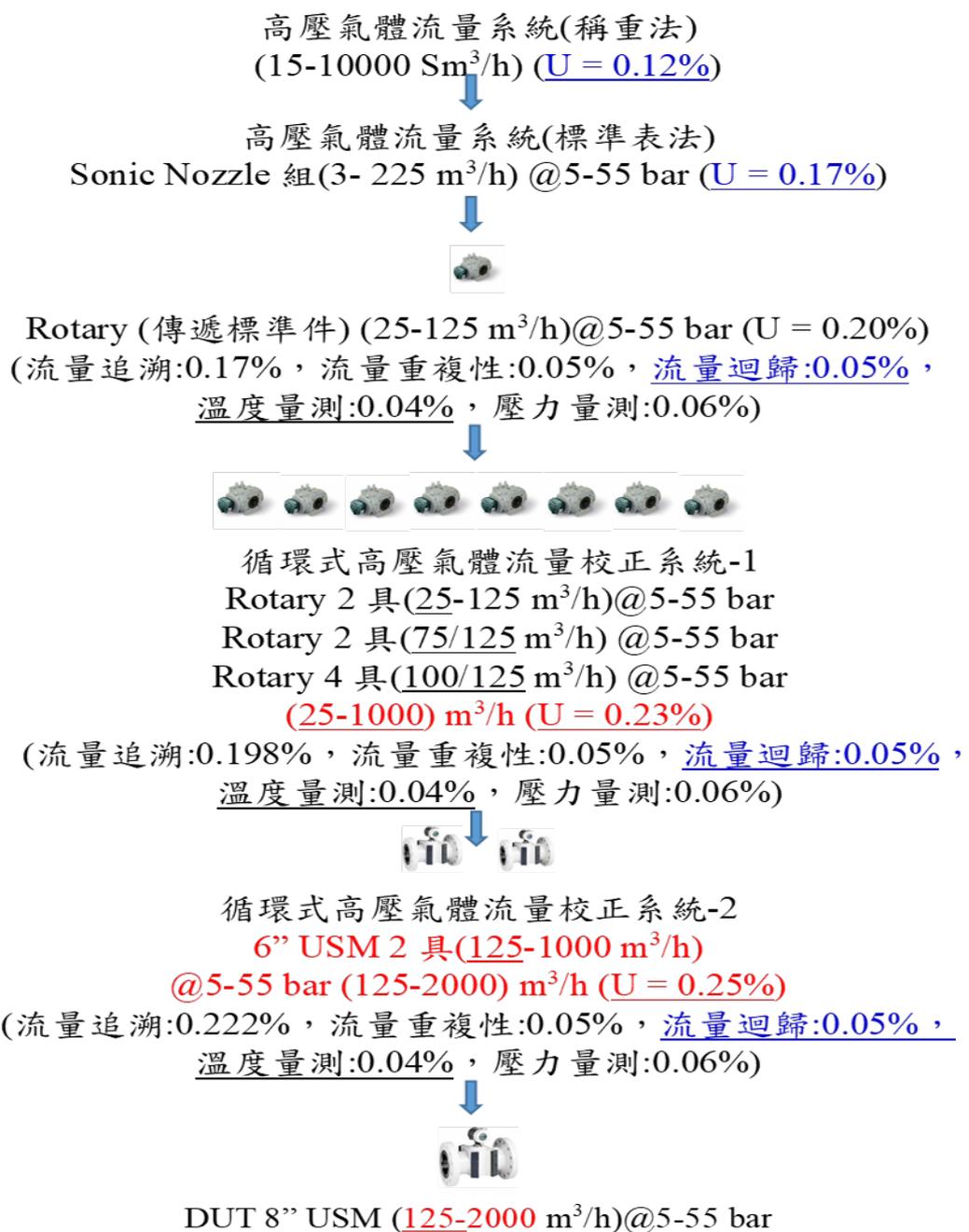


圖 1-19、轉子式流量計校正追溯規劃

轉子式流量計內部結構如圖 1-20 所示，影響其計量特性之參數包括：
 (a) 雷諾數(Re)。(b)尤拉數(Eu)。(c)洩漏流(Leak)。

以上三個參數具交互影響(Cross-Correlation)特性，因此運用工程統計分析技術，利用三個參數的排列組合，共計會有七個組合 Re、Eu、Leak、Re/Eu、Re/Leak、Eu×Leak、Re/Eu/Leak 變數，若再考慮所有每一個變數組合影響器差的迴歸多項式為-2、-1、1 及 2 次方的四個組合，則影響流量計器差的迴歸多項式的模型(Model)，最多的係數總共有 $7 \times 4 + 1 = 29$ 個，其中+1 代表常數係數。

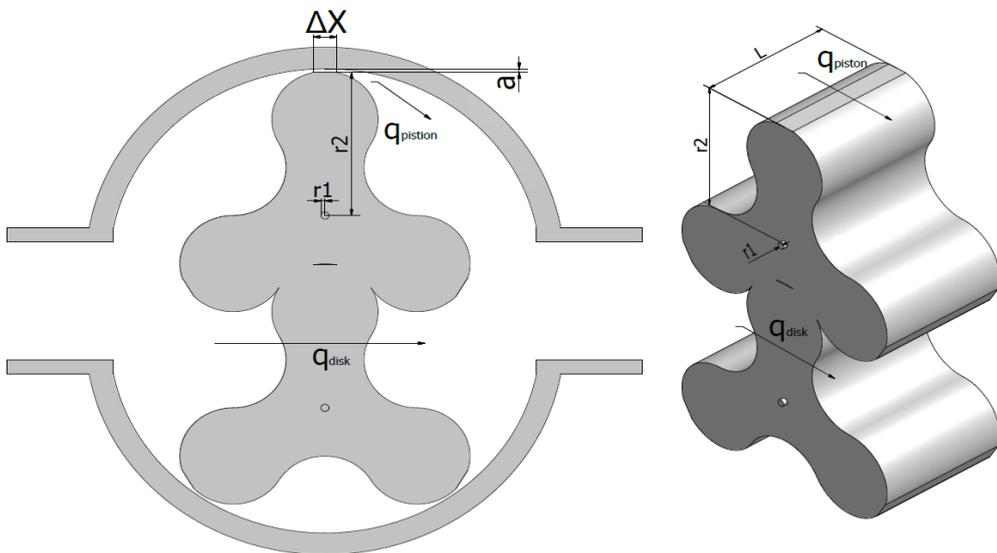


圖 1-20、轉子式流量計內部結構

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho V^2}$$

$$Leak = \frac{q_{piston} + q_{disk}}{Q_{max}}$$

$$= \left[\frac{r_2 a l}{2K} + \frac{\delta}{4K} (r_2^2 - r_1^2) \right] \frac{Q}{Q_{max}} + \frac{\Delta P}{12 \mu Q_{max}} \left[\frac{l a^3}{\Delta x} + \frac{\delta^3 (r_2 - r_1)}{\Delta x} \right]$$

$$q_{piston} = \frac{r_2 \omega a l}{2K} - \frac{l a^3}{12 \mu Q_{max}} \frac{\partial p}{\partial x}$$

$$q_{disk} = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\omega \delta}{2} r dr - \frac{\delta^3}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x} r$$

$$Q \approx K\omega$$

本模型最多是 28 個變數，但經由 Excel 軟體迴歸分析的 p-value 檢定，若該變數的 p-value 大於 0.05，則此變數對迴歸多項式的影響程度可以忽略。經由不斷的測試，目前已可將變數降低為下式 12 個變數。

$$\begin{aligned} Error = & C_1 + C_2 \times \left[\log\left(\frac{Leak \times Eu}{Re}\right) \right]^2 + C_3 \times [\log(Leak \times Eu)]^2 + C_4 \times \left[\log\left(\frac{Leak}{Re}\right) \right]^2 \\ & + C_5 \times \left[\log\left(\frac{Eu}{Re}\right) \right]^{-2} + C_6 \times \left[\log\left(\frac{Eu}{Re}\right) \right]^{-1} + C_7 \times \left[\log\left(\frac{Eu}{Re}\right) \right] + C_8 \times \left[\log\left(\frac{Eu}{Re}\right) \right]^2 \\ & + C_9 \times [\log(Eu)] + C_{10} \times [\log(Eu)]^2 + C_{11} \times [\log(Re)]^{-2} + C_{12} \times [\log(Re)]^{-1} + C_{13} \times [\log(Re)]^2 \end{aligned}$$

以上 12 個變數針對轉子流量計 3148 及 1005，在四種壓力 8、20、36 及 55 bar 下校正數據的迴歸結果如圖 1-21 及 1-22。所有壓力之迴歸預測值與校正值在流率 25 Am³/h 至 125 Am³/h 之間皆小於等於 0.05 %。

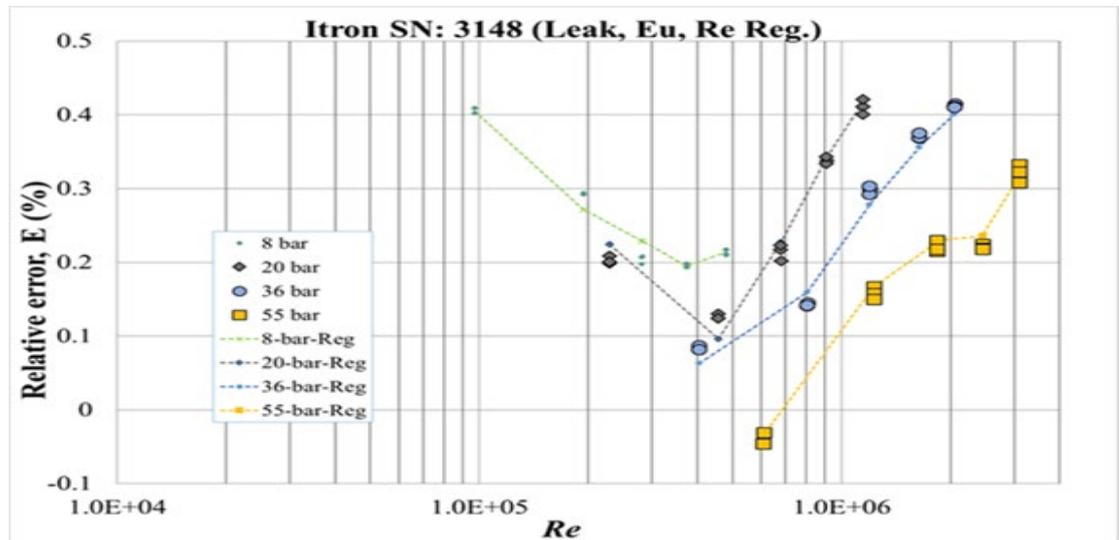


圖 1-21、轉子式流量計 3148 器差曲線

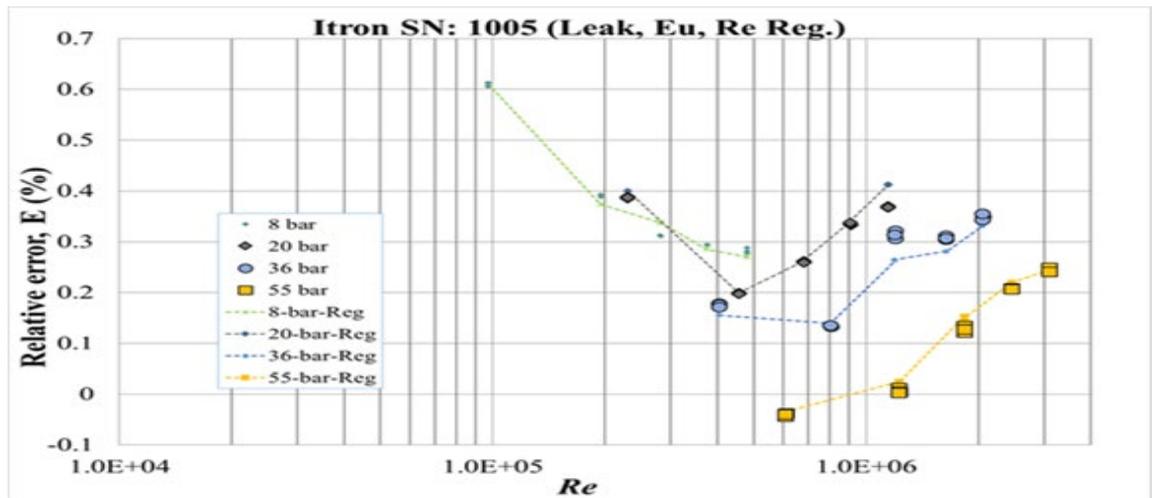


圖 1-22、轉子式流量計 1005 器差曲線

(4)高壓循環氣流運轉模組組裝、高壓鼓風機性能測試、及高壓氣體流量系統整合測試

高壓循環氣流運轉模組於 11/6 完成熱交換器、大小台鼓風機、大台鼓風機變頻器等之定位。11/30 完成組裝工程及清管工作，圖 1-23 為一樓部分之循環管路系統實體圖，圖 1-24 為地下室之動力設備組裝圖。

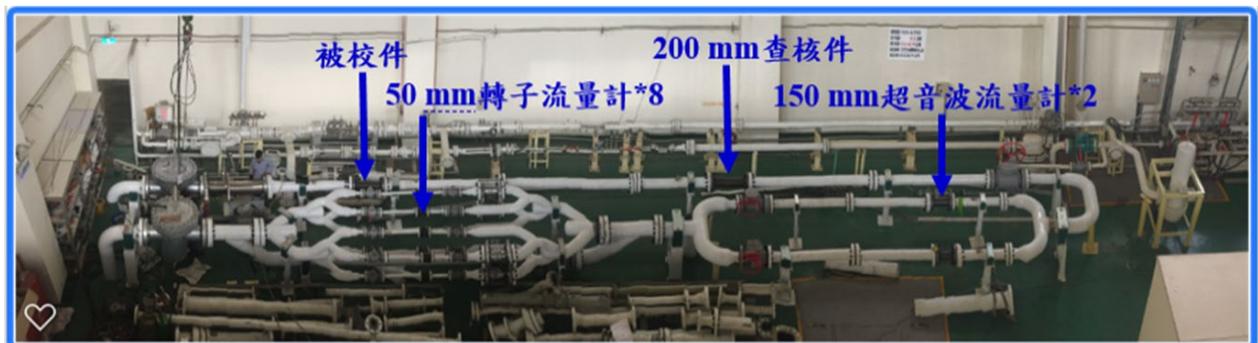


圖 1-23、循環管路系統實體圖

9 月德國原廠完成高壓鼓風機常壓下性能測試，測試結果在最大流量 2000 m³/h 時，壓升為 57mbar，此測試結果優於採購規格 50 mbar。

12/12 完成循環式系統管路耐壓測試，最大測試壓力 66 bar，持壓時間超過 2 小時。

12/9 至 12/13 德國工程師至現場配合進行最後之安裝測試與人員訓練，如圖 1-25，完成鼓風機於 5、10 bar 壓力下分別運轉至最大流率 2550 m³/h 及

2520 m³/h 之穩定度測試，流量隨時間變化如圖 1-26，可穩定控制於± 0.2 %以內。



圖 1-24、地下室動力設備組裝圖



圖 1-25、德國工程師至現場配合進行安裝測試與人員訓練照片

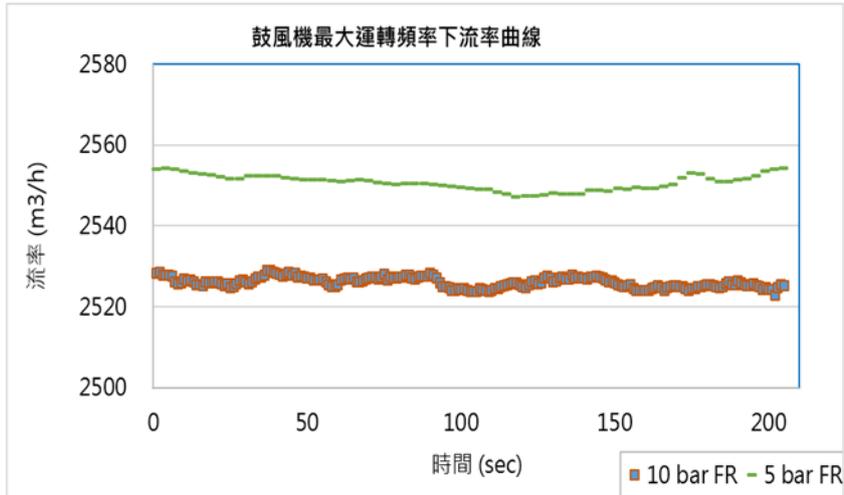


圖 1-26、鼓風機於 2550 m³/h (5 bar)及 2520 m³/h (10 bar)之流量穩定度測試

並在 5、10 bar 壓力下，以實際流率約 2500 m³/h，進行壓力及溫度穩定測試。結果如圖 1-27 所示，因為冰水系統須於明年才會購置進來，所以溫度會隨操作時間明顯上升，同時間壓力也會隨著上升，後續只要加入冰水機進行熱交換控制即可改善此現象。

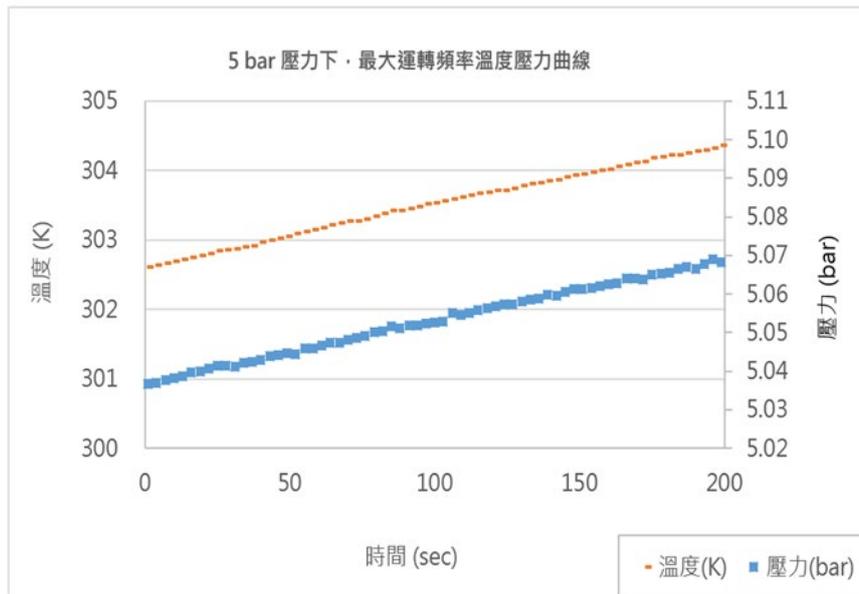


圖 1-27a、鼓風機於 2550 m³/h (5 bar)之溫度與壓力穩定度測試

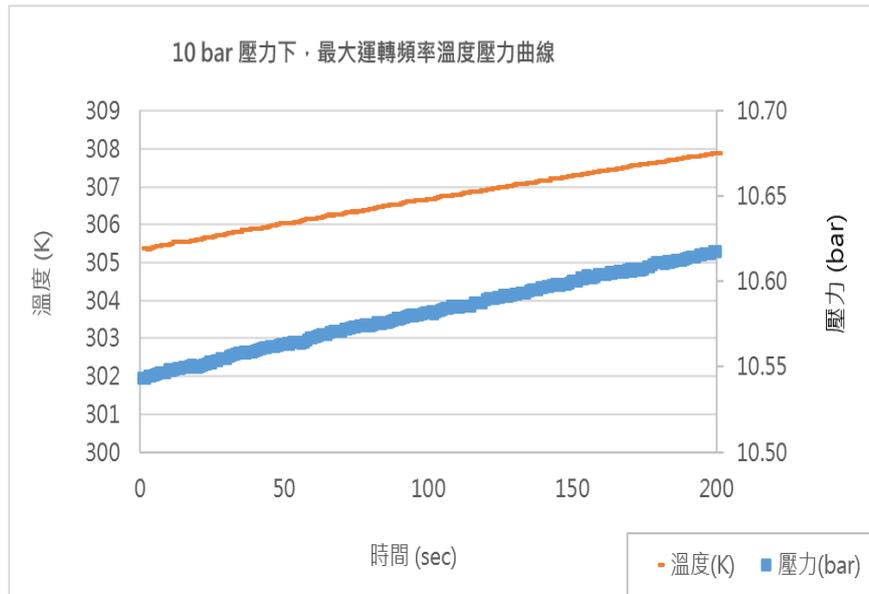


圖 1-27b、鼓風機於 2520 m³/h (10 bar)之溫度與壓力穩定度測試

搭配不同壓力(5 bar 及 10 bar)之流量與壓損數據以及原廠鼓風機性能測試曲線，進行換算可重新繪製圖 1-28 鼓風機之壓損比例與流量關係圖，預估系統於 60 bar 壓力及 3 bar 壓損時，實際流量大於 2300 m³/h，標準狀態流量大於 110,000 sm³/h。

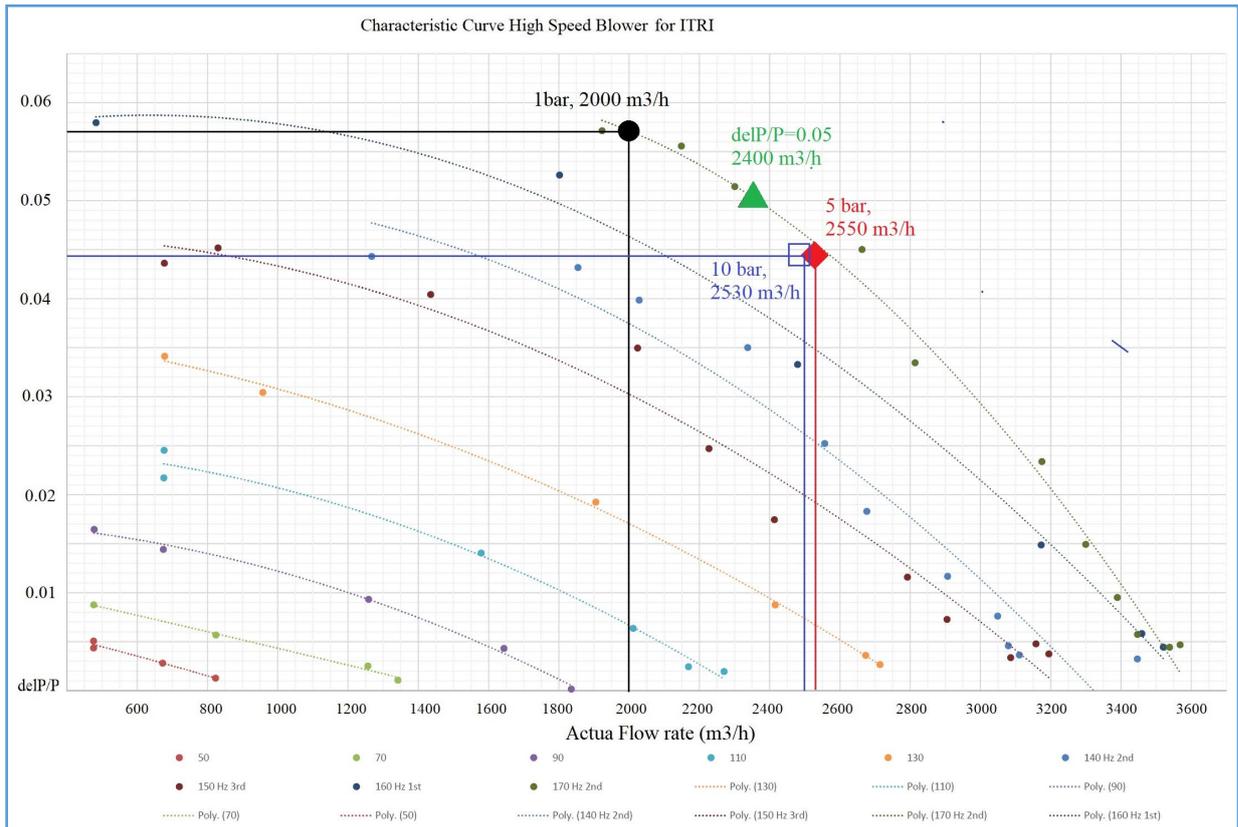


圖 1-28 鼓風機之壓損比例與流量關係圖

此外為確保後續校正之準確性，12/18 對循環式高壓氣體流量校正系統與計量相關管路，以最高測試壓力 55 bar 進行洩漏測試，測試持壓時間 1 小時，測試結果如下。

起始壓力及溫度	壓力：54.5020 bar 溫度：22.62 °C
結束壓力及溫度	壓力：54.5070 bar 溫度：22.64 °C
洩漏率計算	0.000014 m ³ /h，0.0005 % (相對於 3 m ³ /h)

(三) 影響與產業效益

(1) 完成系統精進後，NML 將可提供管徑 200 mm 口徑，最大實際流量 2000 m³/h 之流量計直接校正。並將高壓天然氣的計量不確定度降低至 0.25 %，對每年數千億元的天然氣交易額減少數十億的潛在影響及計量交易糾紛。系統

精進後，可提供永隆、擎傑、臺灣西克等公司，以及高壓流量儀表及流量電腦等設備開發與維修供應商之計量追溯。每年影響技術服務產值達 20 億以上。

- (2) 高壓天然氣的計量不確定度降低至 0.25 % 後，中油公司嘉義煉研所氣體大流量校正實驗室 150 mm 至 200 mm 標準流量計可直接校正追溯，並進行內部追溯評估，可提供發電業者現場使用的大口徑(300~600 mm)流量計不確定度約 0.30 % 之校正，可減少每年於民生交易上的潛在糾紛高達 30 億。

二、電力標準計量

(一) 年度目標

採用具有類比數位轉換器(ADC)功能之高階電表，建立與歐盟同步之電力訊號數位取樣技術，取樣頻率達 50 kHz，並完成交流電壓與電流訊號之數位取樣穩定度測試。

(二) 研究成果

(1) 電力訊號數位取樣實驗架構設計及規劃

本計畫規劃的電力訊號數位取樣實驗整體架構如圖 2-1 所示，該量測架構主要包含動態電力訊號輸出源、電感式分壓器、電流分流器、以及數位取樣電表。其中，動態電力訊號輸出源在完成輸出參數設定後(包含：交流電壓、交流電流、頻率、功率因數等)，即可提供一穩定的交流電力訊號，用以進行電壓諧波、電流諧波、有效電功率與無效電功率等四種電力參數的校正。另外，此電力訊號數位取樣架構亦可規畫用來校正新型智慧電表之動態電力及同步相量量測器(phasor measurement unit, PMU)的電力品質量測參數。

本計畫所採用之數位取樣電表的廠牌型號為 NI USB-6356 擷取卡，該取樣電表具 8 個同步化類比輸入端、16 位元解析度且各通道取樣率最高可達 1.25 MS/s，可有效實現電力訊號的同步數位取樣。而由於取樣電表之輸入端僅能接受電壓訊號且電壓範圍限制在 ± 10 伏特(V)以內，故須採用電感式分壓器將電壓訊號(最高電壓為 480 V)降壓至小於 1 V，並採用電流分流器將電流訊號(最大電流為 80 安培(A))轉換成電壓訊號，通常在額定電流輸入下，該電壓輸出值將固定為 0.8 V。系統透過同步取樣方式由取樣電表將類比訊號精確轉換成數位訊號，以完成同步數位取樣。最後，各量測值經

比較分析後即可將待校儀器的量測結果作修正，以達成校正目的。

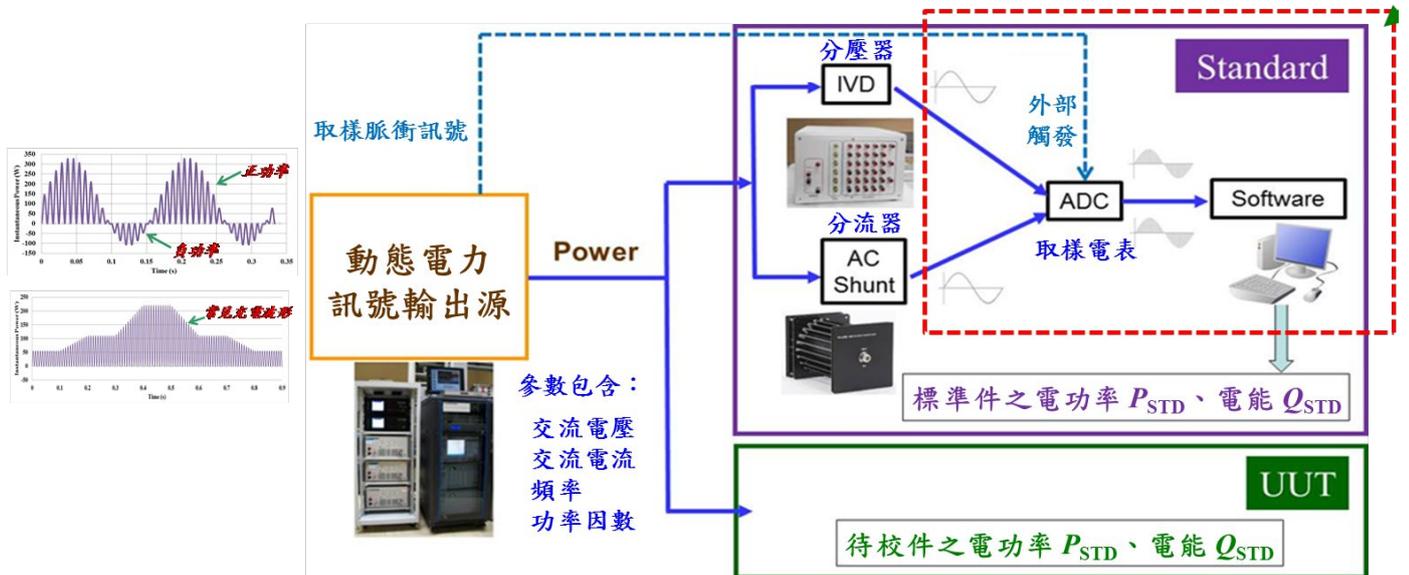


圖 2-1、系統運作整體架構(紅框為 108 年度完成工作；紫框為 109 年度工作)；
綠框為系統提供校正時之待校件連接位置示意圖

(2) 電力訊號數位取樣技術建立

本計畫規劃以 LabVIEW 軟體建置一動態電力訊號量測平台，如圖 2-2 所示。該 LabVIEW 平台可藉由一個參考基準訊號，實現取樣電表對電壓訊號及電流訊號的同步數位取樣量測，然後再透過軟體作真實電壓與電流波形訊號的重新建構與還原。最後，參考 IEC 61000 系列的標準規範，設計各種電力參數的取樣量測方式並遵照 IEEE 1459 標準[2-1]作各種電力參數量測值的計算，包含有效電功率與無效電功率、以及最高可至 64 次的電壓諧波與電流諧波。

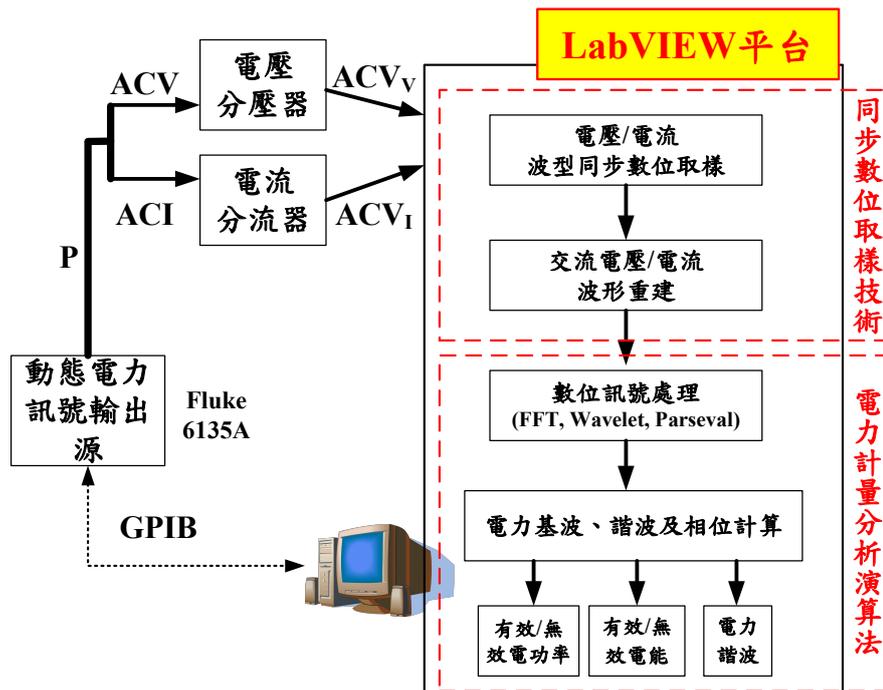


圖 2-2、LabVIEW 平台之軟體設計規劃

本計畫參考 IEC 61000-4-30 [2-2]標準，針對電力基波訊號每週期採 1024 個取樣點設計，在初步完成電力訊號同步取樣技術後，須先進行取樣電表本身的同步性能評估，以確認該取樣電表是否符合量測需求。依據目前 NML 電力標準系統的校正服務範圍[2-3, 2-4]，如圖 2-3 所示。針對各電流訊號(10 mA 至 50 A)，皆有可對應的電流分流器，且額定電壓輸出皆為 0.8 V。唯獨 80 A 的電流訊號，只能採用規格為「100 A 輸入，0.8 V 輸出」的電流分流器。因此，其實際電壓輸出為 0.64 V。為了配合大部分電流分流器之額定輸出電壓為 0.8 V 的等級限制，電壓訊號(110 V、220 V、480 V)也應透過電感式分壓器降壓至同電壓等級(約 0.8 V)，以利取樣電表在同一輸入電壓平台，以較相近的取樣特性作量測。經考量電感式分壓器為三段十進制降壓設計，內部電路設計圖如圖 2-4 所示，其中第三段(Third decade)之降壓比率為 0.001 (1:1000)的整數倍。因此，電壓訊號 110 V 將採用 0.007 降壓比率降至 0.77 V、電壓訊號 220 V 將採用 0.004 降壓比率降至 0.88 V、以及電壓訊號 480 V 將採用 0.002 降壓比率降至 0.96 V。因此，取樣電表同步數位取樣之輸入電壓範圍可統整歸納為 0.64 V 至 0.96 V。而我們乃針對 0.64 V、0.8 V 以及 0.96 V 在頻率為 50 赫茲(Hz)及 60 Hz 的條件下，進行取樣電表本身的同步取樣能力評估，其實際執行同步取樣特性評估實驗之照

片如圖 2-5 所示。

我們以高精度之多功能校正器(Fluke 5700A)來產生一穩定的交流電壓訊號，並同時輸入至取樣電表的兩個取樣通道(通道 1 與通道 2)，以比較兩通道間的電壓振幅值誤差與電壓波形相位誤差。此外，評估測試時我們亦考量取樣電表設定在不同量測電壓檔位下(包含 2 V、5 V、10 V 檔位)的特性表現，其量測結果如表 2-1 至 2-3 所示。從結果研析可知，取樣電表設定在 10 V 檔位時，針對三種不同電壓(0.64 V、0.8 V 以及 0.96 V)在 50 Hz 或 60 Hz 頻率下之同步取樣性能(包含電壓振幅誤差與相位誤差)優於其他電壓檔位，其通道間振幅值誤差之 A 類標準不確定度 $< 1 \mu\text{V}$ ；通道間相位誤差之 A 類標準不確定度 $< 0.0005^\circ$ ，符合量測需求。

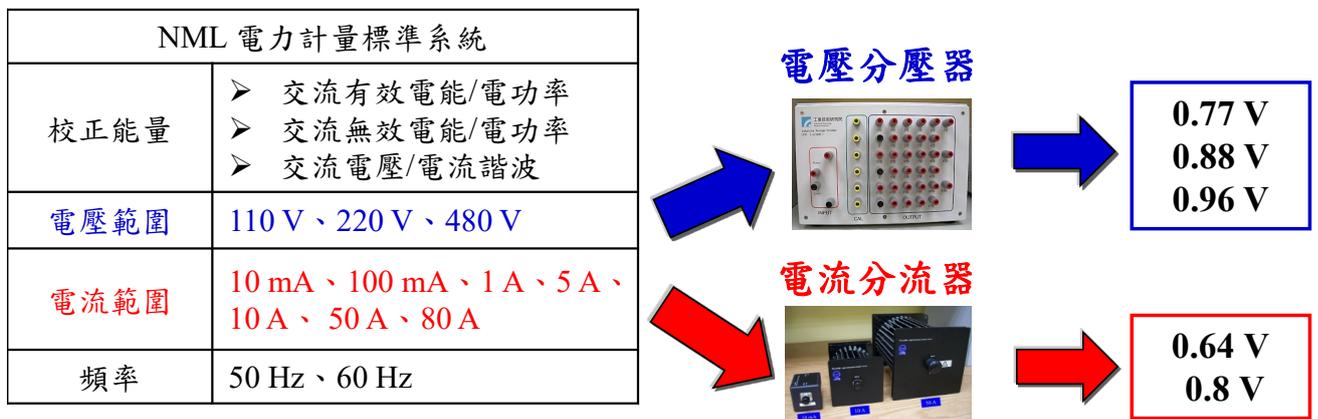


圖 2-3、同步取樣電表之輸入訊號範圍規劃

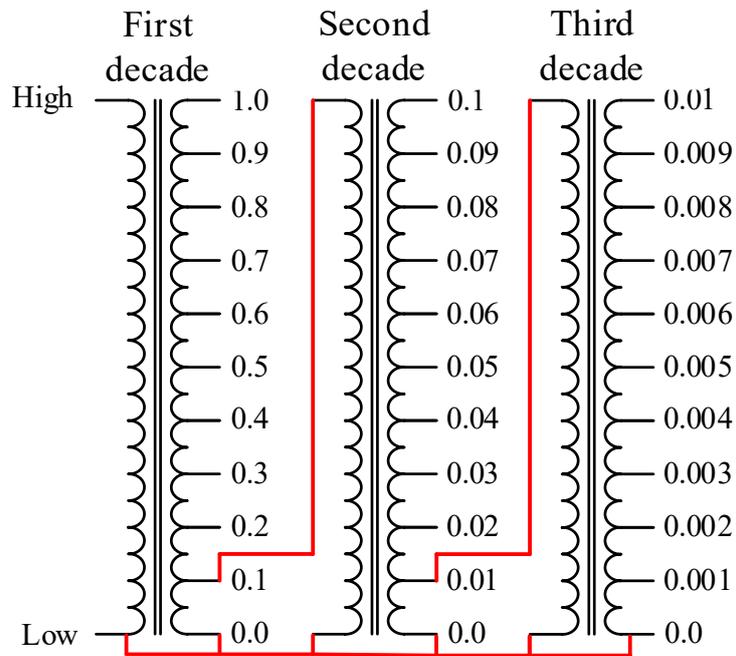


圖 2-4、三段十進制(three-decade)電感式分壓器電路設計圖

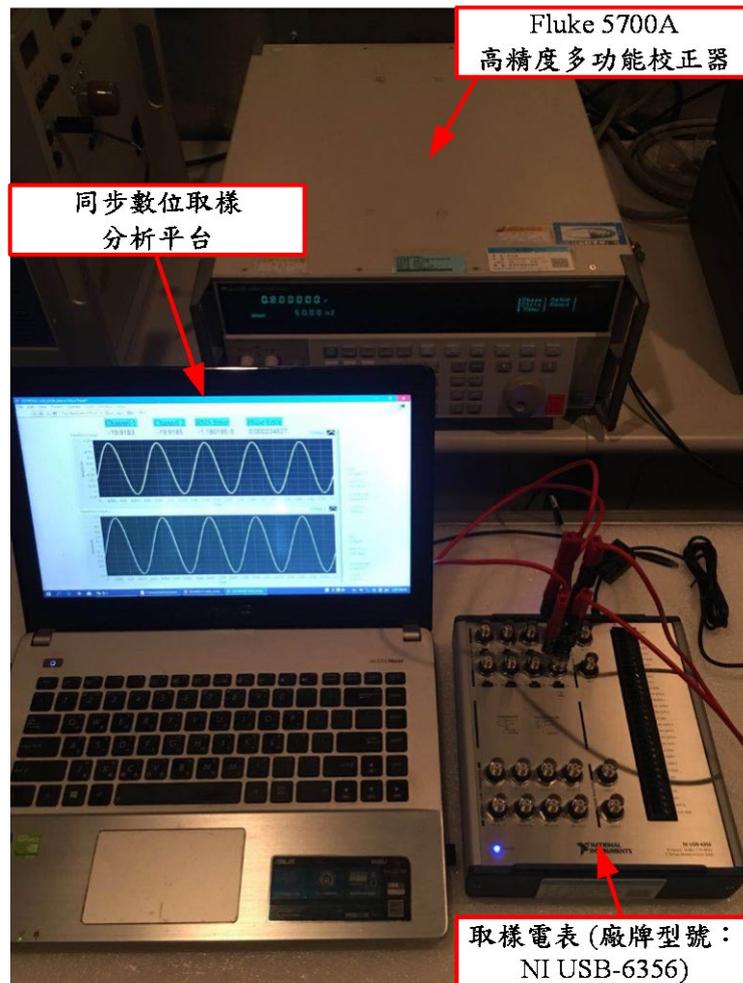


圖 2-5、取樣電表本身之同步取樣特性評估實驗

表 2-1、取樣電表兩通道間之同步取樣誤差評估結果(輸入電壓：0.64 V)

電壓頻率	2 V 檔位		5 V 檔位		10 V 檔位	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
兩通道 電壓振幅誤差 (V)	-6.88×10^{-6}	-6.17×10^{-6}	-1.220×10^{-5}	-1.230×10^{-5}	-1.25×10^{-6}	-2.79×10^{-6}
A 類標準 不確定度 (V)	3.4×10^{-7}	4.5×10^{-7}	2.6×10^{-7}	3.9×10^{-7}	2.8×10^{-7}	4.6×10^{-7}
兩通道 相位誤差 (°)	-1×10^{-6}	0.2×10^{-4}	3.6×10^{-5}	5.3×10^{-5}	-3.0×10^{-5}	8.0×10^{-5}
A 類標準 不確定度 (°)	8.3×10^{-5}	1.2×10^{-4}	9.2×10^{-5}	9.8×10^{-5}	9.3×10^{-5}	1.1×10^{-4}

表 2-2、取樣電表兩通道間之同步取樣誤差評估結果(輸入電壓：0.8 V)

電壓頻率	2 V 檔位		5 V 檔位		10 V 檔位	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
兩通道 電壓振幅誤差 (V)	-1.420×10^{-5}	-1.770×10^{-5}	-4.23×10^{-6}	-1.510×10^{-5}	-9.62×10^{-6}	-2.33×10^{-5}
A 類標準 不確定度 (V)	2.9×10^{-7}	6.0×10^{-7}	3.2×10^{-7}	4.9×10^{-7}	3.5×10^{-7}	3.1×10^{-7}
兩通道 相位誤差 (°)	1.65×10^{-4}	5.1×10^{-5}	-1.7×10^{-5}	3.4×10^{-5}	1.7×10^{-5}	-1.4×10^{-5}
A 類標準 不確定度 (°)	6.7×10^{-5}	8.4×10^{-5}	6.9×10^{-5}	4.9×10^{-5}	6.1×10^{-5}	4.4×10^{-5}

表 2-3、取樣電表兩通道間之同步取樣誤差評估結果(輸入電壓：0.96 V)

電壓頻率	2 V 檔位		5 V 檔位		10 V 檔位	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
兩通道 電壓振幅誤差 (V)	-1.900×10^{-5}	-2.610×10^{-5}	-8.58×10^{-6}	-1.550×10^{-5}	-1.7×10^{-5}	-2.5×10^{-5}
A 類標準 不確定度 (V)	2.8×10^{-7}	4.7×10^{-7}	3.2×10^{-7}	5.1×10^{-7}	1.6×10^{-7}	3.4×10^{-7}
兩通道 相位誤差 (°)	1.7×10^{-5}	7.2×10^{-5}	-1.8×10^{-5}	1.3×10^{-5}	1.4×10^{-5}	8.1×10^{-5}
A 類標準 不確定度 (°)	5.9×10^{-5}	7.2×10^{-5}	2.6×10^{-5}	5.2×10^{-5}	2.2×10^{-5}	3.5×10^{-5}

由於影響電力訊號數位取樣系統量測結果的主要設備包含電感式分壓器、電流分流器、以及取樣電表等量測儀器，因此需各別進行其量測誤差與性能評估，才能完成整個電力訊號數位取樣系統的量測準確度評估。目前，電感式分壓器與電流分流器的量測誤差可採用 NML 的可編輯式約瑟夫森電壓原級標準(programmable Josephson voltage standard, PJVS)系統進行校正。其中，在量測頻率為(50 至 60) Hz 條件下，電感式分壓器的電壓分壓比率誤差可小於 5 微伏特/伏特($\mu\text{V}/\text{V}$)，而電流分流器的相位偏移誤差則可小於 0.001° 。另外，針對取樣電表的量測誤差，本計畫採用如圖 2-5 的量測架構來進行取樣電表的電壓量測誤差評估。系統採用之取樣電表的運行模式是在完成電力訊號數位取樣後，其離散取樣點先經由適當的電力訊號分析演算法，再依據相關標準才計算出各種電力訊號量測值。因此，電力訊號分析演算法的選擇方式將直接影響最終的量測值計算結果。為簡化取樣電表的量測誤差評估，我們直接將取樣電表的通道量測誤差與電力訊號分析演算法的計算誤差合併視作為取樣電表的量測誤差，並針對交流電壓基波有效值(RMS value)作計算方法評估。通常，取樣電表的基波有效值計算法可採用兩種方式：(1)快速傅立葉轉換(FFT)計算基波；(2)直接積分離散取樣點計算基波，此兩種方式的評估結果如表 2-4 所示。從評估結果可知，在三種不同電壓(0.64 V、0.8 V 以及 0.96 V)搭配兩種基波頻率下，採用 FFT 計算基波有效值的 A 類標準不確定度可小於 $1 \mu\text{V}$ ，且明顯優於另一種計算方式。因此，本計畫後續將採用 FFT 計算基波有效值的方法來評估取樣電

表的量測誤差。

表 2-4、交流電壓基波訊號有效值計算方法評估

	0.64 V/0.8 V/0.96 V@ 50 Hz/60 Hz	
	RMS (FFT 計算基波)	RMS (直接積分取樣訊號)
A 類標準不確定度 (V)	$(4.0 \sim 6.3) \times 10^{-7}$	$(1.0 \sim 2.2) \times 10^{-5}$

(3) 電力訊號數位取樣量測軟體建置

本計畫以 LabVIEW 軟體完成建置之電力訊號數位取樣量測平台，其架構包含(1)數位取樣參數設定、(2)電壓/電流原始波形顯示、(3)電壓/電流諧波分析顯示、(4)電功率分析顯示等四大項功能，該量測軟體平台介面如圖 2-6 所示。



圖 2-6、電力訊號數位取樣量測平台與數位取樣設定頁

其中，在數位取樣設定頁中(如圖 2-6)，軟體平台可以設定取樣電表的通道參數、電壓分壓器比率值及電流分流器的額定電流值，同時可設定取樣通道、電壓分壓器及電流分流器的各別對應校正值。另外，本量測平台亦參考 IEC 61000-4-30 標準作數位取樣方式設計，每個電力基波週期最高

可採 1024 個取樣點，並可以設定公稱電力頻率及最高量測諧波的次數。

在電壓/電流原始波形顯示頁(如圖 2-7 與圖 2-8)，電壓與電流原始波形將顯示於頁面中，而電壓與電流的有效值也將連續計算且作同步顯示，其計算方式乃依照 IEC 61000-4-30 標準，以 12 個電力週期計算有效值(適用於基波頻率為 60 Hz，取樣頻率為 61.44 kHz)或 10 個電力週期計算有效值(適用於基波頻率為 50 Hz，取樣頻率為 51.2 kHz)。此外，因應電力品質量測需求，以電壓訊號所計算出的電力系統頻率也規劃在電壓原始波形顯示頁中，其同樣依照 IEC 61000-4-30 標準，以 12 個或 10 個電力週期(適用於基波為 60 Hz 或 50 Hz)計算一次平均頻率，在累積 10 秒的數據後，再計算一次整體頻率。

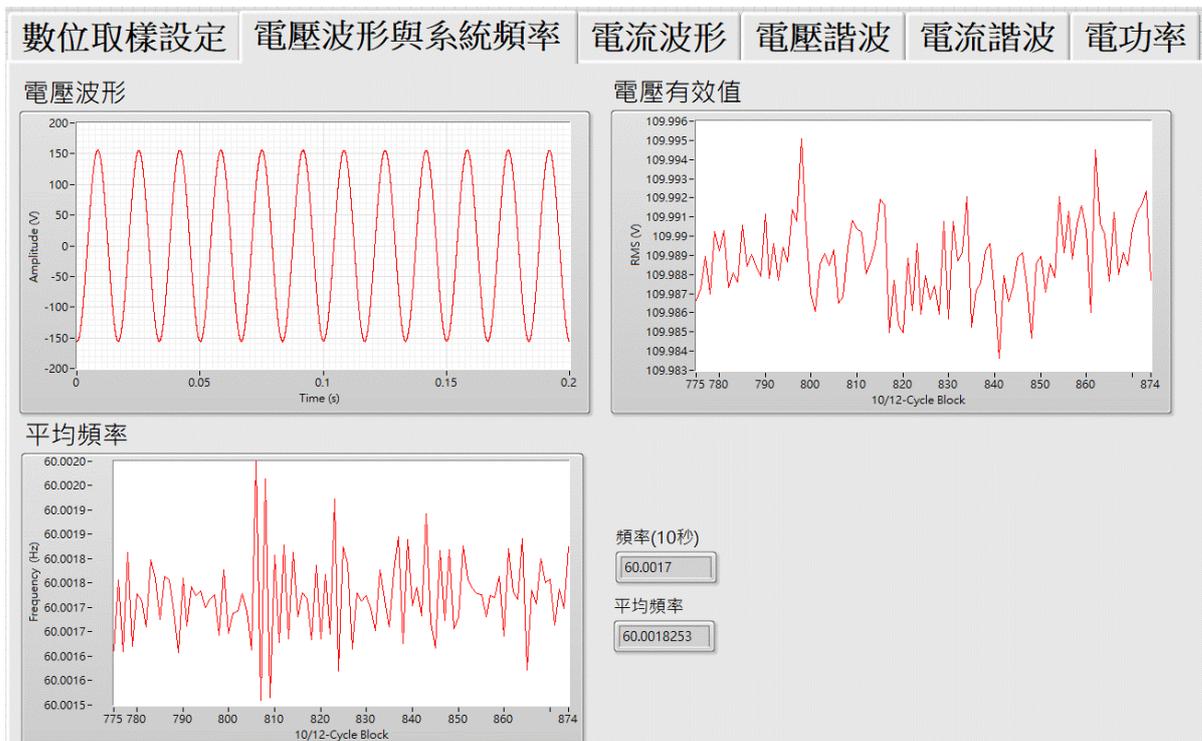


圖 2-7、電壓波形與系統頻率顯示頁

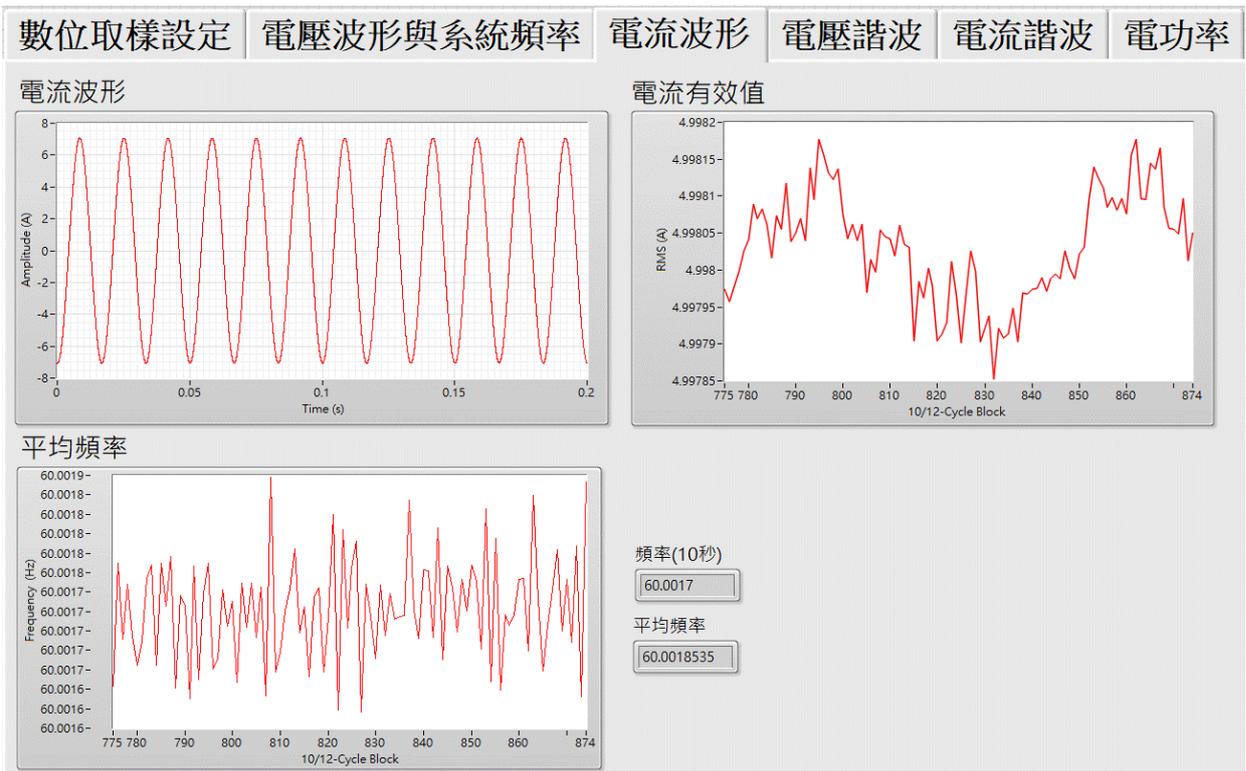


圖 2-8、電流波形顯示頁

在電壓/電流諧波分析顯示頁(如圖 2-9 與圖 2-10)，其計算方式乃依照 IEC 61000-4-7 標準[2-5]，以 FFT 進行電壓與電流訊號分析，並解析出各諧波的訊號成份。其中，電壓與電流波形的頻譜分析圖將顯示在頁面中，同時直流值、以及基波乃至各諧波的有效值也表列於顯示頁面中。此外，因應電力品質量測需求，總諧波失真率(最高至 64 次)、有效值(最高至 64 次)、及有效值(完整波形)都計算顯示於頁面中。



圖 2-9、電壓諧波分析顯示頁



圖 2-10、電流諧波分析顯示頁

在電功率分析顯示頁(如圖 2-11)，其量測方式乃依照 IEC 61000-4-30 標準，並遵照 IEEE 1459 標準計算出各種電力量值，包含有效功率與無效功率。傳統電度表主要提供基波頻率的電功率量測，以供電力收費與功率因數罰則。但因應智慧電網之動態電力計量需求，新型智慧電表/電力品質分析儀器還需計算整體動態電力的有效功率、無效功率、及功率因數。因

此，基波電功率與整體電功率(含各次諧波)都計算顯示於頁面中。



圖 2-11、電功率分析顯示頁

在完成電力訊號數位取樣量測平台的設計與建置後，本計畫亦針對電壓諧波、電流諧波、有效電功率、及無效電功率進行量測平台的軟體合理性驗證評估。系統進行各項電力參數量測時的實驗室環境條件為溫度： $(23.0 \pm 1.5) ^\circ\text{C}$ 、相對濕度： $(45 \pm 10) \%$ 。首先，針對電壓諧波量測之軟體評估，其電壓諧波量測設定如圖 2-12 所示，電力源設定值為基波 110 V，並疊加 10 % 基波振幅的 3 次諧波、5 % 基波振幅的 30 次諧波、及 2 % 基波振幅的 64 次諧波。再者，針對電流諧波量測之軟體評估，其電流諧波量測設定如圖 2-13 所示，電力源設定值為基波 5 A，並疊加 2 % 基波振幅的 5 次諧波、5 % 基波振幅的 40 次諧波、及 10 % 基波振幅的 64 次諧波。數位取樣量測平台之軟體實際量測結果如圖 2-12 與圖 2-13 所示，依諧波相對誤差公式(方程式 2-1)，可計算出最大電壓諧波與電流諧波相對誤差皆小於 1 %。

電壓諧波分析							
直流	2.31528E-15						
基波	109.976	21次諧波	0.00917166	41次諧波	0.00347067	61次諧波	0.00548756
2次諧波	0.00445697	22次諧波	0.00717372	42次諧波	0.0034806	62次諧波	0.0033745
3次諧波	10.9964	23次諧波	0.00779361	43次諧波	0.0031352	63次諧波	0.0050278
4次諧波	0.00401168	24次諧波	0.00474414	44次諧波	0.00294137	64次諧波	2.19758
5次諧波	0.00483150	25次諧波	0.00500281	45次諧波	0.00367714		
6次諧波	0.00374162	26次諧波	0.00426507	46次諧波	0.00361842		
7次諧波	0.00442266	27次諧波	0.00442475	47次諧波	0.00399885		
8次諧波	0.00395428	28次諧波	0.00488893	48次諧波	0.00391128		
9次諧波	0.00382892	29次諧波	0.00499121	49次諧波	0.00440503		
10次諧波	0.00330160	30次諧波	5.49796	50次諧波	0.00410287		
11次諧波	0.00385444	31次諧波	0.00556749	51次諧波	0.00416068		
12次諧波	0.00423510	32次諧波	0.00668375	52次諧波	0.00393589		
13次諧波	0.00354566	33次諧波	0.00497923	53次諧波	0.00465881		
14次諧波	0.00399130	34次諧波	0.004855	54次諧波	0.00387494		
15次諧波	0.00477951	35次諧波	0.00496017	55次諧波	0.00541949		
16次諧波	0.00444143	36次諧波	0.00462057	56次諧波	0.00546643		
17次諧波	0.00710551	37次諧波	0.00347159	57次諧波	0.00497759		
18次諧波	0.00574933	38次諧波	0.00369388	58次諧波	0.00584904		
19次諧波	0.00678092	39次諧波	0.00538999	59次諧波	0.00362021		
20次諧波	0.00768387	40次諧波	0.00452326	60次諧波	0.00551243		

	電力源設定值 (V)	軟體實際量測結果 (V)
基波	110	109.976
3次諧波	11	10.9964
30次諧波	5.5	5.49796
64次諧波	2.2	2.19758

圖 2-12、電壓諧波之軟體驗證

$$\text{相對誤差} = \frac{(\text{諧波量測值} - \text{諧波源設定值})}{\text{諧波源設定值}} \times 100\% \quad (2-1)$$

電流諧波分析							
直流	7.51714E-18						
基波	4.99993	21次諧波	0.000332825	41次諧波	0.000118653	61次諧波	0.000144178
2次諧波	0.000229902	22次諧波	0.000306429	42次諧波	0.000149375	62次諧波	0.000161216
3次諧波	0.000331842	23次諧波	0.000240582	43次諧波	0.000205402	63次諧波	0.000148615
4次諧波	0.000239974	24次諧波	0.000156689	44次諧波	0.000109834	64次諧波	0.500035
5次諧波	0.0999956	25次諧波	0.000144477	45次諧波	0.000169624		
6次諧波	0.000267594	26次諧波	0.000162532	46次諧波	0.000138947		
7次諧波	0.000260398	27次諧波	0.00013981	47次諧波	0.000112031		
8次諧波	0.000220854	28次諧波	9.1429E-5	48次諧波	0.000162557		
9次諧波	0.000180249	29次諧波	0.000151695	49次諧波	0.000134855		
10次諧波	0.000165116	30次諧波	8.53814E-5	50次諧波	0.000113864		
11次諧波	0.000394607	31次諧波	0.000154187	51次諧波	0.00010343		
12次諧波	0.000118786	32次諧波	0.000185816	52次諧波	0.000103556		
13次諧波	0.000125808	33次諧波	0.000146397	53次諧波	0.000245138		
14次諧波	0.000187609	34次諧波	0.000133598	54次諧波	0.000187738		
15次諧波	0.00021681	35次諧波	0.0001434	55次諧波	0.0001144		
16次諧波	0.000141829	36次諧波	0.000104082	56次諧波	0.000138247		
17次諧波	0.000178641	37次諧波	7.59502E-5	57次諧波	0.000145054		
18次諧波	0.000138097	38次諧波	0.000117792	58次諧波	0.000169157		
19次諧波	0.000154989	39次諧波	0.000130462	59次諧波	0.000205204		
20次諧波	0.000186969	40次諧波	0.250025	60次諧波	0.000166381		

	電力源設定值 (A)	軟體實際量測結果 (A)
基波	5	4.99993
5次諧波	0.1	0.099996
40次諧波	0.25	0.250025
64次諧波	0.5	0.500035

圖 2-13、電流諧波之軟體驗證

此外，針對電功率量測之軟體評估，本計畫採兩種不同的電壓與電流相位差來進行軟體驗證，設定方式如圖 2-14 與圖 2-15 所示。數位取樣量測平台之軟體實際量測結果如圖 2-14 與圖 2-15 所示，依電功率相對誤差公式(方程式 2-2)，可計算出最大有效電功率與無效電功率相對誤差皆小於 0.1 %。

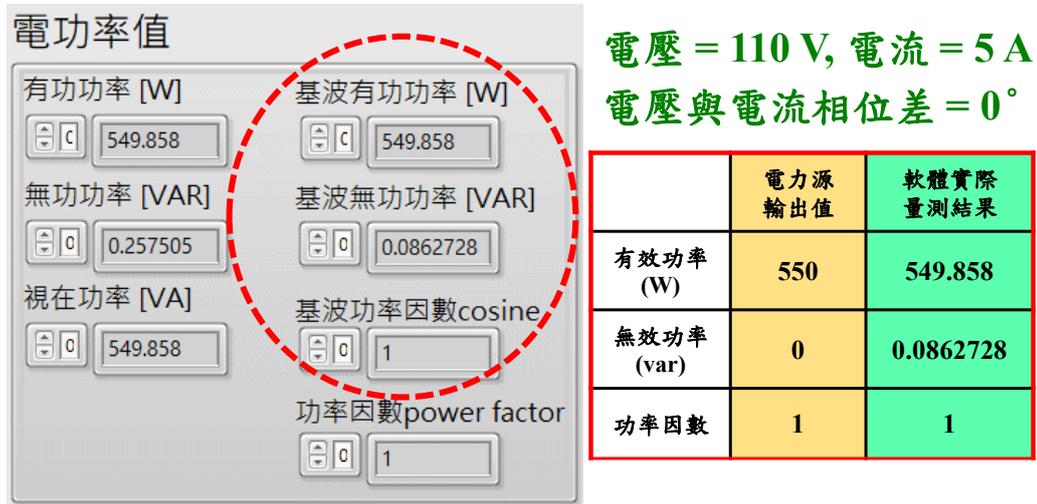


圖 2-14、電功率之軟體驗證(1)

$$\text{相對誤差} = \frac{(\text{電功率量測值} - \text{電功率源設定值})}{\text{視在功率設定值}} \times 100\% \quad (2-2)$$

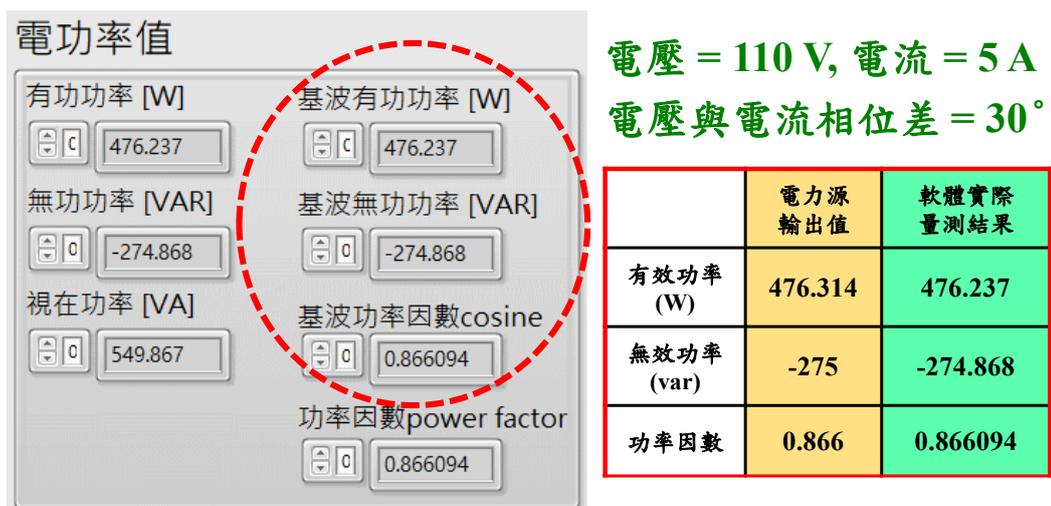


圖 2-15、電功率之軟體驗證(2)

(4)取樣電表之數位取樣通道的校正技術開發

在評估完本計畫所建置的電力訊號數位取樣量測軟體，並確認量測參數計算值的合理性後，本計畫開始進行取樣電表的校正技術設計。取樣電表的類比數位轉換器勢必存在硬體上的量測誤差，將直接導致電壓(含諧波)與電流(含諧波)的量測誤差。此外，有效/無效電功率為電壓與電流的乘積，因此其也將存在更大的量測誤差。針對取樣電表的校正，本研究建置了兩種校正軟體平台，如圖 2-16 所示。校正軟體平台 1 採交流電壓基波訊號作設計，取樣電表量測誤差考量包含 1)數位取樣通道誤差、2)電力量演算法誤差。校正軟體平台 2 採直流電壓訊號作設計，主要考量數位取樣的離散值皆為直流電壓值。校正軟體平台 2 為傳統的校正方式，乃採雜散直流電壓的各點誤差進行修正。然而，單一基波週期共有 1024 個取樣點(離散點)，代表需修正 1024 個值，此校正方式將不適合本量測系統。為有效降低校正點，在考量直流電壓量測值在 $\pm 2\text{ V}$ 檔位內，因此本計畫設計校正點包含： $\pm 2\text{ V}$ 、 $\pm 1.6\text{ V}$ 、 $\pm 1.2\text{ V}$ 、 $\pm 0.8\text{ V}$ 、 $\pm 0.4\text{ V}$ 、 $\pm 0.1\text{ V}$ ，共 12 個點，並以 NML 直流電壓量測系統進行校正，如圖 2-17 所示。校正結束後，12 個校正點依量測值/標準值的公式作計算，各比率皆相近約 1.00005，因此將以此比率值當作量測值修正。校正軟體平台 1 則考量電壓/電流皆為交流波形，且電壓諧波/電流諧波為電力訊號進行 FFT 訊號處理後頻譜展開計算的結果，為基波的函數，因此校正軟體平台 1 將以交流電壓基波進行校正，再以修正基波量測值的方式來回補各次諧波誤差。本計畫針對交流電壓 0.8 V 進行校正，依量測值/標準值的公式作計算，比率值為 1.00011，將以此比率值作量測值修正。

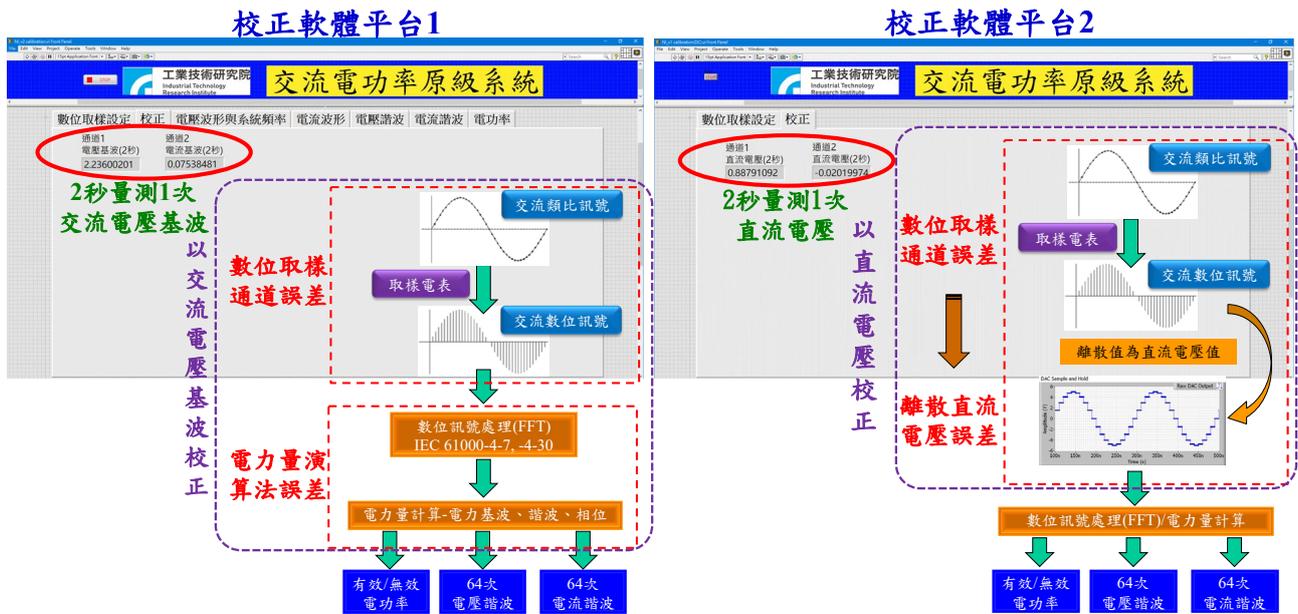


圖 2-16、取樣電表之數位取樣通道的校正軟體平台

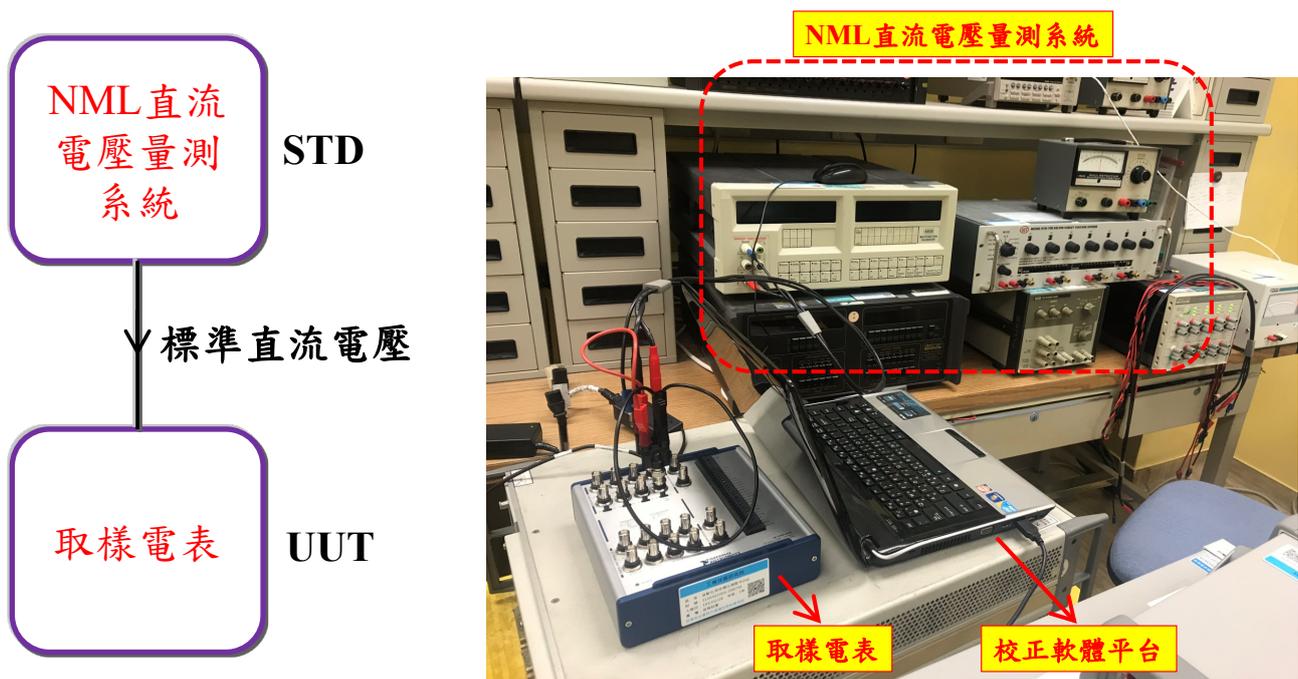


圖 2-17、直流電壓校正實驗

實際應用上，採直流電壓校正法之校正點數為交流電壓校正法之校正點數的 12 倍，因此本計畫決定採交流電壓基波進行修正。在取樣電壓完成電壓基波量測值修正後，本計畫再一次進行電壓諧波與電流諧波的量測，量測結果如表 2-5 至表 2-8 所示。電壓諧波最大相對誤差分別 $\leq 0.05\%$ ，電流諧

波最大相對誤差分別 $\leq 0.01\%$ ，因此數位取樣電表之量測準確度優於傳統電力標準表(Radian RD-33)。

表 2-5、電壓諧波量測結果 (諧波比例：2 %、50 Hz)

電壓			相對誤差 (10^{-4})	
基波量 (V)	諧波		本計畫	標準表
	諧波次	諧波量(%)		
110/220	3	2	0	0
110/220	5	2	0	0
110/220	10	2	0	0
110/220	30	2	0	2
110/220	64	2	1	14

表 2-6、電壓諧波量測結果 (諧波比例：10 %、50 Hz)

電壓			相對誤差 (10^{-4})	
基波量 (V)	諧波		本計畫	標準表
	諧波次	諧波量(%)		
110/220	3	10	0	1
110/220	5	10	0	1
110/220	10	10	0	2
110/220	30	10	0	11
110/220	64	10	5	69

表 2-7、電流諧波量測結果 (諧波比例：2 %、50 Hz)

電流			相對誤差 (10^{-4})	
基波量 (A)	諧波		本計畫	標準表
	諧波次	諧波量(%)		
1/2/5/10	3	2	0	0
1/2/5/10	5	2	0	0
1/2/5/10	10	2	0	0
1/2/5/10	30	2	0	2
1/2/5/10	64	2	0	13

表 2-8、電流諧波量測結果 (諧波比例：10 %、50 Hz)

電流			相對誤差 (10^{-4})	
基波量 (A)	諧波		本計畫	標準表
	諧波次	諧波量(%)		
1/2/5/10	3	10	1	1
1/2/5/10	5	10	1	1
1/2/5/10	10	10	1	1
1/2/5/10	30	10	0	12
1/2/5/10	64	10	0	65

(5) 動態電力訊號數位取樣與分析技術建立

隨著綠電併網與電動車充電的容量占比逐漸提高，綠電發電業者與電動車充電消費者已開始重視電力交易的公平性。然而綠電為動態電源，而電動車的電池充電為非穩態負載，將導致電力波形畸變。在 2010 年時，加拿大與中國大陸國家標準實驗室的研究成果指出，絕大部分的傳統電表皆無法準確量測動態電力[2-6, 2-7]。此研究也將智慧電網中的各項動態電力源進行波形分析並作波形組成分類，最終以兩種數學模型來作歸納，即正弦波包絡基頻訊號(此為典型的綠能併網動態波形)與梯形波包絡基頻訊號(此為典型的電動車充電動態波形)。此兩種典型動態電力波形可用來評估電表的動態電力量測能力。首先，本計畫先以動態電力訊號輸出源實現兩種典型的動態波形輸出，並另以數

學模型計算出理論值，以供量測誤差值計算。表 2-9 為一正弦波包絡基頻訊號的設定值，其所描繪的電壓波形、電流波形、與瞬時功率波形如圖 2-18 所示。電流波形成分主要有一 60 Hz 的基波，此基波被一 5 Hz 的正弦波所包絡。然而從有效電功率的定義(數學公式)來計算，為 110 W。本計畫使用動態電力輸出源輸出此動態電力波形，將用來評估數位取樣電表與傳統電力標準表(Radian RD-33)的動態電力量測能力。圖 2-19 為取樣電表所量測到的電壓、電流、與瞬時功率波形，與理論波形相似。表 2-10 列出取樣電表與傳統電力標準表的量測值。與理論值相比，傳統電力標準表的量測誤差較大(最大量測誤差達 1.33 %)，且量測變異性也大。反觀，數位取樣電表的量測誤差為-0.02 %，且量測變異性極小。

表 2-11 為一梯形波包絡基頻訊號的設定值，其所描繪的電壓波形、電流波形、與瞬時功率波形如圖 2-20 所示。表 2-10 為一梯形波包絡基頻訊號的設定值，其所描繪的電壓波形、電流波形、與瞬時功率波形如圖 2-20 所示。電流因電池充電特性，形成梯形增減。然而從有效電功率的定義(數學公式)來計算，為 60.5 W。本計畫使用動態電力輸出源輸出此動態電力波形，將用來評估數位取樣電表與傳統電力標準表(Radian RD-33)的動態電力量測能力。圖 2-19 為取樣電表所量測到的電壓、電流、與瞬時功率波形，與理論波形相似。表 2-12 列出取樣電表與傳統電力標準表的量測值。因梯型波包絡基頻訊號主要動態變化為振幅變化，而非頻率的變化，所以傳統電力標準表與數位取樣電表都有較高的量測準確度，但兩者相比下，數位取樣電表的量測誤差較小且較接近理論值。

表 2-9、模擬綠電併網時之動態電力訊號(電壓：110 V,電流：1 A)

電壓波形： $110\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$

電流波形： $\sqrt{2} \cdot (1 + \sin(\frac{\omega t}{12})) \sin(\omega t)$

電力頻率：60 Hz

有效電功率(理論值)： $110 \times 1 = 110 \text{ W}$

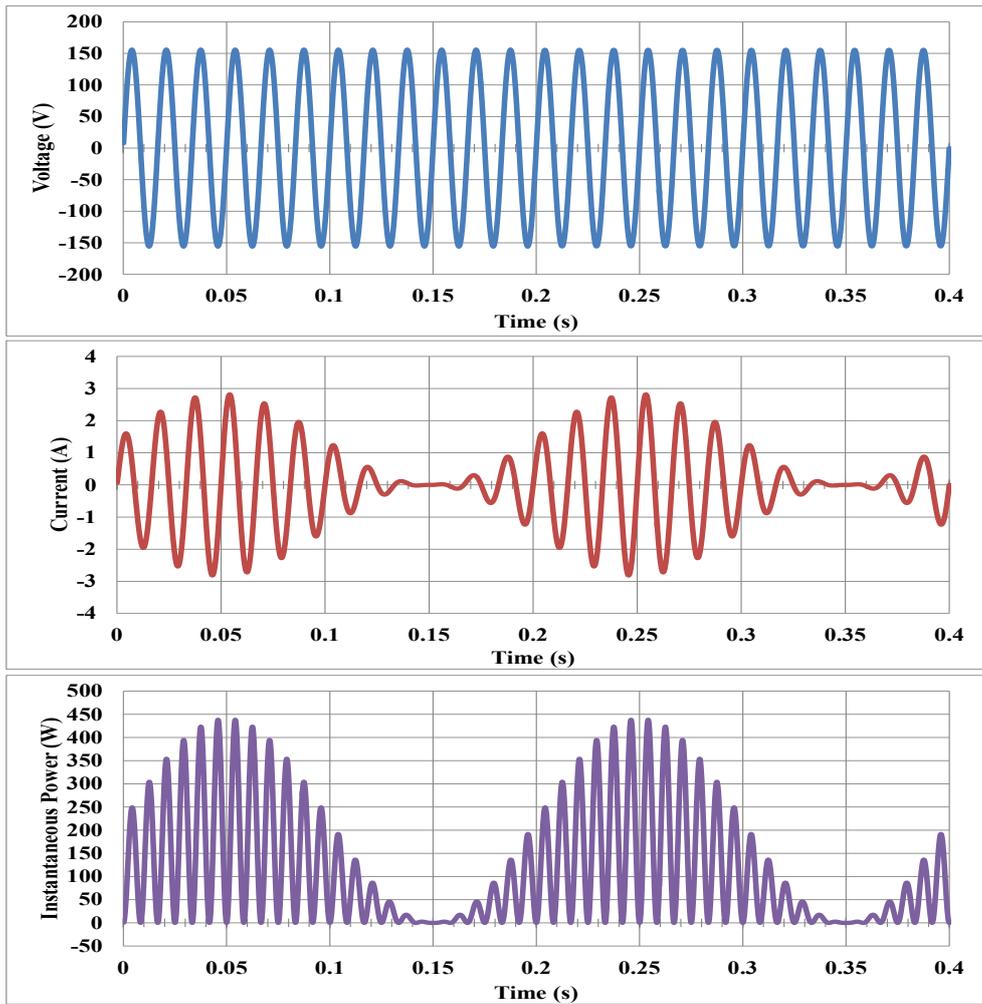


圖 2-18、理論波形(模擬綠電併網時之動態電力訊號)

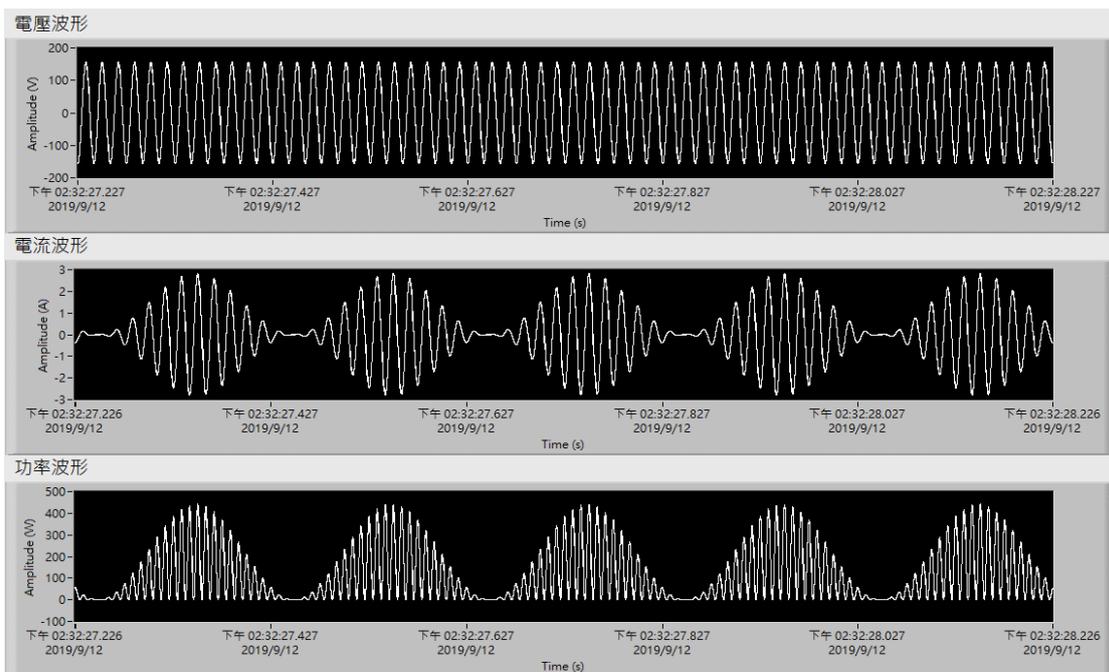


圖 2-19、取樣電表實測結果(模擬綠電併網時之動態電力訊號)

表 2-10、量測誤差比較(模擬綠電併網時之動態電力訊號)

電表類型	量測值 (W)	誤差 (相較理論值 110 W)
傳統電力標準表 (Radian RD-33)	108.7750	-1.11 %
	108.5404	-1.33 %
	109.9893	-0.01 %
數位取樣電表	109.9783	-0.02 %
	109.9767	-0.02 %
	109.9762	-0.02 %

表 2-11、模擬電池充放電訊號之動態電力訊號

電壓波形： $110\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$

電流波形： $t_1 = t_2 = 0.2 \text{ s}$

平台1： $\sqrt{2} \cdot (0.25) \sin(\omega t)$

平台2： $\sqrt{2} \cdot (1) \sin(\omega t)$

電力頻率：60 Hz

有效電功率(理論值)： $110 \times 0.25 \times 0.2 \times 2 + 110 \times (0.25 + 1) / 2 \times 0.2 \times 2 + 110 \times 1 \times 0.2 = 60.5 \text{ W}$

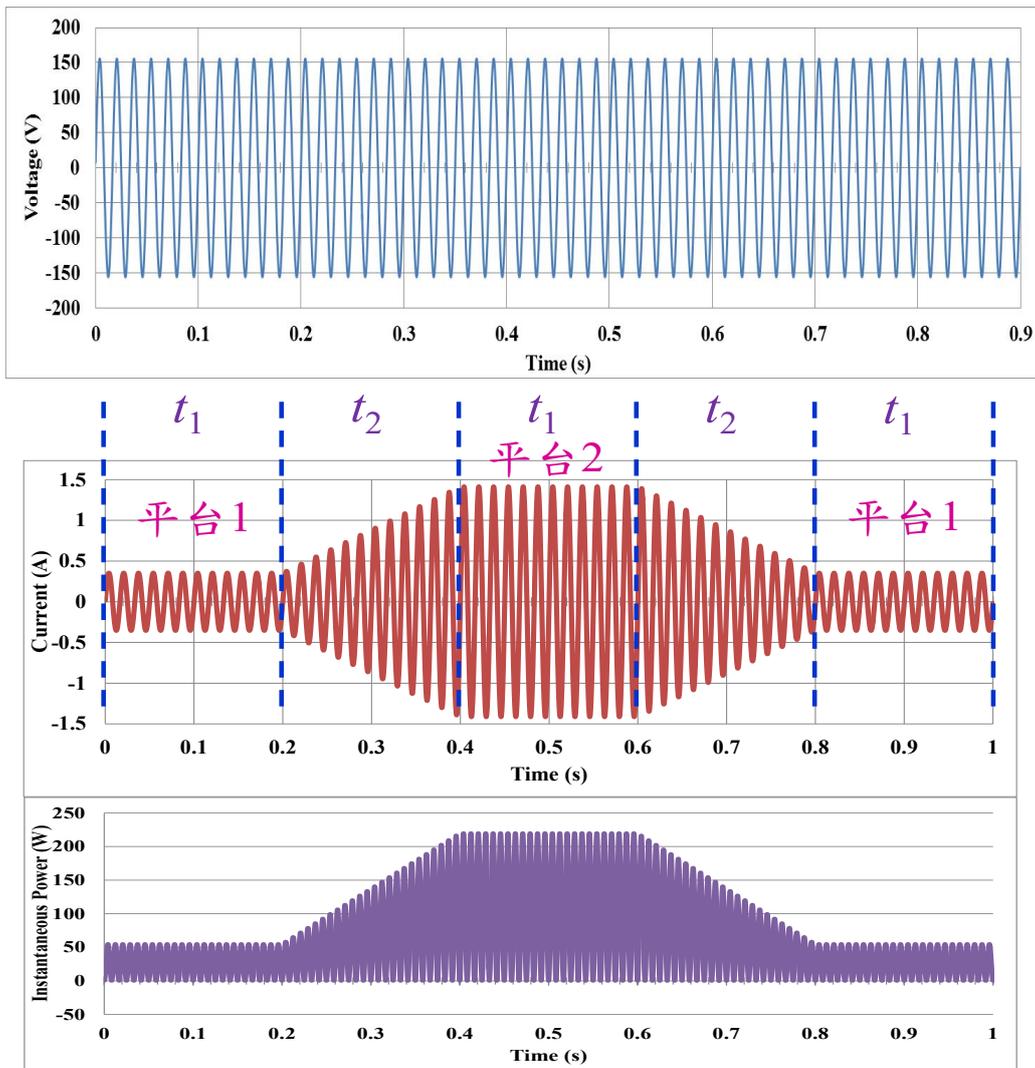


圖 2-20、理論波形(模擬電池充放電訊號之動態電力訊號)

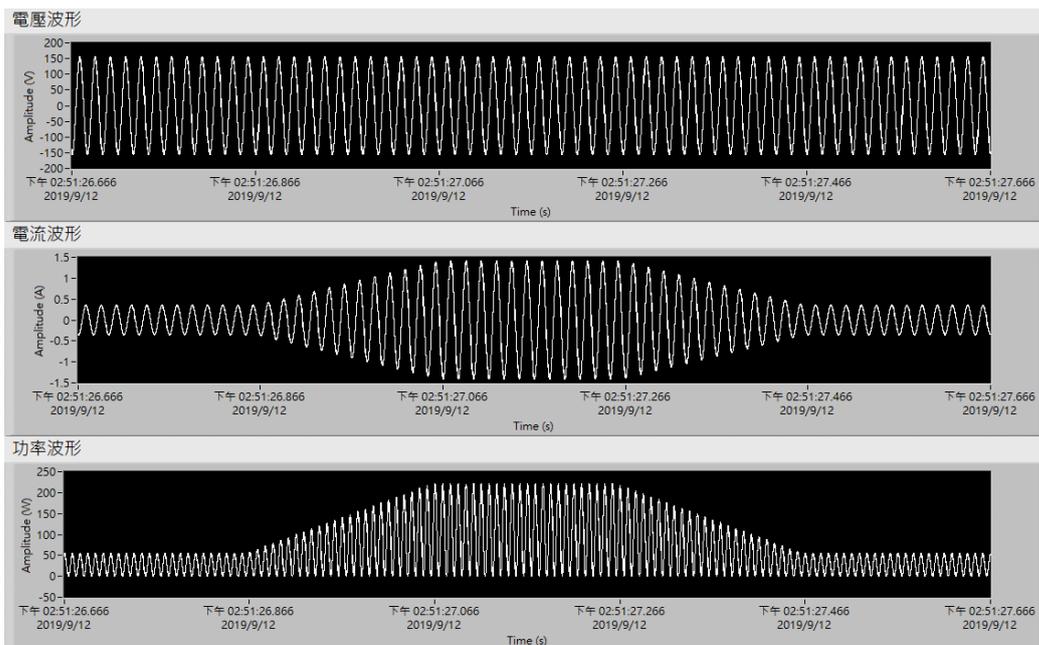


圖 2-21、取樣電表實測結果(模擬電池充放電訊號之動態電力訊號)

表 2-12、量測誤差比較(模擬電池充放電訊號之動態電力訊號)

電表類型	量測值 (W)	誤差 (相較理論值 60.5 W)
傳統電力標準表 (Radian RD-33)	60.5223	0.04 %
	60.5243	0.04 %
	60.5304	0.05 %
數位取樣電表	60.4903	-0.02 %
	60.4910	-0.01 %
	60.4955	-0.01 %

(6) 電力訊號之數位取樣穩定度評估

在電力訊號之數位取樣穩定度評估部分，首先，我們以 30 次循環量測作電壓諧波訊號(諧波次：3 次至 64 次)之量測穩定度評估，量測結果如表 2-13 至表 2-16 所示。在低電壓諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 2%)，數位取樣電表在高次諧波(諧波次：64 次)的量測穩定度明顯優於傳統電力標準表(Radian RD-33)；在高諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 10%)，數位取樣電表整體量測穩定度表現皆明顯優於傳統電力標準表。接下來，我們也以 30 次循環量測作電流諧波訊號(諧波次：3 次至 64 次)之量測穩定度評估，量測結果如表 2-17 至表 2-24 所示。在低電流諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 2%)，數位取樣電表在高次諧波(諧波次：64 次)的量測穩定度明顯優於傳統電力標準表；在高諧波比例時(諧波振幅為基波振幅的 10%)，數位取樣電表在基波電流為 1 A 至 5 A 且在高次諧波(諧波次：64 次)的量測穩定度明顯優於傳統電力標準表，至於數位取樣電表在基波電流為 10 A 的整體量測穩定度則明顯優於傳統電力標準表。整體而論，從電壓諧波與電流諧波的量測結果可以看出，數位取樣電表在電力訊號的量測穩定度整體優於傳統電力標準表。

表 2-13、基波電壓：110 V，諧波比例：2 % (振幅：2.2 V)

電壓		A 類標準不確定度 (V)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	2	5.72×10^{-5}	5.90×10^{-5}
5	2	4.67×10^{-5}	4.85×10^{-5}
10	2	2.26×10^{-5}	2.95×10^{-5}
30	2	2.94×10^{-5}	3.85×10^{-5}
64	2	2.55×10^{-5}	1.70×10^{-4}

表 2-14、基波電壓：220 V，諧波比例：2 % (振幅：4.4 V)

電壓		A 類標準不確定度 (V)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	2	9.67×10^{-5}	1.62×10^{-4}
5	2	9.57×10^{-5}	1.03×10^{-4}
10	2	5.07×10^{-5}	4.74×10^{-5}
30	2	5.40×10^{-5}	6.35×10^{-5}
64	2	3.54×10^{-5}	6.99×10^{-4}

表 2-15、基波電壓：110 V，諧波比例：10 % (振幅：11 V)

電壓		A 類標準不確定度 (V)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	10	7.22×10^{-5}	1.01×10^{-4}
5	10	4.76×10^{-5}	1.06×10^{-4}
10	10	2.52×10^{-5}	2.31×10^{-4}
30	10	3.28×10^{-5}	1.32×10^{-4}
64	10	2.68×10^{-5}	2.22×10^{-4}

表 2-16、基波電壓：220 V，諧波比例：10 % (振幅：22 V)

電壓		A 類標準不確定度 (V)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	10	1.92×10^{-4}	2.54×10^{-4}
5	10	1.58×10^{-4}	2.08×10^{-4}
10	10	5.54×10^{-5}	3.72×10^{-4}
30	10	4.05×10^{-5}	2.13×10^{-4}
64	10	5.25×10^{-5}	3.82×10^{-4}

表 2-17、基波電流：1 A，諧波比例：2 % (振幅：0.02 A)

電流		A 類標準不確定度 (A)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	2	7.81×10^{-7}	8.87×10^{-7}
5	2	8.14×10^{-6}	8.35×10^{-6}
10	2	4.42×10^{-6}	4.92×10^{-6}
30	2	2.34×10^{-6}	2.72×10^{-6}
64	2	3.56×10^{-7}	1.48×10^{-6}

表 2-18、基波電流：2 A，諧波比例：2 % (振幅：0.04 A)

電流		A 類標準不確定度 (A)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	2	1.87×10^{-6}	2.43×10^{-6}
5	2	1.67×10^{-5}	1.80×10^{-5}
10	2	1.38×10^{-5}	1.42×10^{-5}
30	2	5.32×10^{-6}	6.37×10^{-6}
64	2	8.91×10^{-7}	3.45×10^{-6}

表 2-19、基波電流：5 A，諧波比例：2 % (振幅：0.1 A)

電流		A 類標準不確定度 (A)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	2	5.50×10^{-6}	5.91×10^{-6}
5	2	3.95×10^{-5}	4.23×10^{-5}
10	2	1.79×10^{-5}	1.97×10^{-5}
30	2	1.07×10^{-5}	1.11×10^{-5}
64	2	2.14×10^{-6}	1.17×10^{-5}

表 2-20、基波電流：10 A，諧波比例：2 % (振幅：0.2 A)

電流		A 類標準不確定度 (A)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	2	8.95×10^{-6}	9.28×10^{-6}
5	2	6.07×10^{-5}	6.22×10^{-5}
10	2	6.31×10^{-6}	6.85×10^{-6}
30	2	7.06×10^{-6}	7.72×10^{-6}
64	2	3.85×10^{-6}	1.46×10^{-5}

表 2-21、基波電流：1 A，諧波比例：10 % (振幅：0.1 A)

電流		A 類標準不確定度 (A)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	10	1.01×10^{-6}	1.42×10^{-6}
5	10	8.11×10^{-6}	8.77×10^{-6}
10	10	4.22×10^{-6}	4.91×10^{-6}
30	10	2.42×10^{-6}	2.57×10^{-6}
64	10	4.46×10^{-7}	2.48×10^{-6}

表 2-22、基波電流：2 A，諧波比例：10 % (振幅：0.2 A)

電流		A 類標準不確定度 (A)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波比例(%)		
3	10	1.93×10^{-6}	2.67×10^{-6}
5	10	1.61×10^{-5}	2.13×10^{-5}
10	10	9.59×10^{-6}	1.16×10^{-5}
30	10	6.51×10^{-6}	6.97×10^{-6}
64	10	8.92×10^{-7}	4.83×10^{-6}

表 2-23、基波電流：5 A，諧波量：10 % (振幅：0.5 A)

電流		A 類標準不確定度 (A)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波量(%)		
3	10	5.84×10^{-6}	7.35×10^{-6}
5	10	3.67×10^{-5}	4.19×10^{-5}
10	10	1.98×10^{-5}	2.33×10^{-5}
30	10	9.86×10^{-6}	1.21×10^{-5}
64	10	1.81×10^{-6}	1.21×10^{-5}

表 2-24、基波電流：10 A，諧波量：10 % (振幅：1 A)

電流		A 類標準不確定度 (A)	
諧波		數位取樣電表	傳統電力標準表 (Radian RD-33)
諧波次	諧波量(%)		
3	10	7.06×10^{-6}	1.40×10^{-5}
5	10	7.79×10^{-6}	1.26×10^{-5}
10	10	6.17×10^{-6}	1.33×10^{-5}
30	10	7.43×10^{-6}	1.34×10^{-5}
64	10	4.03×10^{-6}	1.99×10^{-5}

(三)影響與產業效益

電力相關產業在國內欠缺動態電力之電網品質校正能量的情況下，僅能將其電力量測標準件送國外校正，除浪費大量時間與金錢外，亦增加企業營運成本。當 NML 建立動態電力數位取樣技術後，可滿足國內電網廣域監控設備之電力品質參數校正的計量追溯範圍，國內如台電、台灣大電力研究中心等公司的電力量測標準件可免送國外校正，約可節省每年百餘萬的營運成本支出。

陸、成果與推廣

一、年度量化成果

績效指標 (KPI)		目標值	達成值
論文發表	國內研討會(口頭)(篇)	2	3
技術報告	(篇)	2	2
資訊服務	接待參觀實驗室(人次)	30	82

- 論文：「新型非接觸式高壓架空線核相檢測法」被「第 40 屆中華民國電力工程研討會」大會評為優秀論文，直接收錄於台電工程月刊的優秀論文推選專刊。

【接待參觀】

項次	日期	來訪目的	參觀內容	參觀單位及人名(人次)
1	4月8日	討論未來引進超音波氣量計，作為民生用天然氣計量的可行性，及台灣相關氣量計法規的說明及發展。	參觀 F05 高壓氣體流量校正系統 F06 低壓氣體流量校正系統及國內氣量計法規說明	YAZAKI 公司氣體機器事業部 企劃部長 杉山猛先生及慶盈貿易有限公司 陳盈成總經理一行共 7 人。

項次	日期	來訪目的	參觀內容	參觀單位及人名(人次)
2	5 月 10 日	電磁量校正技術訓練	參觀 NML 電力校正系統	越南國家計量院(VMI) Nguyen Huy Hoang、Doan Anh Khoa 與 Tran Ngoc Thuan 等研究人員共 3 人次。
3	7 月 23 日	計量科普教育推廣活動	實驗室參訪與互動教學，認識風速量測、水/油/氣體等大型流量量測系統之發展與應用。	中央氣象局黃麗玫科長帶領包括三校四系（中央大學大氣科學組、中央大學太空天氣組、師範大學、海洋大學）共 27 位師生
4	8 月 30 日	電力校正之綠能產業說明會暨電流量測與校正技術研討會活動	參觀 NML 電力校正相關系統	電力校正之綠能產業說明會暨電流量測與校正技術研討會共 26 廠家 45 人次參訪。

二、推廣活動

(一)校正產業說明會

本計畫藉由各種平台及活動型式，辦理產業說明會，對廠商介紹國家度量衡標準實驗室，對低碳能源及電力之綠能產業，可提供的校正服務內容，及進行中的擴建系統能量說明，全年度共辦理 4 場產業說明會如下：

1. 低碳能源校正產業說明會

(1)時間：108 年 7 月 30 日

地點：台中市清新溫泉飯店(中油主辦、工研院協辦)

參與單位：中油、瓦斯公司、永隆、獨立電廠等 9 廠家共 22 人次

說明內容：簡述現有國家實驗室之循環式高壓氣體流量校正系統，校正

能量由 33,000 Sm³/h 提高至 110,000 Sm³/h，校正管線由 100 mm 提升至 200 mm 規模，校正不確定度由約 0.3 % 精進至約 0.25 %，促進天然氣交易公平性。另外，說明過去二年為了提升整個天然氣產業的計量精確度，如何在現有下吹式(Blow down)系統的音速噴嘴標準件及氣流溫降等問題上，執行系統改良。

業者反應說明：

(1) 國光電力蕭富民副理詢問，現有天然氣線上計價之超音波流量計皆已逐步納入調校管理，雖然調校後之器差有正負差，但皆在允收範圍之內，所以流量計是否可以輪調使用？
NML 說明：就目前狀況仍有困難，主因為各家電廠、瓦斯公司使用的流量計尺寸及法蘭磅數都有差異，難以互相混用。

(2) 欣湖公司反映，目前超音波流量計校正流率小於原廠出廠的校正報告範圍，若現場流率大於調校的範圍，那調校因子會是如何？

NML 說明：由於內湖供氣中心的 150 mm 最大輸送流率，應該遠小於此次校正最大流率 1200 m³/h，所以目前不會出現此一問題。未來供氣若超過 1200 m³/h，則將提升校正流率範圍如至 1800 m³/h，而這也是國家實驗室之循環式高壓氣體流量校正系統需擴充能量的緣由。



(2)時間：108年9月5日

地點：中油嘉義煉研所流量大樓307室

參與單位：中油天然氣事業部、中油天然氣事業部南區營業處、中油天然氣事業部北區營業處、中油天然氣事業部公用天然氣營業處

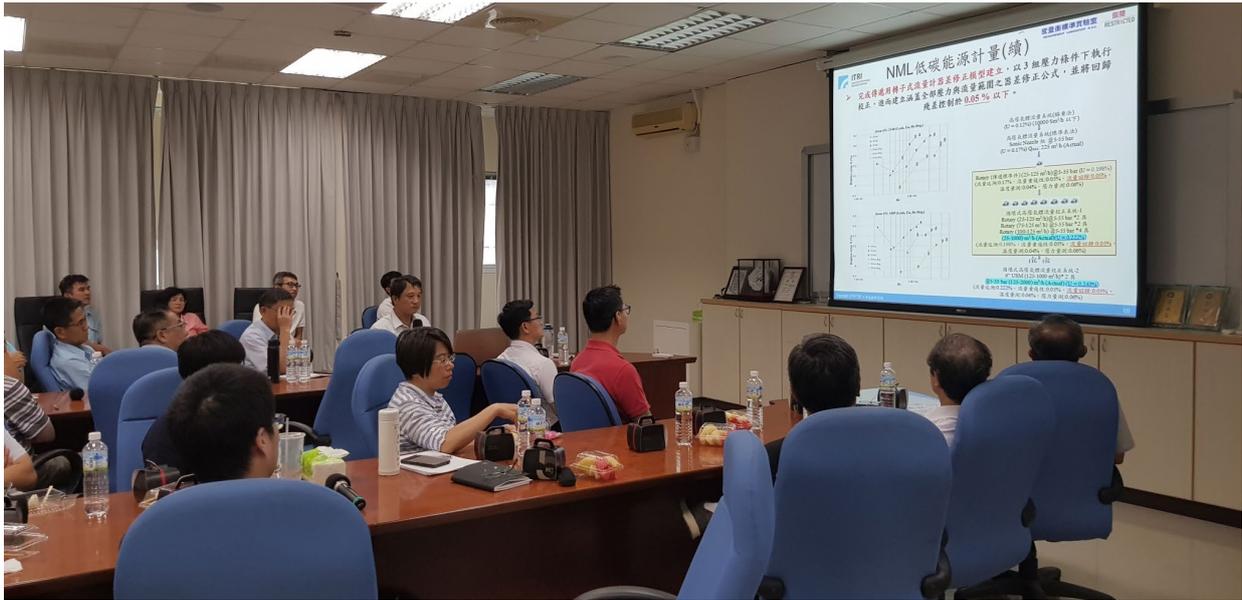
說明內容：A.國家實驗室循環式高壓氣體流量校正系統，校正能量由33,000 Sm³/h提高至110,000 Sm³/h，校正管線由100 mm提升至200 mm規模，校正不確定度由約0.3 %精進至約0.25 %，促進天然氣交易公平性及提供業者服務之情形。

B.煉研所表示預計109年擴充至6000 Am³/h，後續會擴充至8000 Am³/h。

業者反應說明：

(1)台灣中油公司北區處認為，如國家實驗室及煉研所未來可將校正追溯能量擴大，則台灣中油公司採購各型新表時，可以於採購規範納入要求，新表必須送至煉研所校正。

(2)台灣中油公司北區處表示，天然氣大型計量表已逐步汰換成超音波表，也會納入定期校正，國家實驗室及煉研所擴大校正能量，提升系統量測不確定度，對於整體天然氣交易計量具正面意義。



(3)時間：108 年 9 月 6 日

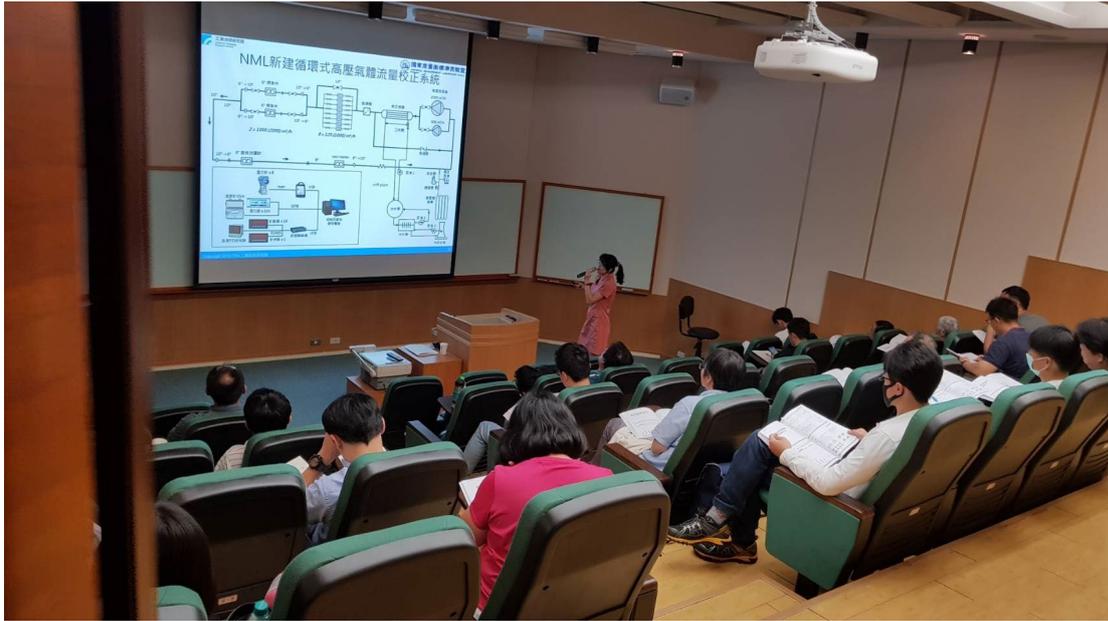
地點：工研院量測中心 16 館(搭配流量研討會實施)

參與單位：台灣愛知儀錶、金車(股)公司、台灣松下電器、新竹瓦斯、台灣電力、中山科學研究院、台灣動力檢測科技、欣湖天然氣、欣桃天然氣、東穎衡器、台灣中油共 21 人次

說明內容：簡介國家實驗室循環式高壓氣體流量校正系統，校正能量由 33,000 Sm³/h 提高至 110,000 Sm³/h，校正管線由 100 mm 提升至 200 mm 規模，校正不確定度由約 0.3 % 精進至約 0.25 %，促進天然氣交易公平性及提供業者服務之情形。

業者反應說明：

(1)此次座談會業者皆反應，在國家實驗室循環式高壓氣體流量校正系統擴增能量後，可滿足現有校正範圍及準確度需求。



2. 電力校正產業說明會

(1)時間：108 年 8 月 30 日

地點：工研院量測中心 16 館 121 會議室

參與單位：台電、中科院、ETC、華城電機、儀寶等 26 廠家共 45 人次

說明內容：簡述 NML 交流電功率原級系統精進後，系統校正最高電壓可達 480 V、最大電流可至 80 A，同時具備動態電力校正服務，可確保智慧電表量測準確度與交易公平性。此外，亦說明未來比壓器系統精進後，系統校正最高電壓可至 200 kV，能滿足高壓輸變電設備的計量追溯範圍，提升產品競爭力。

業者反應說明：

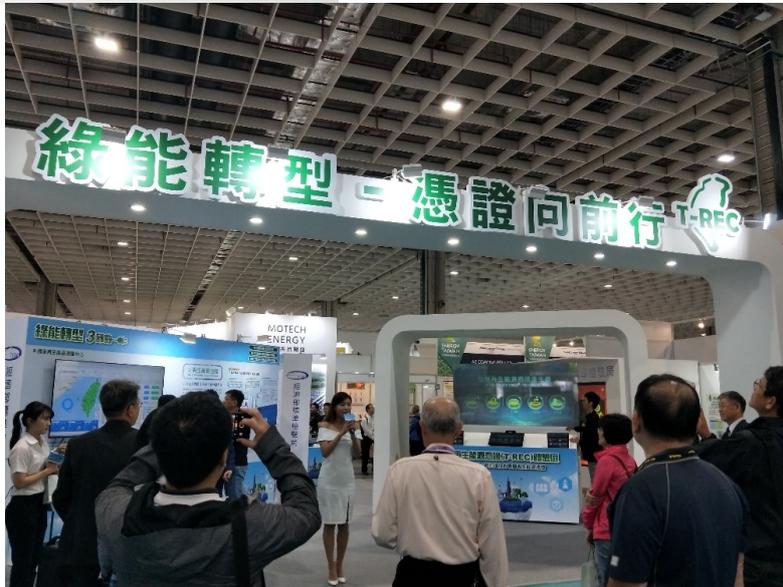
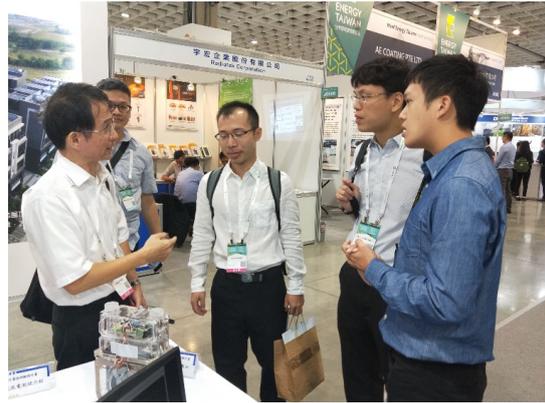
(1)台電公司表示未來 NML 比壓器系統之校正最高電壓可提升至 200 kV (目前最高電壓僅至 100 kV)，確實可解決其長年以來比壓器標準件須追溯至國外實驗室的困擾，NML 應及早完成該系統建置。

(2)中科院、ETC、華城電機等公司皆表示非常認同 NML 之計畫執行方向，相關校正系統能量提升後確實有助於國內電機與重電產業之電力相關儀器設備的量測準確性與產品外銷競爭力。



(二)展覽活動

10/16-10/18 參加於南港展覽館舉辦的 2019 Energy Taiwan 台灣國際智慧能源週展覽活動，計畫以看板型式，說明瓦斯表及智慧電表，須經校驗、追溯至國家度量衡標準實驗室，以確保能源交易公平，保障民眾的權益；並以動態實體展品-微電腦膜式氣量計(瓦斯表)，配合專人解說，讓參觀者可以有趣、易理解的方式，瞭解能源計量對民生福祉的相關性與影響。



附 件

附件一、新台幣參百萬以上儀器設備清單	89
附件二、新台幣參百萬以下儀器設備清單	89
附件三、國外出差人員一覽表	90
附件四、論文一覽表	91
附件五、研究報告一覽表	91
附件六、參考文獻索引	92
附件七、審查意見回覆	93

附件一、新台幣參百萬元以上儀器設備清單

機關（學校）名稱：經濟部標準檢驗局

單位：新臺幣千元

編號	儀器名稱	使用單位	單位	數量	單價	總價
1	高壓鼓風機系統	國家度量衡標準實驗室	套	1	13,541.263	13,541.263
2	高壓循環氣流運轉模組	國家度量衡標準實驗室	套	1	7,561	7,561

填表說明：

1.本計畫新臺幣 300 萬以下設備，悉由執行單位自行籌款購置，計畫編列設備使用費分年攤提。300 萬元以上設備由計畫內編列經費

附件二、新台幣參百萬元以下儀器設備清單

單位：新臺幣千元

儀器設備名稱(中/英文)	主要功能規格	單價	數量	總價
大流量實驗室電力機電系統	配電機房至壓縮機房電力線與配電盤所需 460 V、3 相、60 Hz、500 kW 配電	2,085.714	1	2,085.714
高解析度訊號擷取卡	具 2 個類比輸入端 24 位元解析度 各通道最高取樣率可達 15 MS/s 內建記憶體 256 MB	761.905	1	761.905

註：凡單價 300 萬元以下之機儀器設備，均由量測中心以自有資金購置，後續以設備使用費攤提。

附件三、國外出差人員一覽表

短期訓練

出差性質	主要內容	出差機構/國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	計畫書次
無							

長期訓練

項次	出差性質	主要內容	出差機構/國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益
無							

附件四、論文一覽表

論文名稱	發表日期	期刊/會議	作者	頁數	技資編號
新型非接觸式高壓架空線核相檢測法	2019/09/05	中華民國電力工程研討會	陳坤隆	6	075A80059
電力計量標準之電力訊號數位取樣技術研究	2019/09/05	中華民國電力工程研討會	陳坤隆、陳士芳、許俊明	6	075A80060
高壓氣體用超音波流量計器差迴歸模型分析	2019/12/07	中國機械工程學會年會暨全國學術研討會	楊峯銳、王文彬、林文地、蕭俊豪、楊正財	6	075A80152

附件五、研究報告一覽表

報告名稱	發表日期	語言	密等	頁數	作者	技資編號
循環式高壓氣體流量校正系統設計原則與案例說明	2019/12/6	中文	普通	49	楊峯銳、王文彬、林文地	073A80226
電力訊號數位取樣校正程序	2019/11/19	中文	無	15	陳坤隆	073A80225

附件六、參考文獻索引

編號	出處
1-1	綠能科技產業創新推動方案，行政院第3545次會議，106年4月20日
1-2	能源發展綱領，能源轉型白皮書 http://energywhitepaper.tw/ ，106年4月
1-3	https://new.cpc.com.tw/division/lngb/news.aspx ，中油天然氣事業部
1-4	https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=198 ，台灣電力公司天然氣採購
1-5	電業法，總統府 106 年 1 月 26 日華總一義字第 10600011591 號令修正公布
1-6	ISO/FDIS 17089-1:2010(E) Measurement of fluid flow in closed conduits-Ultrasonic meters for gas – Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement.
1-7	Jiunn-Haur Shaw, Fong-Ruey Yang, Yi-Lin Ho, Tsai-Wang Huang, Tsai-Li Chou, Jyh-Rong Wu, Construction of a re-circulation type high-pressure air flow measurement facility and uncertainty evaluation, 6th International Symposium on Fluid Flow Measurement, May 16-18, 2006.
2-1	IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions, IEEE Std. 1459-2010, 2010.
2-2	Electromagnetic compatibility (EMC) –Part 4-30: Testing and measurement techniques –Power quality measurement methods, IEC 61000-4-30, 2003.
2-3	何宗翰，三相交流電功率量測系統評估報告，二版，2019。
2-4	何宗翰，三相交流電能量測系統評估報告，二版，2019。
2-5	Electromagnetic compatibility (EMC) –Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto, IEC Std. 61000-4-7, 2002.
2-6	Z. Lu and E. So, “A proposal for verifying the performance specifications of certain functions of smart meters in distribution power line networks,” in Proc. 2010 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM), pp. 271–272, Daejeon, Korea, June, 2010.
2-7	Z. Lu, Li Min, Z. Zhu, J. Zheng, L. Wang and E. So, “Evaluation of the dynamic performance characteristic of electrical energy meters,” in Proc. 2012 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM), pp. 120–121, Washington, USA, Jul. 2012.

附件七、審查意見回覆

審 查 意 見 表

計畫名稱：電力量測及低碳能源基礎計量計畫（1/4）

108 年度 細部計畫審查 期中報告 期末報告

建 議 事 項	說 明
<p>A 委員</p> <p>1.本年度計畫執行績效良好，經費執行率在 11 月底已達 92%，合乎預定進度。</p>	<p>感謝委員的肯定與支持。</p>
<p>2.本年度新購置 24 位元解析度、通道取樣率為 15MS/s 的高解析度訊號擷取卡一具，請說明其使用目的為何，並與現有取樣率為 1.25MS/s 的 NI USB-6356 擷取卡有何區隔。</p>	<p>計畫新購置之 24 位元解析度、通道取樣率為 15 MS/s 的高解析度訊號擷取卡(廠牌/型號：NI 5922)與各先進國家計量院如韓國 KRISS、日本 NMIJ 等國所採用的高階數位取樣電表是相同的產品，該高解析度訊號擷取卡與計畫初期所採用之 16 位元解析度、通道取樣率為 1.25 MS/s 的 NI USB-6356 擷取卡相較，NI 5922 具較佳的訊號解析度，可更精確用於動態電力的訊號截取與分析。因此，NI 5922 於今年 9 月到貨後，電力訊號數位取樣系統隨即汰換 NI USB-6356 擷取卡並改寫量測軟體的控制介面。</p>
<p>3.本計畫利用 FFT 計算電壓與電流數位訊號時，並未指明使用若干點的 FFT 進行動態電力取樣訊號的重建還原，由於不同點數的 FFT 所得的頻譜解析度均不同，其結果是否會影響量測誤差與不確定度，請說明。</p>	<p>謝謝委員的意見，於計畫執行報告第 50 頁有提及本計畫乃參考 IEC 61000-4-30 標準，針對電力基波訊號每週期是固定使用 1024 個取樣點作 FFT 取樣訊號的重建還原設計，此取樣條件下之量測誤差可小於 0.1%。</p>
<p>4. P.62，倒數第十行，”...在考直流電壓...”，恐係筆誤，建請釐清更正。</p>	<p>謝謝委員的意見，該處確為筆誤，應修訂為：“在考量直流電壓.....”。</p>
<p>B 委員</p> <p>5.第 9 頁「校正服務的流量擴充至將近 10 倍達 110000Sm³/h」，似與第 8 所述有異。</p>	<p>感謝委員提醒，國家實驗室對外提供校正服務流量上限為 10,000 m³/h，第 8 頁所提之循環式校正能量 33,000 m³/h 系統為內部研究使用，並非 NML 正式提供流量校正服務系統。抱歉造成委員之誤解與困擾，後續會於</p>

建 議 事 項	說 明
	結案報告說明清楚。
6.第 21 頁「取樣電表設定在 10 V 檔位時，有較佳的同步取樣性能」，何謂「較佳的同步取樣性能」？請說明。	取樣電表設定在 10 V 檔位時，有較佳的同步取樣性能，其判斷基準主要是與 2 V 及 5 V 檔位之取樣量測結果作比較。如計畫執行報告第 51 頁所述，評估測試時我們須考量取樣電表設定在不同量測電壓檔位下(包含 2 V、5 V、10 V 檔位)的特性表現，其量測結果如表 2-1 至 2-3 所示(第 53、54 頁)。從結果研析可知，取樣電表設定在 10 V 檔位時，針對三種不同電壓(0.64 V、0.8 V 以及 0.96 V)在 50 Hz 或 60 Hz 頻率下之同步取樣性能(包含電壓振幅誤差與相位誤差)優於其他電壓檔位，其通道間振幅值誤差之 A 類標準不確定度 $< 1 \mu\text{V}$ ；通道間相位誤差之 A 類標準不確定度 $< 0.0005^\circ$ ，符合電力量測需求。
7.第 50 頁「唯獨 80 A 的電流訊號，只能採用規格為「100 A 輸入，0.8 V 輸出」的電流分流器」，請說明其原因與可能影響為何？	電力訊號取樣量測系統所採用的電流分流器為 Fluke 公司所生產的制式規格產品，其產品規格是當輸入電流大於 50 A 時，須直接採用 100 A 輸入的電流分流器。因此，當計畫執行 80 A 的電流訊號量測時，因 Fluke 產品規格限制只能採用「100 A 輸入，0.8 V 輸出」的電流分流器。不過，這種情況對系統量測而言，僅是電流分流器的實際電壓輸出降為 0.64 V，對於電流訊號的取樣量測準確度是完全沒有影響的，請委員知悉。
8.第 63 頁「採直流電壓校正法之校正點數為交流電壓校正法之校正點數的 12 倍，因此本計畫決定採交流電壓基波進行修正。」請說明其理由？	謝謝委員的提問，本計畫若採用離散直流電壓之各點誤差進行量測值修正，這代表需分別修正共 1024 個直流電壓值，因取樣電表在單一基波週期內會完成 1024 個取樣點(離散點)量測，此種量測值修正方式較為複雜且不易實現(取樣電表送 NML 進行直流電壓校正的電壓值僅包含： $\pm 2 \text{ V}$ 、 $\pm 1.6 \text{ V}$ 、 $\pm 1.2 \text{ V}$ 、 $\pm 0.8 \text{ V}$ 、 $\pm 0.4 \text{ V}$ 、 $\pm 0.1 \text{ V}$ ，共 12 個點)。因此，考量電壓/電流量測訊號皆為交流波

建 議 事 項	說 明
	形，且電壓與電流諧波為電力訊號進行 FFT 訊號處理後頻譜展開計算的結果(為基波函數)，故計畫決定採交流電壓基波進行修正。
9.第 63 頁「電壓諧波最大相對誤差分別 <0.05 %，電流諧波最大相對的誤差分別 <0.01 %」，請說明誤差有異之可能原因？	系統執行電壓諧波取樣量測時，必須將電力訊號源所輸出的 110 V 或 220 V 電壓先透過量測中心自製的電壓分壓器降壓至 0.77 V 或 0.88 V，再以取樣電表進行量測。而系統執行電流諧波量測時，則必須將電力訊號源所輸出的 1 A、2 A、5 A 或 10 A 電流先透過 Fluke 公司生產的電流分流器將電流訊號轉換至 0.8 V 的電壓訊號，再以取樣電表進行量測。因此，電壓與電流諧波量測誤差有所差異的原因，主要是由於透過電壓分壓器降壓後的電壓輸出穩定性與透過電流分流器將電流訊號轉換成電壓訊號後的電壓輸出穩定性不同所導致。
10.本計畫之執行，均與原規劃內容相符，成果完善，值得肯定。	感謝委員的肯定與支持。
C 委員 11.本計畫針對現有高壓氣體流量校正系統系採用陀螺儀秤重器搭配換向閥進行氣量蒐集與質量及時間量測做為原級追溯標準，對於國內產學界在奈米量測與定義能更符合國際上之標準。	感謝委員的肯定與支持，計劃團隊會於後續更加努力提升系統能力，滿足國內產學界所需。
12.該期末報告之計畫書明確列出此計畫每階段之查核點。	感謝委員的肯定與支持。
13.該計畫在該年度已有多項論文之撰寫，但在專利佈局建議加以說明，以提高該計畫效益。	感謝委員的意見。低碳計量研究因為是汰舊換新採購設備及管路設計、資料擷取系統軟體整合，較不易產生具專利性質 KPI；電力部分因為數位取樣技術為參考 IEC or IEEE 標準去建置分析軟體，因此也無專利性質之 KPI，未來技術建置會儘量朝專利保護發想。
14.該計畫建立動態電力數位取樣技術，可提高	感謝委員的肯定與支持，動態電力數位取樣

建 議 事 項	說 明
<p>國內電網廣域監控設備之電力品質參數校正的計量追溯範圍。</p>	<p>技術建置完成後，可有效滿足國內電網廣域監控設備之電力品質參數校正的計量追溯範圍，對國內相關業者的實質效益如台電、台灣大電力研究中心等公司的電力量測標準件可免送國外校正，約可降低2 %的營運成本支出。</p>