



國家度量衡標準實驗室 105 年度執行報告

國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫

(第 4 年度)

全程計畫：自 102 年 1 月至 105 年 12 月止

本年度計畫：自 105 年 1 月至 105 年 12 月止

中華民國 106 年 1 月

【期末報告摘要資料】

科資中心編號	PG10502-0151			
計畫中文名稱	國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫			
主管機關	經濟部標準檢驗局	計畫編號	105-1403-05-05-08-01	
執行機構	工業技術研究院量測技術發展中心	審議編號	105-1403-05-05-08-01	
年度	105	全程期間	102.01-105.12	
本期經費	307,639仟元			
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	307,639 仟元	307,639 仟元	100%
	全程	1,116,196 仟元	1,115,827 仟元	99.96%
中文關鍵詞	標準傳遞；校正；量測；比對；追溯；評鑑			
英文關鍵詞	； Calibration； Measurement； Comparison； Traceability； Assessment；			
研究人員	中文姓名		英文姓名	
	林增耀		Tzeng-Yow Lin	
	藍玉屏		Yu-Ping Lan	
	傅尉恩		Wei-En Fu	
	許俊明		Chun-Ming Hsu	
	楊正財 ^等		Cheng-Tsair Yang	
中文摘要	<p>本計畫肩負維持國家品質價值鏈「計量」源頭(國家度量衡標準實驗室)運轉效能之責，以標準維持與國際等同、產業計量技術發展、前瞻計量技術研究、法定計量技術發展等四個分項執行方式，建立、拓展具國際等同性之國家最高實體量測標準，提供國內產業民生之量測追溯，確保研發階段及生產製造之量測一致性及準確性，滿足國家科技、產業、民生、安全之量測儀器追溯校正需求，維繫國家品質基磐。本年度重點工作包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 維持國際度量衡局(BIPM)校正與量測能量(CMC)登錄資格，達到全球化計量調和及相互承認，促使我國在國際貿易上保有公平自由交易。 ● 聚焦長度、電量、光量及流量等領域，鎖定追溯位階較高、服務需求影響性較大之標準系統，導入新量測技術與設備，策略性汰換與精進 NML 老舊系統。 ● 結合國家計量標準、儀器開發及產業技術應用，以產業需求為導向新/擴建標準系統，評估與協助半導體、精密機械等產業改善製程迫切性量測問題需求，予以補強追溯鏈能量，並透過計量技術之擴散，提供更貼近產業的服務。 ● 投入符合國際前瞻計量技術發展趨勢之研究，建立前瞻材料量測技術，以及研究發展前瞻感測技術與光通訊頻率標準技術，於持續建構我國計量標準技術自主能量之同時，協助國內新興產業產品品質提升，增進國 			

際競爭力。

- 配合執法機關，協助研擬/修訂法定計量器相關計量技術研究與規範。

年度執行成果：

- 全球相互認可機制之實現與維持，建立國家量測標準之國際等同

(1) 完成年度階段工作以持續合格登錄於國際度量衡局(BIPM)關鍵比對資料庫(BIPM-KCDB)，證明我國在計量技術上之實力，維持國家最高標準之國際等同性。

◇ 完成 8 項國際比對量測，3 項已獲登錄於 BIPM KCDB 資料庫。在國際度量衡委員會相互認可協議(CIPM-MRA)架構下累計參與 101 項國際比對，完成 66 項，尚有 35 項持續進行中。

◇ 273 項校正與量測能量(CMC)獲准登錄於 BIPM 的附錄 C。

◇ 完成聲音/振動 2 領域第三者認證評鑑活動以確認品質系統及系統能量。

(2) 構建維繫與國際計量相關機構間互動關係，維護國家度量衡標準實力之國際級形象。

◇ 參與亞太計量組織(APMP)及國際度量衡委員會(CIPM)等相關會議，協助區域計量組織間之連結與運作。

— 成功獲選擔任 CIPM 長度諮詢委員會(CCL)及聲量/超音波/振動諮詢委員會(CCAUV)觀察員。

— 擔任 APMP 執委會(EC)委員，聲量/超音波/振動領域技術委員會(TCAUV)主席及流量領域技術委員會(TCFF)主席，協助亞太計量組織之運作。

- 傳遞國家最高量測標準，校正服務支援百億元檢測市場

(1) 維持國家最高實體量測標準，提供我國量測追溯體系內所需之品質活動

◇ 維護國家度量衡標準實驗室 15 個領域 117 套量測標準系統、環境設施等，確保國家實驗室之運作正常與服務品質，提供一級校正服務 4825 件次，透過直接或間接之標準傳遞服務，每年支援逾百億元之檢測市場。

◇ 提供 113 份全球相互認可協議(CIPM-MRA)架構認可之英文校正報告，協助廠商通過業主審查(Audit)及產品具有國際認可之校驗報告，拓展國際市場。

◇ 策略性汰換 7 項使用年限逾期或故障/性能退化之設備，與改良精進 7 套系統，使能穩定維持系統的服務品質與準確性。

— 針對精密製造產業所需之量測追溯，完成麥克風比較校正系統改良、衝擊振動比較校正系統改良各 1 套，以及衝擊振動比較校正系統與低頻加速規校正系統各 1 項重要設備汰換。

— 針對半導體產業所需之量測追溯，完成 1 套氣體量測系統改良，及

奈米壓痕量測系統 1 項重要設備汰換。

—針對電力產業所需之量測追溯，完成 1 套直流電阻系統改良，及交流電流量測系統 1 項設備汰換。

—針對光電產業所需之量測追溯，完成 1 套全光通量量測系統改良。

—針對能源、公平交易及民生所需，完成高壓氣體流量及風速校正系統改良各 1 套，以及高壓氣體流量、風速校正系統及電磁場強度量測系統共 3 項重要設備汰換。

(2) 計量技術知識擴散，培育國內計量人才

◇配合精密製造產業計量技術之精進與發展，與臺灣機械工業同業公會及財團法人精密機械研究發展中心合作，完成 3 場次智慧機械應用技術擴散活動辦理。

◇聯合逢甲大學、中興大學機械系、勤益科技大學等中部機械產業重點大學，完成 1 場次精密機械計量技術擴散活動辦理。

◇完成度量衡探索箱之開發，包含度-長度(度長絮大)、量-容積(容量的量測與檢定)、衡-重量(秤心如意單元)的計量科學概念與量測方法。提供偏遠地區學校科學與科技教育的教學資源，共計 43 天(約 328 小時的教育推廣)，以縮短城鄉教育資源落差，讓度量衡的科普概念有更廣的延伸。

●協助精密機械及半導體產業升級、提升國際競爭力

(1) 新建標準系統補強追溯鏈能量，滿足精密機械及半導體產業之新興計量需求

◇因應國際計量趨勢與品質要求，擴建與完善追溯鏈能量：

—建立高精確度三維尺寸量測技術，協助國內相關產業提升座標量測儀精度，提高競爭力。

✓完成階規校正系統與技術建置，使用座標量測儀、調整治具與自製探針，建置階規校正技術健全國內座標量測儀追溯鏈，量測範圍： $(10 \sim 1010) \text{ mm}$ ，量測不確定度： $0.28 \mu\text{m} + 0.40 \times 10^{-6} \text{ L}$ 。

✓完成自動追蹤機械結構進行細部修改與簡化，修改雙軸旋轉機構設計，使兩軸旋轉治具容易調整轉軸與光軸中心交會參考球心，縱向旋轉範圍 -14° 至 $+85^\circ$ ，水平旋轉範圍 $\pm 180^\circ$ ，徑向誤差小於 $5 \mu\text{m}$ ，軸向誤差小於 $2 \mu\text{m}$ ，基準球半徑變異量 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ ，基準球的固定支柱為鈹鋼材質。

✓以高指向性超音波量測工具機加工產生的顫振，配合超音波顫振檢測模組相位解調演算法，提升量測位移解析度，可偵測振動頻率 $2 \text{ Hz} \sim 7 \text{ kHz}$ ，位移量測解析可解析度約為 $4 \mu\text{m}$ ，最大量測位移可達 8 mm 。

✓可協助國內精密機械加工機製造廠商和三次元座標量床製造商，與對空間量測與誤差補償、顫振檢測技術有需求廠商解決相關計量技術課題。

- 建立國內半導體產業 100 nm 以下液相粒子監控技術之氣膠粒子量測標準追溯鏈。
 - ✓ 利用氣霧化溶液方法，將溶液中粒子氣霧化為空氣中漂浮的粒子，建立以微分電移動度法(Differential Mobility Analysis System, DMAS) 於溶液中量測粒徑及數量濃度分布之氣膠粒子量測技術，粒子粒徑霧化範圍：10 nm ~ 300 nm。
 - ✓ 開發並掌握凝結粒子計數器中奈米粒子凝結之關鍵技術，可凝結之粒子粒徑 ≤ 10 nm，有效降低溶液中超細微粒線上監測系統之建置成本。
 - ✓ 設計與開發標準粒子濃度產生模組，提供液體中粒子計數器自動檢校技術，做為機台間量測一致性之標準，應用於各式溶液粒子計數器之校正，可量測之粒徑範圍：60 nm ~ 100 nm；可量測之粒子濃度範圍： 10^2 /mL ~ 10^3 /mL；濃度量測不確定度 $\leq 15\%$ 。
 - ✓ 應用於溶液中粒子線上監測系統之標準粒子濃度產生器模組，可提升粒子監控儀器的能力檢測與驗證標準方法，解決半導體產業習用之液相粒子監控技術在 100 nm 以下缺乏追溯鏈課題。
- 建立扭矩量測標準技術，建立國內相關產業之校正追溯鏈。
 - ✓ 完成扭矩標準機設計與建置，量測範圍：**10 N·m ~ 5 k N·m**。
 - ✓ 採用雙天平槓桿方式對槓桿進行應力分析和最佳化設計，槓桿在最大受力狀態下，x 方向的最大位移 ≤ 0.1 mm，滿足等臂天平長度允許誤差 0.01 % (等臂天平長度為 1000 mm)；法碼質量量測不確定度小於 0.001 %。
 - ✓ 提供目前國內手工具、傳感器與材料試驗機等製造業及 TAF 扭矩認可之二級實驗室所需扭矩的檢測追溯管道。
- ◇ 透過標準能量發展成熟應用技術，主動解決廠商計量的共通課題。
 - 建立自動追蹤雙光梳絕對測距技術，協助國內精密機械產業提升加工精度。
 - ✓ 完成小型化雙光梳雷射 633 nm(追蹤用)及 1550 nm(測距用)雙波長測頭絕對測距技術與自動追蹤機械結構整合，實現自動追蹤雷射絕對測距，雙光梳相對頻率擾動量 0.64 MHz，偏差頻率線寬 3.3 mHz，最佳量測解析度 0.1 μm ，最佳量測不確定度 $0.20 \mu\text{m} + 0.04 \times 10^{-6} \times L$ 。
 - ✓ 經自動追蹤測距技術(使用 LaserTRACER)量測與補償後之大型五軸工具機，可作為長期使用可靠度與精密機械產業設計階段之修改參考，其規格將可媲美日製機種，提高國際競爭力。
- (2) 支援半導體產業自主供應鏈，推動設備國產化
 - 建立微凸塊(μ -Bump)參考標準件及白光輪廓量測技術，協助半導體機器設備國產化。
 - ✓ 製作 μ -Bump 參考標準件，滿足國內半導體設備開發所需的參數量測追溯。

最大高度： $(12.482 \pm 0.006) \mu\text{m}$ ，量測不確定度： $0.3 \mu\text{m}$ ；

直徑： $(19.167 \pm 0.155) \mu\text{m}$ ，量測不確定度： $0.2 \mu\text{m}$

- ✓ 建立製程中三維形貌重建、高度與直徑數值評估所需之白光輪廓量測技術。

以線寬標準片進行系統校正(線寬 0.1 mm)，橫向解析度： $0.140 \mu\text{m}$
量測平均值： $100.017 \mu\text{m}$ ，標準差 $0.125 \mu\text{m}$ 。

以 VLSI 標準階高塊 ($8.078 \mu\text{m}$) 量測驗證，縱向解析度： $0.100 \mu\text{m}$ ，
量測平均值 $8.062 \mu\text{m}$ ，標準差 $0.003 \mu\text{m}$ ，最大高度掃描範圍： $100 \mu\text{m}$ 。

- ✓ 提升國內量測系統設備廠商三維形貌量測技術與量測系統精度之驗證與追溯，強化廠商根基。目前的白光輪廓量測技術水準已經追上國外機台精度，可與國外機台進行市場競爭。

— 建立氣膠粒子量測標準技術，支援半導體產業自主供應鏈。

- ✓ 整合完成溶液中粒子線上監測系統之供應設備、標準程序與驗證模組等，實務上已可協助國內半導體業或化工業於溶液中監測奈米粒子，以及為粒子計數器或其設備開發商，提供粒子濃度標準檢驗方法或協助模組開發，預期能有效扶持國內廠商發展並增進系統開發能力以及設備成本等利基。

● 進行國際領先之前瞻計量技術研究，建構我國計量標準技術自主能量

(1) 發展光通訊頻率標準技術，因應下世代大容量光纖通訊市場對於高密度分波多工(Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM)技術需求。

◇ 建立高功率、穩定之光通訊用多波長光源，完成微共振腔及高功率光纖功率放大器製作，產生光梳並經鉕鎵雙摻之光纖放大器放大後，有 17 根個別光梳，功率 $\geq 0.5 \text{ mW}$ 。利用拍頻法與光譜分析法量測 100 GHz 微光梳的頻率擾動量，瞬間($<1 \text{ s}$)穩定度與長時間($\sim 1 \text{ hr}$)穩定度分別約 10 MHz 與 3 GHz 。

◇ 可應用於光纖通訊用多波長光源相關組件與儀器(如 DWDM 光通訊主動元件)與光譜儀之波長校正，亦可與陣列式被動電光調制器、光通訊收發模組等搭配，成為多重服務之光載無線(radio over fiber)通訊設備。

(2) 發展高靈敏質量量測及微粒傳輸與沉積效率量測技術，實現微粒材料直接與即時之質量量測，有效監控空氣品質或是管制產業氣體排放。

◇ 完成微奈米粒子質量量測系統架設：包含微懸臂樑質量感測器、沉積偵側腔體、 2 kV 高電壓源與真空泵。腔體真空度可達 10 Pa 以下，懸臂樑共振頻率漂移雜訊測定為 0.16 Hz 。

◇ 完成質量感測元件靈敏係數(Hz/pg)量測實驗：以粒徑 506 nm PSL 粒子完成質量感測元件靈敏係數量測實驗，參考吸附質量為 1.76 ng ，頻率偏移量為 74.955 Hz ，測得質量感測靈敏係數為 0.043 Hz/pg 。

◇ 完成皮克(10^{-12} g)解析度質量量測實驗：重複以粒徑 506 nm PSL 粒子

進行粒子沉積於懸臂樑與共振頻率量測實驗，降低粒子取樣時間與粒子溶液濃度，使參考吸附質量減少為 712 pg，測得質量感測靈敏係數為 0.039 Hz/pg，對應 0.16 Hz 頻率漂移雜訊之質量雜訊為 4.1 pg。

- ◇ 整合跨領域量測技術，以微/奈米機電(MEMS/NEMS)製程技術，發展高 Q 值(品質因子 Quality Factor)之微型力學共振器。整合粒子沉降系統之設計製作與測試，以量測粒子於量測腔體中之傳輸效率與沉積於力學共振器之粒子數目，實現皮克等級之微小質量量測，可應用於微粒組成分析、新型質譜量測技術與病毒檢測等微小質量計量需求。
- ◇ 未來可應用於空氣中懸浮微粒相關儀器設備之開發，如微型力學偵測元件搭配自行發展之光學式粒子計數技術，可成為空氣懸浮微粒質量即時監測設備。建立之光學式粒子計數技術，亦可以發展為成本較低之 PM_{2.5} 監測儀。

(3) 發展薄膜厚度量測技術，實現半導體產業升級及克服超薄薄膜厚度量測困擾課題。

- ◇ 設計與研發創新式薄膜厚度與成份分析儀，完成長波長 X 光分析儀架設及超薄高介電常數薄膜樣品製作。以 X 光反射光譜分析 ITRS 製作三氧化二鋁薄膜與 NDL 製作二氧化鈣薄膜，二氧化鈣薄膜厚度 1.759 nm、三氧化二鋁薄膜厚度 1.854 nm。建置長波長 X 光薄膜厚度分析儀後，真空度可達 4×10^{-7} torr，波長為 0.834 nm。X 光聚焦至樣品載台可形成小於 200 μm 的光斑，光通量超過 10^{10} photons/s-mm²，並可進行 XRR 量測，突破傳統光學檢測方式，無法於極小區域量測超薄薄膜的困難，滿足半導體及光電產業產品的需求。
- ◇ 針對先進邏輯半導體製程廠商於先進製程上需要區域化非破壞性超薄薄膜厚度量測技術、非揮發性記憶體製造商於高密度記憶體製程、光電廠商於量測先進結晶與非結晶薄膜和金屬氧化物或有機薄膜時所面臨之計量技術課題，未來有望應用此技術協助解決。

(4) 整合熱顯像攝影技術及脈衝雷射技術建立非侵入式實流量測之能力

- ◇ 利用單點雷射脈衝達成大幅縮小加熱面積，以便應用在半導體或燃料電池製程中小尺寸管路實流量測，提供超聲波流量計於二分之一英吋以下無法使用之解決方案。建立可於二分之一英吋管路中量測，包括工作流體為空氣、水或是製程常用氣體氮氣及甲醇溶液之流量，建立以熱對流係數對應流量之關係資料庫，流量量測誤差 < 10 %。
- ◇ 以一維熱傳導數學模型為基礎，利用 LabVIEW 撰寫自動化擷取及演算軟體，分析熱顯像攝影機所輸出之大量資料矩陣，完成建立用於燃料電池流體與半導體製程用氣體的資料庫。並納入演算法中，整合現有非侵入式流量量測技術，大幅縮減相較於傳統管夾電路絲加熱方式之量測及資料分析時間，同時驗證未來各項製程管線中實流量測之可行性。

● 配合執法機關，進行法定計量器相關計量技術研究與規範之研擬/修訂

	<p>(1) 修訂 CNPA 76 非自動衡器型式認證規範，以符合 2006 年版 OIML R76 國際規範，進行相關性能測試及法規修改調合研究。105 年主要完成針對 OIML R76:2006 之附錄 B 「電子衡器附加測試」新增部份電子性能測試之可行性研究，並且訪談國內外相關衡器廠及機構，彙整相關意見及資訊，以提供完成 CNPA 76 非自動衡器型式認證規範修訂草案的參考依據。</p> <p>(2) 完成超音波氣量計及轉子式氣量計作為計量用法定度量衡器，所需之檢測技術探討及規範草案建議書研擬。超音波流量計及轉子式流量計於最大流率 2 % 至 100 % 之性能評估，其計量性能符合膜式氣量計準確等級 1.5 之要求水準，符合民生交易所需。計畫進行之檢定技術開發與驗證，可提供標準檢驗局實施納檢時所需硬體配合事項規劃評估參考。</p> <p>(3) 完成耳式體溫計國際規範研究，依據 ASTM 1965-98 之要求，對國內市售新品耳式體溫計抽測在不同溫度標準時的最大允許誤差率。在 37 °C 時，國內市售新品耳式體溫計超出最大允許誤差有 58.3 %，超出最大誤差率比例高。完成研擬耳式體溫計測試程序，可作為日後進行測試之依據，提供未來納管之基礎，為人民健康把關。</p>
英文摘要	<p>This project is initiated from the origin of National Quality Infrastructure (NQI) and value chain, “Metrology”, i.e. National Measurement Laboratory (NML) operated by CMS/ITRI to take the operational responsibility for subcategorizing the project into four subprojects: Standard Maintenance and International Equivalence, Development of Technology and System in Industrial Metrology, Advanced Metrology, and Legal Metrology Technology Development, then coming together to establish and spread widely the highest national material measures and measurement standard with international equivalence, to provide metrological traceability for industry and people’s livelihood domestically, in order to assure the measurement conformance and precision during the stages of R&D and manufacturing production, and thus satisfying the traceability and calibration demands of measuring instruments in national science and technology, industry, people’s livelihood, and safety and security, finally keeping the NQI firm in our country. The yearly main work items are pointed in the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● To maintain NML’s qualification of calibration and measurement capabilities (CMCs) registered to BIPM-KCDB Appendix C for reaching global metrology harmonization and mutual recognition, and then to enable our country keeping fair and free trade status in the international trading affairs. ● To focus measurement service categories of length, electricity, photometry, fluid flow and some other related ones for emphasizing higher traceability ranked and more service demanding standard systems, inducted into the new measurement technology and equipment, and strategically

replacing/renewing and improving/refining old and obsolete systems in NML.

- To combine with national metrology standard, instrument development, and industrial technology application, directed into the new/expanding standard systems to develop based on industry demands, for evaluating and assisting the precision manufacturing, semiconductor related industries to improve the urgent measurement problem initiated needs in manufacturing process, then enhancing and strengthening the capability of traceability chain, and finally providing the industry with much closer service through the dissemination of metrology technology.
- To devote in the study complying with the international trend of advanced metrology technological development, for establishing the advanced material measurement technology, and researching and developing the advanced sensing technology and optical communication frequency standard technology, and at the same time to continuously perfect our country's autonomous capability in metrology standard technology, to assist domestic emerging industry for upgrading the product quality and enhancing international competitiveness.
- To comply with law enforcement agency for assisting in the legal metrology technology study for drafting and revising the technical specifications in terms of legal metering units (devices).

Yearly Project Outcome:

- To realize and keep the designed framework of global mutual recognition, and to establish the international equivalence of national measurement standards
- (1) Completed yearly planned work items for being continuously registered to the databank on BIPM-KCDB website, to confirm the strength of our country's metrology technology and keep the international equivalence of the highest national standards.
- ✧ Completed the participation in 8 international comparisons, and 3 comparisons registered to BIPM-KCDB databank. Within the framework of CIPM-MRA, it shows on BIPM-KCDB website totally 101 comparisons registered to BIPM-KCDB Appendix B with 66 comparisons completed and another 35 comparisons still in progress.
 - ✧ 273 calibration and measurement capabilities (CMC) items have been registered to BIPM-KCDB Appendix C.
 - ✧ Accomplished the third party peer assessment of laboratory accreditation in both categories of Acoustics and Vibrations to assure the individual quality systems and measurement capabilities.

- (2) Continuously keeping the interrelationship among the international metrology institutions to maintain and reinforce the international NMI brand impression on our strength in NML.
- ✧ Participated in the related meetings of Asia Pacific Metrology Programme (APMP) and the International Committee for Weights and Measures (CIPM) for assisting the linking and operation among the Regional Metrology Organizations (RMOs).
 - Successfully accepted as official observers in both Consultative Committee for Length (CCL) and Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (CCAUV) by CIPM.
 - Elected and holding the position of Member of Executive Committee (EC/APMP), and elected as Chairs for Technical Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (TCAUV) and Technical Committee for Fluid Flow (TCFF) for assisting the operation of APMP.
 - Continuously perfecting the standard transfer from the highest national standard, providing calibration services to support ten billions TWD dollars of inspection, certification and testing market.
- (1) Maintained the highest national material measures and measurement standard to provide the quality activities required in our country's metrological traceability hierarchy.
- ✧ Maintained 117 sets of measuring systems in 15 metrology areas and associated environmental facilities to ensure regular operations and service quality of NML, providing 4825 primary calibration services, and to transfer standards and provide secondary calibration services, test and certification nationwide, and that accrues to more than billions TWD dollars of inspection, certification and testing market annually.
 - ✧ Provided 113 international calibration reports in English edition certified under the CIPM-MRA framework to assist manufacturers passing the supplier's audit, and to allow their products bearing internationally certified calibration or certification reports for the expansion of international market.
 - ✧ Strategically completed 7 system replacements/renewing due to expired use or equipment malfunction/decay and 7 system improvement/refinements to keep the systems in stable service quality and in precision.
 - Completed 2 system improvement/refinements for both calibration system of standard microphones by comparison and calibration system of impact vibration by comparison, and 2 important system replacements/renewing for both calibration system of impact vibration by comparison and calibration system of low frequency accelerometers

to meet the metrological traceability needs toward the precision manufacturing industry.

- Completed 1 system improvement/refinement for the gas measuring system, and 1 important system replacement/renewing for the nano-indentation measuring system to meet the metrological traceability needs toward the semiconductor industry.
 - Completed 1 system improvement/refinement for DC resistance measuring system, and 1 important system replacement/renewing for the alternating current measuring system to meet the metrological traceability needs toward the electricity industry.
 - Completed 1 system improvement/refinement for the total luminous flux measuring system to meet the metrological traceability needs toward the optoelectronics industry.
 - Completed 2 system improvement/refinements for both high pressure gas flow calibration system and air speed calibration system, and 3 important system replacements/renewing for the high pressure gas flow system, air speed calibration system and electric-magnetic field measuring system to meet the needs toward energy resource, fair trade and people’s livelihood.
- (2) Disseminated metrology technology and knowledge to train and cultivate the domestic manpower in metrology.
- ✧ Completed holding 3 technology disseminating activities on smart machinery application in cooperation with TAMI (Taiwan Association of Machinery Industry) and PMC (Precision Machinery Research and Development Center) to comply with the upgrading and development of metrology technology in the precision manufacturing industry.
 - ✧ Completed 1 technology disseminating activity on precision machinery metrology in cooperation with the major universities in machinery industry in the middle part of Taiwan, Feng Chia University, National Chung Hsing University and National Chin-Yi University of Technology.
 - ✧ Completed the development of “Exploration Box for Metrology – Weights and Measures”, including dimension measure – length, dimension measure – volume, and weight – mass, for the concept of metrology science and the measurement method. Provided the teaching resource of science and technology education for the remote areas, totally 43 days for about 328 hours of education promotion, in order to shorten the educational resource gap between urban and rural areas and allow popular science concept of metrology – weights and measures more widely extended.
- Assist the precision manufacturing and semiconductor industry for upgrading and enhancing their international competitiveness.

(1) Establish traceability and calibration systems to meet the urgent metrology needs of the precision manufacturing and semiconductor industry.

✧ To establish traceability and calibration systems in response to international metrology trends and quality requirements.

– The 3-dimensional measurement technology is built to enhance the domestic industry's competitiveness by improving the accuracy of the coordinate measuring machine.

✓ Completed the development of the step gauge calibration system and measurement technology. The technique is built by using a coordinate measuring machine, adjustable fixtures and a self-developed probe. The step gauge calibration system provides the metrological traceability of coordinate measuring machine for industries in Taiwan. The measurement range: (10~1010) mm, and the measurement uncertainty: $0.28 \mu\text{m} + 0.40 \times 10^{-6} L$.

✓ A revised and simplified auto-tracking mechanism structure was completed for automatic laser tracking technology development. The revised and simplified design of the two-axes enables easier adjustment of the axes to cross on the center of the reference sphere. The elevation angle of -14° to $+85^\circ$, azimuth angle of $\pm 180^\circ$, radial centering error smaller than $5 \mu\text{m}$, axial centering error smaller than $2 \mu\text{m}$, and radius deviation of the reference sphere in the range of $\pm 0.1 \mu\text{m}$ were achieved. The supporting cylinder was made of invar steel.

✓ The chatter occurred during machining was monitored by using the unidirectional ultrasonic sensors. The measurement resolution was improved by utilizing the phase modulation algorithm. The frequency range of the ultrasonic sensor was $2 \text{ Hz} \sim 7 \text{ kHz}$. Resolution of displacement measurement was $4 \mu\text{m}$. Maximum of displacement measurement was 8 mm.

✓ The achievements above can provide immediate assistance to the local machine tool manufacturers and coordinate measuring machine manufacturers who require high spatial positioning accuracy, measurement error compensation and chatter monitoring.

– Traceability of aerosol particles measurements for liquid particle monitoring technology under 100 nm in semiconductor industries.

✓ An aerosolization method that can convert the colloidal nanoparticles (NPs) into aerosol NPs was developed. The size and number concentration of the aerosol NPs can be determined by using a differential mobility analysis system (DMAS). This method was applied to monitor and measure the colloidal NPs for the sizes larger than 10 nm, which are used in semiconductor and chemical industries.

The nanoparticle sizes for the aerosolization: 10 nm ~ 300 nm.

- ✓ A condensed module, which is applied in the particle counters for the NPs, was developed. The particle size for the condensation was ≤ 10 nm. This development can also help to reduce the construction cost of fine particle in-line monitoring system in semiconductor or chemicals manufacturing.
- ✓ A generation module for standard concentrations of particles was developed. The generation module provided standard number concentrations for different nanoparticle sizes that is used for calibrations of different kinds of particle counters. The standard number concentrations also provided the reference values for the consistency check of the measurements between different particle counters. Particle sizes that can be detected by the particle counters: 60 nm ~ 100 nm; Particle number concentration that can be detected by the counters: $10^2/\text{mL} \sim 10^3/\text{mL}$; Uncertainty of measurement in number concentration: $\leq 15\%$.
- ✓ The traceability for the nanoparticle measurements was improved through the developments of the aerosolization method and the generation module for standard particle concentrations. Additionally, the developed technology and reference nanoparticles provided the capability to validate the inline particle monitoring instruments for particle sizes below 100 nm.
- Completed the development of the torque calibration system to provide traceability for domestic industry.
 - ✓ A torque calibration system was designed and constructed with the measurement range: 10 N·m ~ 5 k N·m.
 - ✓ Completed the design and manufacture of double-balance-lever, in order to let the balance in equivalent, due to the heat treatment after forging deformation, so the left and right ends of the knife and knife-seat group, using the activity of micro-precision, in accordance with in $\pm 0.01\%$ (equal-arm balance length is 1000 mm). The relative expanded uncertainty of the weights was within 0.001 %.
 - ✓ The established torque calibration system provided traceability and calibration services required for the hand tools, transducers, material test machines, and TAF torque approved level II laboratories.
- ◇ Extension of mature measurement technologies from established system to provide the metrology solutions for industries.
 - Dual-optical comb auto-tracking system for absolute distance measurement was developed to assist the domestic precision manufacturing industry to improve manufacturing accuracy.

- ✓ Completed the dual-optical comb auto-tracking system for absolute distance measurement by integration of dual-optical comb with wavelengths of 633 nm (for tracking) and 1550 nm (for measurement) with the auto-tracking mechanism. The relative frequency fluctuation of dual comb was 0.64 MHz and bandwidth of the laser offset frequency was 3.3 mHz. The resolution and measurement uncertainty for distance measurement were 0.1 μm and $0.2 \mu\text{m} + 0.04 \times 10^{-6} \times L$, respectively
 - ✓ After measurements and error compensations by using the auto-tracking laser based absolute distance measurement technique (using the LaserTRACER) for the large scale five-axis machine tools, the accuracy and the long-term reliability can be improved. Thus enhances the competitiveness of the domestic machine tool industry.
- (2) Support supply chain and promote localization of equipment manufacturing for semiconductor industry.
- Micro-bump (μ -Bump) reference standard and white light profile measurement technique were developed to assist in the localization of semiconductor equipment manufacturing.
 - ✓ μ -Bump reference standards were developed to meet the calibrations of optical instruments for μ -Bump measurements.
Maximum height: $(12.482 \pm 0.006) \mu\text{m}$; Measurement uncertainty: 0.3 μm .
Diameter: $(19.167 \pm 0.155) \mu\text{m}$; Measurement uncertainty: 0.2 μm .
 - ✓ White light profile measurement technique was developed for numerical evaluation of three-dimensional topography, height and diameters of the μ -Bump. Two reference linewidths were used to evaluate the system.
Linewidth standard (Line width 0.1 mm):
lateral resolution: 0.140 μm ; average measurement value: 100.017 μm with standard deviation 0.125 μm
VLSI step height standard (step height 8.078 μm):
vertical resolution: 0.100 μm ; average measurement value: 8.062 μm with standard deviation 0.003 μm ; maximum height scan range: 100 μm .
 - ✓ The developments of the the μ -Bump reference standard and white light profile measurement technique were aimed to enhance manufacturing capability of the domestic equipment manufacturers. The knowledge obtained from the three-dimensional shape measurement technology, and verifications of the measurement accuracy could strengthen the foundation manufacturers. The

developed white light profile measurement system is comparable to the foreign ones, and can compete with foreign systems in open market.

— Measurement technology of nanoparticles in solutions was developed to support supply chains of the semiconductor industry.

✓ Integration of different instruments for online monitoring systems was completed with established standard procedures and verification methods for nanoparticle in solutions. In practice, the integration and methods have been applied to help the domestic semiconductor industries or chemical industries to monitor the nanoparticles in solutions, as well as the performance of the particle counters for equipment manufacturers. Through providing particle concentration standards or nanoparticle generation module development, it is expected to effectively support the development of domestic manufacturers and enhance their development capabilities, equipment costs, and competitiveness.

● Pioneer internationally leading technology research on advanced metrology for establishing and perfecting our country's autonomous capability in metrology standard technology.

(1) Developing the technology of optical communication frequency standard, in response to the technical requirement of the high-capacity Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) for next generation fiber optics communication market.

◇ High power with frequency-stable, multi-wavelength light source was established. Micro-resonator and high power fiber amplifier was fabricated. The generated comb was input to the Erbium-Ytterbium (Er-Yb) co-doped fiber optical amplifier; optical power of 17 teeth optical comb was amplified to larger than 0.5 mW. The frequency fluctuation of the 100 GHz micro-resonator comb was measured by the beating and optical spectrum analyzation technique. The short-term (<1 s) and long-term (~ 1 hr) frequency stability are less than 10 MHz and 3 GHz, with respectively.

◇ For the fiber-optic communications, our achievements could be applied to the wavelength calibration of the multi-wavelength light source related components and instruments, such as DWDM optical communication active components and optical spectrum analyzer. Combined with the passive electro-optical modulator array with self-development optical transceiver technology, it can be modulized as equipment for the multiple service radio over fiber application.

(2) Development of high sensitive mass sensing technology and efficiency measuring technique for particle transmission and deposition for realizing real time direct mass measurement of particulate matters to effectively monitor air quality or control industrial gas emission.

✧ Completed the assembly of mass sensing system for micro/nano-particles: including mass sensing cantilever, particle deposition and sensing chamber, 2 kV high voltage source and vacuum pump. The pressure inside vacuum chamber is able to achieve below 10 Pa, and the frequency drift of the cantilever resonant frequency is measured to be 0.16 Hz.

✧ Completed sensing coefficient measurement of mass sensing cantilever: PSL particles of nominal diameter of 506 nm were used to measure this sensing coefficient. The reference deposition mass was 1.76 ng and corresponding frequency shift was 74.955 Hz and the sensing coefficient was determined to be 0.043 Hz/pg.

✧ Completed pictogram (10^{-12} g) resolution mass sensing experiment: PSL particles of nominal diameter of 506 nm were repeatedly deposited on the mass sensing cantilever and its resonant frequency was measured after each deposition. The sampling time and the concentration of PSL particle solution were reduced to lower the deposition mass to be around 712 pg. The mass sensing coefficient was measured to be 0.039 Hz/pg and frequency drift 0.16 Hz equivalent mass sensing noise was found to be 4.1 pg.

✧ An interdisciplinary measurement technology for particulate materials has been developed in this project, such as a high-sensitivity mass measurement technology, and measurement technology for transmission and deposition rate of micro/nano particles. For high-sensitivity mass measurement, a high quality factor miniature mechanical oscillator was developed using the MEMS/NEMS technology to enable the pico-gram resolving mass measurement. In addition, a specially designed particle counting and deposition system, which is compatible to the measurement system and capable of measuring the particle transmission and deposition rate, has also been developed. Technologies developed in this project can be applied to particle composition analysis, novel mass spectroscopy technology, virus detections and other fields where high sensitive mass sensing are demanded.

The developed technology for pico-gram mass standards can be applied to develop new instruments or devices for real-time monitoring the airborne particles. The optical particle counting technology developed in this project can be also be applied to new low cost, and compact PM2.5 monitoring

devices.

(3) Developing the advanced measurement technology for ultra-thin film thickness, to realize upgrading semiconductor industry, to overcome difficulties of measuring ultra-thin film thickness.

✧ The project is aiming to design, develop, innovate an instrument for extract thin-film parameters. Design and setup the long X-ray wavelength analyzer and fabrication of high dielectric constant thin film samples were achieved. After analyzing, the thickness of HfO₂ was 1.759 nm and that of Al₂O₃ was 1.854 nm. Besides, it realized an ultra-high vacuum of 4×10^{-7} torr, 0.834 nm X-ray wavelength. Moreover, a very small X-ray spot size of 200 μ m, a high flux of 1010 photons/s-mm², and a XRR measurement process were also accomplished.

✧ For advanced logic semiconductor manufacturers, they need the non-destructive measurement technology for ultra-thin film thickness on local area. For non-volatile memory manufactures, the technology can be applied in high-density memory process. For opto-electronic companies, the technology can be used on measurement of amorphous and crystal thin films as well as metal oxide and organic thin films.

(4) Integrated IR scanner and pulse laser technology to establish non-intrusive real flow rate measurement methodology.

✧ The heating source originated from a laser-heated spot to achieve a significant reduction in heating area. The research provides an encouraging methodology for the qualitative and quantitative evaluation of flow pattern of mini-channel device in the field of semi-conductor and fuel-cell. The clamp-on ultrasonic flow meter is not suitable for the small size pipe (O.D. $\leq 1/2$ inch) due to the insufficient traveling time of wave. The technique of TOIRT (Temperature Oscillation Infrared Thermography) is not limited by the size of measurement domain, thus the TOIRT could be a promising methodology for measuring the flow rate of small size pipe. The curve characteristic of heat convection coefficient and flow rate is established in the condition of the common industrial fluids such as water, air, methanol solution and nitrogen and the flow measurement error $< 10\%$.

✧ An automated data acquisition and analysis program based on one-dimensional heat transfer mathematical model was compiled by LabVIEW. The program contains the curve characteristic of heat convection coefficient and flow rate is established in the condition of the fluids used in the semi-conductor and fuel-cell process. The feasibility evaluation of a non-intrusive flow rate measurement methodology to achieve significant reduction compared to the traditional tube clip and wire

heating method of measurement and data analysis time was completed. At the same time, the feasibility test of fast real flow measurement in the common industrial process was verified.

- To comply with law enforcement agency for proceeding in the legal metrology technology study for drafting and revising the technical specifications in terms of legal metering units (devices).

- (1) A feasibility evaluation of the performance test and the harmonization research of the regulation for the revision of CNPA 76 “Technical Specification for Type Approval of Non-automatic Weighing Instruments” to meet the international recommendation from OIML R76:2006. In 2016, the main research is feasibility evaluation of the added test items performance test according to OIML R76-1 Annex B “Additional Tests for Electronic Instruments” for non-automatic weighing instrument, and visit the weighing instrument manufacturers at Taiwan and the foreign legal metrology institutions of non-automatic weighing instrument. The collections of relevant opinions and information as the references are intended to complete the draft of CNPA 76 “Technical Specification for Type Approval of Non-automatic Weighing Instruments”.

- (2) Established the required survey on ultrasonic gas meter and rotary gas meter related verification methods and draft of regulation suggestion documents. Evaluated the ultrasonic gas meter and rotary gas meter in the range of 2 % ~ 100 % maximum flow rate, their metrology abilities have met the level 1.5 requirement also using for daily business trade. The development and confirmation for verification technology, had proceed in this project provide the hardware requirement and regulation assessments for BSMI while included the objects for verification.

- (3) Completed the study of the ear thermometer international standards and sampling test of domestic commercial new ear thermometers. According to the requirements of ASTM 1965-98, the test result shows the maximum permissible laboratory error is 58.3 % at a given blackbody temperature of 37 °C which exceeding the maximum error. The document of ear thermometer test procedures is completed which can be used as a basis for implementing test and for incorporating into management by law enforcement agency in the future to ensure the health of people.

報告頁數	363頁
------	------

使用語言	中文
------	----

報告內容

目 錄

壹、105 度國家度量衡標準實驗室大事紀要.....	1
貳、前言.....	5
參、執行績效檢討.....	9
一、資源運用情形.....	9
(一)、人力運用情形.....	9
1.人力配置.....	9
2.計畫人力.....	9
(二)、經費運用情形.....	10
1.歲出預算執行情形.....	10
2.歲入繳庫情形.....	11
(三)、設備購置與利用情形.....	12
二、計畫達成情形.....	13
(一)、計畫目標達成情形.....	13
1.標準維持與國際等同分項.....	13
2.產業計量技術發展分項.....	25
3.前瞻計量技術研究分項.....	28
4.法定計量技術發展分項.....	30
5.量化成果彙總.....	36
(二)、技術交流與合作.....	37
(三)、標準量測系統維持情形.....	41
肆、計畫變更說明.....	42
伍、成果說明.....	43
一、標準維持與國際等同分項.....	43
(一)、產業服務.....	43
1.維持 117 套系統，提供業界校正服務.....	43
2.520 世界計量日相關活動.....	48
3.文物數位典藏.....	49
4.NML 廣宣小手冊.....	52
5.訪客接待.....	53
6.辦理技術訓練課程及推廣活動.....	54
7.支援標準檢驗局(BSMI)及 TAF 活動辦理度量衡人員相關訓練活動.....	56

(二)、國際等同.....	58
1.BIPM 校正量測能力(CMC)資料庫，共登錄 273 項.....	59
2.參與 8 項國際比對、1 項國際比對主導申請及 21 項國際追溯.....	60
3.完成 2 領域第三者認證及 4 領域監督評鑑.....	68
4.支援國際相互認可技術活動.....	69
5.參與國際重要會議，維繫國際關係.....	70
(三)、系統維持與精進.....	78
1.品質管理.....	78
2.客戶需求關懷訪談.....	83
3.系統改良 7 套.....	85
4.系統設備汰換，共 7 套.....	117
5.小型系統精進研究與改善 8 套.....	120
二、產業計量技術發展分項.....	125
(一)、三維尺寸量測系統與技術.....	125
(二)、半導體多維參數量測標準技術.....	140
(三)、氣膠粒子量測標準技術.....	154
(四)、扭矩標準量測技術.....	168
三、前瞻計量技術研究分項.....	177
(一)、光通訊頻率標準技術.....	177
(二)、高靈敏質量偵測技術.....	186
(三)、薄膜厚度量測技術.....	194
(四)、非侵入式流量量測技術.....	204
四、法定計量技術發展分項.....	211
(一)、新版非自動衡器型式認證規範(CNPA 76)研究與修訂.....	211
(二)、超音波及轉子式氣量計檢測技術研究.....	232
(三)、耳溫槍檢測技術研究.....	242
陸、附件.....	255
附件一、三百萬元以上科學儀器設備彙總表.....	256
附件二、一百萬元以上儀器設備清單.....	257
附件三、出國暨赴陸會議人員一覽表.....	258
附件四、專利成果一覽表.....	263
附件五、技術/專利應用一覽表.....	264

附件六、論文一覽表	266
附件七、技術報告一覽表	279
附件八、研討會/技術推廣說明會/訓練課程一覽表	287
附件九、研究成果統計表	289
附件十、國家度量衡標準實驗室校正服務成果統計表	290
附件十一、執行進度與計畫符合情形	291
附件十二、105 年度結案審查委員意見回覆表	294
附件十三、國家度量衡標準實驗室量測標準系統能量與校正服務	303
附件十四、國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明	353

圖 目 錄

圖 1-1-1、NML 校正服務重點產業分佈圖.....	44
圖 1-1-2、我國量測追溯體系.....	44
圖 1-1-3、520 世界計量日貴賓合照.....	49
圖 1-1-4、立體文物照片.....	49
圖 1-1-5、度量衡偏鄉教育活動.....	51
圖 1-1-6、度量衡探索箱之開發教材.....	51
圖 1-1-7、量測追溯體系及基本單位介紹.....	52
圖 1-1-8、NML 廣宣小手冊.....	52
圖 1-1-9、史瓦濟蘭王國代表團接待.....	53
圖 1-1-10、中山醫學大學參訪.....	54
圖 1-1-11、精密溫度熱源與熱物性量測技術擴散.....	54
圖 1-1-12、智慧機械應用技術擴散.....	55
圖 1-1-13、精密機械計量技術.....	56
圖 1-1-14、標準桿實體圖.....	57
圖 1-1-15、噪音計原理與檢定技術訓練.....	57
圖 1-2-1、全球相互認可機制架構.....	59
圖 1-2-2、APMP CMC 登錄流程.....	60
圖 1-2-3、國際比對架構圖(CCAUV.A-K1).....	61
圖 1-2-4、全球區域計量組織.....	61
圖 1-2-5、國際比對流程(以 APMP.L-K1 為例).....	62
圖 1-2-6、APMP.T-K7 國際比對結果.....	64
圖 1-2-7、APMP.L-K3 多邊規比對結果.....	65
圖 1-2-8、APMP.L-K3 角度塊規比對結果.....	65
圖 1-2-9、CCM.FF-K2.2015 於雷諾數(Re) = 100000 之比對結果圖.....	66
圖 1-2-10、低壓氣體流量國際比對傳遞標準件.....	67
圖 1-3-1、NML 內部稽核勤前會議與稽核一致性訓練.....	80
圖 1-3-2、新人訓練內部品質講座.....	81
圖 1-3-3、102 年度至 105 年度整體滿意度比較圖.....	82
圖 1-3-4、102 年度至 105 年度各服務項目滿意度比較圖.....	82
圖 1-3-5、NML 對外網站留言板.....	83
圖 1-3-6、絕對光通量外部光源模組.....	86
圖 1-3-7、絕對光通量標準燈之光通量變動.....	86
圖 1-3-8、陣列式光譜儀原始光譜圖.....	87
圖 1-3-9、陣列式光譜儀校正後之光譜量測結果(分光輻射通量).....	87
圖 1-3-10、標準燈電流變異不確定度評估數據.....	88

圖 1-3-11、黑體輻射光源於 2650 K 至 3200 K 之 fSCF 分析數據.....	89
圖 1-3-12、衝擊振動比對校正系統.....	91
圖 1-3-13、比較式衝擊校正系統衝擊完成圖.....	92
圖 1-3-14、直流電阻量測系統之硬體連接示意.....	94
圖 1-3-15、改良後活塞下降時間.....	97
圖 1-3-16、自動化擷取程式完成圖.....	98
圖 1-3-17、氣壓量測系統校正計算程式畫面.....	98
圖 1-3-18、麥克風比較式校正系統連線示意圖.....	103
圖 1-3-19、麥克風頻率響應量測系統連線示意圖.....	103
圖 1-3-20、高壓氣流溫控系統示意圖.....	109
圖 1-3-21、加熱器一溫降因子函數圖.....	110
圖 1-3-22、加熱器二溫降因子函數圖.....	111
圖 1-3-23、風洞設計架構.....	113
圖 1-3-24、為風洞測試區內流場的校正需求.....	113
圖 1-3-25、循環式風洞設備測試區.....	114
圖 1-3-26、風機頻率與漸縮段出口中心速度關係.....	114
圖 1-3-27、漸縮段出口中心速度與紊流強度關係.....	114
圖 2-1-1、階規校正系統追溯圖.....	126
圖 2-1-2、階規校正系統架構.....	127
圖 2-1-3、階規校正程序.....	128
圖 2-1-4、階規校正軟體設定畫面軟體設定畫面.....	128
圖 2-1-5、數據分析軟體.....	128
圖 2-1-6、小型化雙光梳的外觀，左邊為雷射頭、右邊為雷射驅動器.....	130
圖 2-1-7、穩頻後的偏差頻率，中心峰值線寬 3.3 mHz.....	131
圖 2-1-8、全保偏光纖 8 字型鎖模光纖雷射架構圖.....	131
圖 2-1-9、桌上型雙光梳測距系統量測 1 m 之結果.....	132
圖 2-1-10、小型化雙光梳絕對測距頭與擷取分析模組圖，右上角為測距結果.....	132
圖 2-1-11、雙光梳絕對測距與兩軸旋轉治具整合機構設計圖.....	133
圖 2-1-12、雙光梳絕對測距與兩軸旋轉治具整合架構圖.....	133
圖 2-1-13、雙光梳絕對測距之測距頭設計圖.....	134
圖 2-1-14、工具機 In-situ 加工顫振檢測方法示意圖.....	136
圖 2-1-15、工具機 In-situ 加工顫振檢測架構示意圖.....	136
圖 2-1-16、超音波顫振檢測模組與加速規比對實驗架構.....	137
圖 2-1-17、超音波顫振檢測模組與加速規比對實驗結果(位移差值=(超音波-加速規)).....	138
圖 2-1-18、位移 8 mm 時加速規量測值與超音波差異值(位移差值=(超音波-加速規)/加速規).....	138
圖 2-1-19、顫振檢測模組頻域響應圖(位移比例=20log(超音波/加速規)).....	138
圖 2-1-20、顫振檢測模組與加工刀具工件.....	139
圖 2-2-1、由各單波波段組合而成之寬頻光.....	141

圖 2-2-2、白光干涉三維檢測系統示意圖	142
圖 2-2-3、白光干涉模組設計機構圖面與實體裝置圖	142
圖 2-2-4、垂直掃描量測流程圖	143
圖 2-2-5、標準線寬量測結果：(a)VLSI 標準塊；(b)三維形貌量測結果；(c)量測結果上視圖；(d)量測結果剖線資訊	144
圖 2-2-6、標準階高量測結果：(a)VLSI 標準塊；(b)三維形貌量測結果；(c)量測結果上視圖	144
圖 2-2-7、半球型標準件量測測試結果	145
圖 2-2-8、UBM 量測形貌結果高度與直徑分析	146
圖 2-2-9、(a)反射儀模組光路圖與(b)模組外觀	149
圖 2-2-10、干涉示意圖	150
圖 2-2-11、量測點大小	151
圖 2-2-12、(a)TSV 電子掃描顯微鏡切片量測影像 (b)TSV 深度量測原始光譜資料	152
圖 2-2-13、TSV 孔徑量測	152
圖 2-2-14、PET 厚度量測原始資料	153
圖 2-2-15、氧化矽厚度量測原始資料	153
圖 2-3-1、氣霧化粒子粒徑及濃度量測系統架設示意圖	155
圖 2-3-2、霧化器模組搭配 DMAS 量測不同粒徑奈米粒子之粒徑與數量濃度分布圖	156
圖 2-3-3、霧化器模組搭配 DMAS 量測不同濃度 BBI 10 nm 奈米金粒子之粒徑與數量濃度分布圖	158
圖 2-3-4、氣霧化奈米粒子量測系統量測不同濃度 10 nm 奈米金粒子之檢量線	158
圖 2-3-5、10 nm 粒子於凝結器內凝結成長趨勢圖	160
圖 2-3-6、奈米粒子凝結模組示意圖	155
圖 2-3-7、奈米粒子凝結模組性能測試圖	161
圖 2-3-8、奈米粒子凝結模組偵測效率測試圖	162
圖 2-3-9、標準粒子濃度產生模組設計圖(左)與內部配置(右)	163
圖 2-3-10、TGA 測試 Thermo 50 nm、100 nm 及 300 nm PSL 溫度與樣品重量變化分析圖	163
圖 2-3-11、分別以 Thermo 50 nm (左上)、100 nm (右上)與 300 nm (左下) 驗證膜組粒子濃度輸出結果圖	164
圖 2-3-12、粒子濃度輸出模組工作示意圖	165
圖 2-4-1、扭矩標準量測系統設計圖	169
圖 2-4-2、基座總組合圖 (圖內代號是細部加工零件)	169
圖 2-4-3、天平刀座組合(圖內代號是細部加工零件)	170
圖 2-4-4、xyz 升降機構組合圖(圖內代號是細部加工零件)	170
圖 2-4-5、法碼載荷機構組合圖(圖內代號是細部加工零件)	170
圖 2-4-6、扭矩標準量測系統	170
圖 2-4-7、上下層吊掛法碼組合圖	171
圖 2-4-8、天平公差及端點微調圖	171
圖 2-4-9、無扭矩滿負載(5000 N)靈敏極限測試圖	172

圖 2-4-10、有扭矩滿負載(5000 Nm)靈敏極限測試圖.....	173
圖 3-1-1、鈹鏡雙摻之光纖放大器設計示意圖.....	177
圖 3-1-2、鈹鏡雙摻之光纖放大器實體圖.....	178
圖 3-1-3、鈹鏡雙摻之光纖放大器裝盒後實體圖.....	178
圖 3-1-4、微光梳經鈹鏡雙摻光纖放大器—前與後之光譜圖.....	178
圖 3-1-5、電流 1.5 A 放大器之輸出光譜(右)與單根光梳實際讀值圖(左).....	179
圖 3-1-6、(a)光梳台座側面示意圖；(b)光梳台座實體圖(未含覆蓋之絕熱泡棉).....	179
圖 3-1-7、光梳訊號撞擊測試圖.....	180
圖 3-1-8、高精度光梳頻率擾動量分析系統.....	180
圖 3-1-9、100 GHz 微光梳與 400 MHz 之鎖模光纖雷射光梳拍頻示意圖.....	181
圖 3-1-10、濾波後 100 GHz 微光梳與 400 MHz 鎖模光纖雷射光梳耦合後之光譜圖.....	181
圖 3-1-11、與 400 MHz 之鎖模光纖雷射光梳拍頻後之頻譜圖.....	182
圖 3-1-12、6 個自由光譜範圍主微光梳之 1 根光梳與 400 MHz 之鎖模光纖雷射光梳拍頻後 掃描頻譜圖.....	182
圖 3-1-13、微光梳產生系統圖.....	183
圖 3-1-14、高密度分波多工用光梳光譜圖與頻率擾動量示意圖.....	183
圖 3-1-15、以光譜儀於(a)10 與(b)60 分鐘內，分別擷取 11 次與 8 次的光譜圖，計算鄰近激 發波長(~ 1553 nm)之 10 根光梳的頻率最大擾動量長條圖.....	184
圖 3-1-16、以光譜儀於 60 分鐘內，擷取 8 次的光譜圖，計算鄰近激發波長(~ 1553 nm)之 10 根光梳的重複率最大擾動量曲線圖.....	184
圖 3-2-1、質量感測懸臂樑主要製作流程.....	187
圖 3-2-2、硼離子佈置區之電流電壓測試結果 (電阻值分別為 771.22 與 742.24).....	188
圖 3-2-3、空氣懸浮微粒質量量測系統架構圖.....	189
圖 3-2-4、真空及粒子取樣管路配置圖.....	189
圖 3-2-5、系統與質量感測懸臂樑模組實體照片.....	189
圖 3-2-6、質量感測懸臂樑共振頻率量測結果.....	190
圖 3-2-7、佈置系統架構.....	190
圖 3-2-8、CPC 濃度曲線圖.....	191
圖 3-2-9、質量感測懸臂樑共振頻率量測結果.....	192
圖 3-2-10、固定質量連續沉積所測得之共振頻率量測頻譜.....	192
圖 3-3-1、(a) P 型金氧半矽鍺臨界面尺寸量測；(b) 粒子導致缺陷.....	195
圖 3-3-2、樣品軸(θ)與偵測器軸(2θ)有(a)橫向與(b)縱向差異.....	197
圖 3-3-3、長波長薄膜厚度與成份分析儀 3 維(a)總視圖和(b)總上視圖.....	198
圖 3-3-4、長波長薄膜厚度與成份分析儀三維總視圖內部(a)概略視圖與(b)細視圖.....	198
圖 3-3-5、X 光光斑大小與光通量.....	199
圖 3-3-6、X 光人機介面與放電保護機制.....	200
圖 3-4-1、硬體架構圖(液體流量量測).....	204
圖 3-4-2、硬體架構圖(氣體流量量測).....	205

圖 3-4-3、熱顯像儀與脈衝雷射.....	206
圖 3-4-4、自動化擷取流程及演算法分析程式.....	206
圖 3-4-5、對流係數對應流量之數據(工作流體為水).....	207
圖 3-4-6、對流係數對應流量之數據(工作流體為空氣).....	207
圖 3-4-7、對流係數對應流量之數據(工作流體為甲醇溶液).....	208
圖 3-4-8、對流係數對應流量之數據(工作流體為氮氣).....	208
圖 4-1-1、15 kg 計價秤及規格.....	212
圖 4-1-2、B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷測試 EUT 配置.....	214
圖 4-1-3、B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷測試結果.....	214
圖 4-1-4、B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷測試結果.....	216
圖 4-1-5、B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷測試結果.....	216
圖 4-1-6、突波測試項目之架設配置圖.....	217
圖 4-1-7、B.3.3 突波(Surge)測試結果.....	218
圖 4-1-8、靜電試驗(直接放電：接觸放電/空氣放電)與 EUT 配置圖.....	219
圖 4-1-9、靜電試驗(間接放電)與 EUT 配置圖.....	219
圖 4-1-10、B.3.4 靜電(直接放電)測試結果.....	220
圖 4-1-11、B.3.4 靜電(間接放電)測試結果.....	221
圖 4-1-12、電磁耐受性測試項目之架設配置圖.....	222
圖 4-1-13、B.3.6 電磁耐受性測試結果.....	222
圖 4-1-14、射頻場感應傳導擾動與 EUT 配置圖.....	223
圖 4-1-15、B.3.6 射頻傳導耐受性測試結果.....	224
圖 4-1-16、非自動衡器型式認證法規改版專家座談會.....	230
圖 4-1-17、家族及模組的定義簡報.....	230
圖 4-1-18、模組認證測試之優缺點簡報.....	230
圖 4-1-19、技術深耕分享座談會簡報.....	231
圖 4-1-20、技術深耕分享座談會.....	231
圖 4-3-1、全球醫療器材產業市場分布預測分析.....	245
圖 4-3-2、耳溫量測原理.....	249
圖 4-3-3、耳式體溫計量測標準追溯圖.....	249
圖 4-3-4、耳式體溫計各階段溯源之不確定度需求.....	250
圖 4-3-5、紅外線耳式體溫計比較測試之裝置示意圖.....	252

表 目 錄

表 0-2-1、105 年度 NML 標準量測系統維持情形	41
表 1-1-1、校正服務對象項目分類	43
表 1-1-2、口述歷史訪談專家一覽表	50
表 1-1-3、電子身高計之校正方案研擬	56
表 1-2-1、NML 於 BIPM KCDB CMC 登錄資料統計	60
表 1-2-2、NML 參與國際比對統計資料	62
表 1-2-3、105 年度 NML 國際比對情形	63
表 1-2-4、APMP.T-K7 國際比對結果	64
表 1-2-5、105 年度 NML 國外追溯情形	67
表 1-2-6、105 年度 NML 第三者認證列表	68
表 1-2-7、105 年度 NML 第三者認證狀態統計表	69
表 1-2-8、NML 參與 CMC 審查工作小組項目	69
表 1-2-9、NML 參與亞太計量組織一覽表	73
表 1-2-10、2016 年亞太計量組織會員大會暨技術研討會 NML 出國人員與討論重點 ..	75
表 1-3-1、105 年度系統查驗完成項目	79
表 1-3-2、105 年度校正系統時效性分析	82
表 1-3-3、顧客訪談資料表	83
表 1-3-4、顧客對各領域技術提出的技術需求事項	84
表 1-3-5、50 W 光通量標準燈量測不確定度分量表(550 nm)	90
表 1-3-6、50 W 標準燈全光通量量測不確定度分量表	90
表 1-3-7、衝擊峰值量測結果	92
表 1-3-8、待校加速規靈敏度之不確定度評估結果	92
表 1-3-9、衝擊值 2000 m/s ² 量測不確定度分量表	93
表 1-3-10、各標稱值待校電阻器之相對組合標準不確定度	95
表 1-3-11、各標稱值待校電阻器之量測不確定度	96
表 1-3-12、1000 Ω 電阻器在非十進電阻評估之相對組合標準不確定度	96
表 1-3-13、1000 Ω 電阻器在非十進電阻評估之量測不確定度	96
表 1-3-14、(170 ~ 700) kPa 標準壓力不確定度分量表	100
表 1-3-15、(170 ~ 700) kPa 待校件有效面積 B 類不確定度分量表	100
表 1-3-16、(700 ~ 7000) kPa 標準壓力不確定度分量表	101
表 1-3-17、(700 ~ 7000) kPa 待校件有效面積 B 類相對不確定度分量表	101
表 1-3-18、一英吋麥克風 (LS1/WS1)不確定度分量表	105
表 1-3-19、二分之一英吋 (LS2/WS2)不確定度分量表	106
表 1-3-20、四分之一英吋 (WS3)不確定度分量表	106
表 1-3-21、麥克風頻率響應量測不確定度分量表	108

表 1-3-22、高壓氣流每分鐘溫降表(噴嘴流率 200 m ³ /h、壓力 30 bar).....	110
表 1-3-23、不同質量流率下，加熱器一功率測試結果	110
表 1-3-24、不同質量流率下，加熱器二功率測試結果	111
表 1-3-25、高壓氣體流量系統評估結果	111
表 1-3-26、高壓氣體流量系統不確定度分量表.....	112
表 1-3-27、為量測距離噴嘴 200 mm 處之水平速度分佈	115
表 1-3-28、為量測距離噴嘴 200 mm 處之垂直速度分佈	116
表 1-3-29、風速流量系統不確定度分量表	116
表 1-3-30、高壓氣流溫控系統測試結果	117
表 1-3-31、循環式風洞測試/驗收結果	117
表 1-3-32、衝擊振動比較式系統測試/驗收結果.....	118
表 1-3-33、交流電流輸出及量測系統測試/驗收結果.....	118
表 1-3-34、晶片式主動高功率放大器測試/驗收結果.....	119
表 1-3-35、低頻加速規系統測試/驗收結果	119
表 1-3-36、奈米壓痕量測系統測試/驗收結果.....	120
表 2-1-1、階規校正系統之量測不確定度分量表	129
表 2-1-2、自動追蹤雷射絕對測距技術之量測不確定度分量表	135
表 2-1-2、自動追蹤雷射絕對測距技術之量測不確定度分量表	135
表 2-2-1、白光輪廓量測系統物件與規格	142
表 2-2-2、UBM 量測形貌結果-高度與直徑量測數值.....	146
表 2-2-3、UBM 量測形貌結果-高度與直徑分析數值表	146
表 2-2-4、白光輪廓儀高度量測之不確定度評估表	147
表 2-2-5、白光輪廓儀寬度量測之不確定度評估表	148
表 2-2-6、 μ Bump 標準件高度量測之不確定度評估表.....	148
表 2-2-7、 μ Bump 標準件直徑之量測不確定度評估表.....	149
表 2-2-8、TSV 深度量測國內外技術比較.....	154
表 2-3-1、霧化器模組搭配 DMAS 量測不同粒徑奈米粒子之標定粒徑與量測峰值粒徑	156
表 2-3-2、不同粒徑 PSL 標準溶液之粒徑、數量濃度量測值與效率計算值	157
表 2-3-3、10 nm 奈米金粒子經不同稀釋倍率稀釋後之濃度.....	157
表 2-3-4、奈米粒子經凝結模組凝結後之粒徑濃度分布表.....	161
表 2-3-5、商用粒子計數器 RION/KS-19F 量測 50 nm PSL 之計數效率不確定度分量表	166
表 2-3-6、商用粒子計數器 RION/KS-42B 量測 100nm PSL 之計數效率不確定度分量表	166
表 2-3-7、商用粒子計數器 RION/KS-42B 量測 300nm PSL 之計數效率不確定度分量表	167
表 2-3-8、商用計數器於量測(50 ~ 300) nm 之計數效率量測不確定度評估結果	167
表 2-4-1、法碼質量量測結果	171
表 2-4-2、無扭矩滿負載(5000 N)靈敏極限.....	172
表 2-4-3、有扭矩滿負載(5000 N)靈敏極限.....	173
表 2-4-4、扭矩傳感器校正安裝與重複性校正值.....	173

表 2-4-5、扭矩標準量測技術之量測不確定度分量表	174
表 3-3-1、高介電常數厚度標準品樣品 TEM 分析	195
表 3-3-2、高介電常數厚度標準品樣品 EELS 結果以及厚度分析	196
表 3-3-3、高介電常數薄膜 XRR 擬合結構、量測圖形與擬合圖形	196
表 3-3-4、X 光以及單光器匹配的情形	199
表 3-3-5、控制器與電源供應器	199
表 4-1-1、衡器等級	212
表 4-1-2、B.3.1 測試嚴酷程度	213
表 4-1-3、電壓暫降測試項目之測試等級	213
表 4-1-4、電壓中斷測試項目之測試等級	213
表 4-1-5、叢訊測試項目之測試等級	215
表 4-1-6、突波測試項目之測試等級	217
表 4-1-7、靜電放電測試項目之測試等級	218
表 4-1-8、電磁輻射干擾測試項目之測試等級	221
表 4-1-9、射頻傳導測試項目之測試等級	223
表 4-1-10、針對 12 V 系統之建議測試等級	224
表 4-1-11、針對 24 V 系統之建議測試等級	225
表 4-1-12、12V 系統測試等級	225
表 4-1-13、24V 系統測試等級	225
表 4-1-14、衡器相關廠商訪談彙整	227
表 4-2-1、流量擾動測試條件	232
表 4-2-2、直管型態與測試條件	233
表 4-2-3、超音波流量計(USM)上游不同直管長度測試值與基準值(80D)差異百分比	234
表 4-2-4、無上游直管型態與測試條件	234
表 4-2-5、超音波流量計無上游直管安裝條件，測試值與基準值(80D)差異百分比	234
表 4-2-6、超音波流量計 10D 直管前不同安裝條件	235
表 4-2-7、超音波流量計 10D 直管前不同安裝條件與基準比較差異百分比	235
表 4-2-8、轉子式流量計不同直管長度裝置效應研究之管路類型	236
表 4-2-9、轉子式流量計不同直管長度裝置效應研究結果	236
表 4-2-10、轉子式流量計上游接 10D 直管，前面再接不同安裝條件之管路類型	237
表 4-2-11、轉子式流量計先加 10D 直管後加上游不同安裝條件測試結果	238
表 4-2-12、轉子式流量計先加 10D 直管後加上游不同安裝條件與基準值比較差異百分比	238
表 4-2-13、軟體驗證使用天然氣成分表	240
表 4-2-14、天然氣 1 軟體驗證結果	241
表 4-2-15、天然氣 2 軟體驗證結果	241
表 4-2-16、天然氣 3 軟體驗證結果	241
表 4-2-17、天然氣 4 軟體驗證結果	241
表 4-3-1、各種醫療用體溫計於 OIML、EN、ASTM 與 JIS 標準之分類	243

表 4-3-2、各種醫療用體溫計於 CNS、ISO 與 GBT 標準之分類.....	244
表 4-3-3、耳式體溫計各國際標準之性能要求.....	244
表 4-3-4、耳式體溫計各國際標準之黑體要求.....	244
表 4-3-5、臺灣醫材與醫療通路重要廠商名單.....	245
表 4-3-6、體溫計(I、II 級)之製造商與進口商整理表.....	246
表 4-3-7、耳式體溫計製造廠商訪談結果彙整表.....	247
表 4-3-8、耳式體溫計各國際標準之黑體要求.....	250
表 4-3-9、4 種黑體溫度之各廠牌耳式體溫計溫度誤差表一(常溫環境).....	252
表 4-3-10、4 種黑體溫度之各廠牌耳式體溫計溫度誤差表二(常溫環境).....	252

壹、105 年度國家度量衡標準實驗室大事紀要

時 間	內 容	分 類
105.01.06	104 年度結案實地查證會議。	計畫管理
105.01.12	新聞供稿－空氣污染拉警報 經濟部標檢局有”二”套。	新聞供稿
105.01.12	辦理擴建「三相交流電能量測系統(E20)」及「三相交流電功率量測系統(E26)」之系統查驗會議,105 年 3 月 22 日獲局經標四字第 10500022630 號函同意作為國家度量衡標準對外提供服務。	系統查驗
105.01.27	辦理擴建「奈米粒子功能性量測系統(D27)－奈米粒子低濃度量測」之系統查驗會議,105 年 3 月 24 日獲局經標四字第 10500024770 號函同意作為國家度量衡標準對外提供服務。	系統查驗
105.02.04	工研量字第 1050002136 號函提名量測中心林增耀主任擔任「國家度量衡標準實驗室」新任主任,105 年 2 月 19 日獲局經標四字第 10500513710 號函同意。	計畫管理
105.02.04	函文辦理 105 年度「國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫」計畫主持人及分項計畫主持人變更,105 年 2 月 16 日獲局經標四字第 10500513200 號函同意。	計畫變更
105.02.04	美國環保署行政室主任參訪國家度量衡標準實驗室,了解我國國家量測標準之運作。	來訪
105.02.05	106 年預算依核定為依照 105 年度刪減 1% 研提,為配合中華電信研究院時頻實驗室購置鉅額設備,標檢局 106 年調整 NML 500 萬經費額度予時頻實驗室先行使用,待 107 年再回撥額度予 NML,105.01.20 局方通知 NML 綱要計畫概算額度修正為 302,785 千元提出 105 年中綱基本資料及概述表。	計畫管理
105.03.23	106 年度綱要計畫主管機關(標檢局)審查會議。	計畫管理
105.03.30	山東省濟南市質量技術監督局一行 10 人參訪國家度量衡標準實驗室,認識我國國家標準體系運作。	來訪
105.04.11	標準檢驗局七組一行 3 人參訪國家度量衡標準實驗室流量、質量、化學實驗室。	來訪
105.04.18	美國 KLA-Tencor 公司工程副總裁 Dr. Paul Sullivan 參訪國家度量衡標準實驗室,了解各領域之國家量測標準。	來訪
105.04.19	廣州市質量技術監督局一行 9 人參訪國家度量衡標準實驗室,認識我國國家標準體系運作。	來訪
105.04.19 ~ 04.22	黃宇中室主任受邀赴馬來西亞(NMIM)擔任振動聲量實驗室之同儕評鑑(peer review)技術評審員	受邀評鑑
105.04	與機械公會合作於 4/12、4/22、4/19 日分別於北、中、南舉辦智慧機械應	技術擴散

時 間	內 容	分 類
	用技術發表會，發表「智慧機械製造檢測技術」、「振動感測元件應用於智慧機械製造」及「光學分割影像技術應用於工件量測」等量測技術。	
105.05.05	辦理 NML 開放 29 年週年慶。	知識傳播
105.05.17	國際度量衡委員會(CIPM)秘書 Dr. James McLaren 參訪國家度量衡標準實驗室奈米、流量、化學實驗室。	來訪
105.05.18	協辦 2015 年 520 世界計量日—國際計量發展趨勢研討會—動態世界的量測。會中邀請國際度量衡委員會秘書長 Dr. James McLaren 及華碩電腦公司葉嗣平副總裁專題演講，經濟部卓士昭次長前來致詞，與會者計 31 廠家 167 人次參與。同時 68 人分 6 批次參觀國家度量衡標準實驗室。	知識傳播
105.05.24	CIE Australia 之技術主管 Tony Bergen 參訪國家度量衡標準實驗室，了解光學量測技術。	來訪
105.05.24 ~05.26	參加台北國際會議中心舉辦之“IEEE I ² MTC 儀器工程與量測技術國際研討會”，展出 Nanoparticles、Critical Dimensions、X-Ray Metrology 之 Calibrations, Traceabilities, and Standardizations 等海報宣傳國家度量衡標準實驗室執行 Nanometrology 成果。	參展
105.05.25	完成電量/電磁/光學/長度 4 領域之財團法人全國認證基金會(TAF) 實驗室監督評鑑。	監督評鑑
105.05.25 ~05.27	標檢局前來進行 104 年度標檢局委辦計畫會計查核作業。	計畫管理
105.05.27	加拿大國科會專家 Dr. Eddy So 參訪國家度量衡標準實驗室，了解電量/電磁量量測技術現況。	來訪
105.05.27	香港標準及校正實驗所周偉權高級工程師參訪國家度量衡標準實驗室。	來訪
105.05.30 ~ 06.04	涂聰賢博士受邀參加亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會促進研討會(APMP TCAUV TCI Workshop 2016)，發表「車輛振動噪音與粗糙度技術」演講。	受邀演講
105.05.30 ~ 06.11	黃宇中室主任以亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會(Technical Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration, TCAUV)主席身分參加 2016 年亞太計量組織年中會議及主持亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會促進研討會。	國際會議
105.06.05 ~06.11	藍玉屏組長以 APMP 執行委員(Executive Committee, EC) 身分出席亞太計量組織執行委員會(Executive Committee, EC) 與技術委員會(TC)之年中會議與研討會。	國際會議
105.06.07	105.05.17 以工研量字第 1050008034 號辦理單相交流電功率量測系統(E18)、單相交流電能量測系統(E19)、三相交流電能量測系統(E20)及三相交流電功率量測系統(E26)合併為交流電力量測系統(E18)，高頻介電常數	系統整併

時 間	內 容	分 類
	量測系統(E30)、微波散射參數及阻抗量測系統(U02)合併為微波散射參數及阻抗量測系統(U02)，105年6月7日獲局經標四字第10500561090號函文同意。	
105.06.14	106年度擬新增「甲醛氣體分析設備校正系統」等6系統(10個項目)能量之規費收費，以工研量字第1050009595號函報局。	提報規費
105.06.16	評估 NML 部分系統所提供校正服務之成本大於現行收費，為反應實際狀況，進行調價。另考量送校客戶接受程度，其中部分系統乃採階段性調價，暫不調至與其辦理成本相符之水準，以減少因調幅過高可能帶來之影響。以工研量字第1050009747號函提出23套量測系統40項校正收費調價報局。	調整規費
105.06.20	主管機關前來進行本年度第一次不定期稽核，0項不符合，2項建議事項	計畫管理
105.06.23 ~06.24	配合標檢局7組辦理局內教育訓練培育種子講師，擔任「水量計檢定檢查及糾紛處理實務訓練」講師培育計量人員。	知識傳播
105.06.27	美國國家標準與科學院 (NIST)專家 Dr. James E. Norris 參訪國家度量衡標準實驗室，演講「臭氧標準光度計開發與全球應用」；環保署監資處蔡鴻德處長等3人參訪及聆聽。	來訪
105.06.27 ~06.29	參加國外 TEMPMEKO 2016 會議，展示溫度標準源等技術及其應用設備，藉以展現我國於溫度領域之研究成果。	參展
105.07.21	元智大學光電系暨泰國皇家科技大學教授一行10人參訪國家度量衡標準實驗室，認識光學量測標準。	來訪
105.07.27	標檢局史瓦濟蘭訪客一行5人，前來參訪 NML 流量實驗室及品質工程部。	來訪
105.08.08	以工研量字第1050012958號函提出修正度量衡規費收費標準之附表九「國家度量衡標準實驗室校正費費額」之部分內容(新增待校件名稱、修訂待校件名稱、調整待校件之系統位置、修訂系統整併、誤植處等)。	修正規費之內容
105.08.23	假逢甲大學啟垣廳辦理「2016 精密機械計量技術研討會」	知識傳播
105.08.31	辦理新建「座標量測儀校正系統(D29)」系統查驗會議	系統查驗
105.09.07 ~09.09	參加 SEMICON Taiwan 2016 國際半導體展，以全自製開發之半自動光譜反射儀作為量測薄膜厚度及矽穿孔(TSV)深度之量測方法及機台展示。	參展
105.09.09	配合標檢局四組辦理「衡器原理、校正及相關國際規範介紹」課程，中心潘小晞、林以青、段靜芬等研究人員擔任講師，培育計量人員。	知識傳播
105.09.28	NML 振動/聲量等2領域完成第三者認證再評鑑。	第三者認證評鑑
105.10.07	完成標檢局臉書供稿－國家度量衡標準實驗室發展座標量測儀校正技術，協助產業量得更準。	新聞供稿

時 間	內 容	分 類
105.10.07	台科大歐立成副教授一行 28 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解國家量測標準發展現況。	來訪
105.10.12	完成文物典藏訊息發佈一則	新聞供稿
105.10.12	文物典藏活動訊息發佈於 NML 網站－科技教育向下普及扎根 花蓮三所國小打造「度量衡科學實驗站」	新聞供稿
105.10.12	台灣西門子鄭智峰總經理一行 4 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解國家量測標準發展現況。	來訪
105.10.18	日商 MEDIATECH 公司村上康司一行 3 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解電量/電磁量發展現況。	來訪
105.10.24	斯洛維尼亞 Institute of Metals and Technology 一行 4 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解國家量測標準發展現況。	來訪
105.11.02	中山醫學大學一行 16 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解國家量測標準發展現況。	來訪
105.11.10	2016 年國際度量衡委員會(CIPM)會議通過 NML 成為長度諮詢委員會(CCL)及聲量/超音波/振動諮詢委員會(CCAUV)觀察員。	國際事務
105.11.24	中華大學機械系一行 49 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解國家量測標準發展現況。	來訪
105.12.2	莫斯科大學教授一行 4 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解我國國家量測標準發展現況。	來訪
105.12.16	『2018 年「國際公斤原器」功成身退 全球重新定義「公斤」標準』訊息發佈於 NML 網站。	知識傳播
105.12.22	辦理「國家度量衡標準實驗室校正服務能量精進成果發表會」	知識傳播

貳、前言

國家度量衡標準實驗室運作與發展之目的為建立並維持國家最高量測標準，提高量測品質與儀器系統的準確度，保障全國量測之準確性與國際等同性，為國內標準追溯依據，提供業界校正服務，奠基國家品質基磐。以計量科學的發展，作為產業發展競爭之後盾，守護我國計量技術主權，完善研發基礎與永續發展環境。本計畫共分為四個分項進行，本年度各分項主要任務如下：

一、標準維持與國際等同分項

(一) 建立、維持國家量測標準之國際等同

- 1.維持國際度量衡委員會相互認可協議(CIPM Mutual Recognition Arrangement, CIPM MRA)之簽署與效力。
- 2.完備現有標準系統能量與技術能力，積極參與並主導國際比對，主動促成標準校正與量測能量(Calibration and Measurement Capabilities, CMC)之擴增與更新，得以持續合格登錄於國際度量衡局關鍵比對資料庫(BIPM KCDB)，使我國出具校正報告為相互認可國家組織接受。
- 3.針對已超過使用年限的設備(15~20 年以上)或故障/性能退化之設備進行汰換作業，使能穩定維持系統的服務品質與準確性，擴展全球國際實力等同、國際能力比對及國際相互認可，維繫國家民生福祉及產業之競爭力。
- 4.維護國家度量衡標準實驗室形象、構建與國際標準相關機構間互動關係，參與或舉辦國際會議，盡守我國國家度量衡標準實驗室之任務與功能。

(二) 建立、維持國家最高量測標準及提供一級校正服務

- 1.維持實驗室品保制度運作，符合 ISO/IEC 17025 及 ISO Guide 34 之標準規範，系統查核管制以確保國家標準實驗室的服務品質。
- 2.維護 NML 硬體環境設施與系統設備，減少系統故障率，以維持實驗室之正常運作。
- 3.運用計量標準技術，精進改良/再評估標準系統，維持 15 個領域量測系統正常運作。
- 4.執行校正工作，提供校正服務，傳遞標準至國內各實驗室及業界作為研發、生產製造、認證、驗證等品質管理與活動之基準。

(三) 國家計量人才培訓及計量資訊傳播與推廣國家實驗室服務能量與技術

- 1.推廣傳播計量標準技術和資訊，舉辦計量標準研討會和發行專業期刊，配合產業、實驗室需求協助培育國內計量人才。
- 2.提供計量標準技術服務。

二、產業計量技術發展分項

- (一)因應國際趨勢並配合產業趨勢，新、擴建標準系統以補強追溯鏈能量，降低產業未來衝擊。
- (二)針對儀器設備無法送校或拆裝者，主動協助解決產線追溯問題，研製標準件及滿足在線檢校需求，提供更貼近產業的服務。
- (三)研發計量檢測儀器設備之校驗技術，導入與開發校正新計量技術/設備之能力。本分項新、擴建標準系統及建立量測技術後，納入標準維持與國際等同分項常態運轉與對外提供檢校服務。

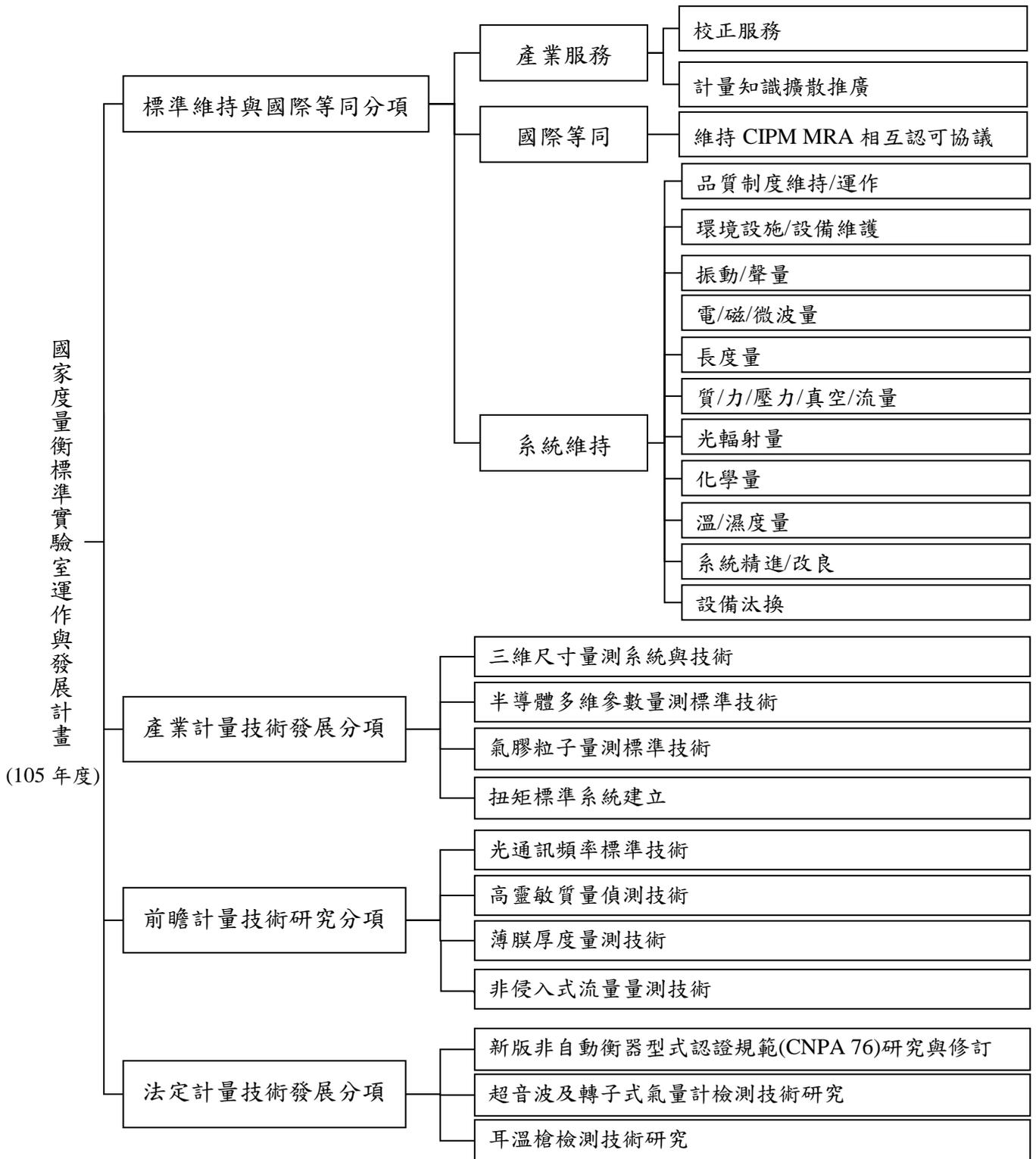
三、前瞻計量技術研究分項

- (一)支撐國內產業於新材料及以新材料為基礎的新元件、新製程之創新，進行國際領先之前瞻計量技術研究，建構我國計量標準技術自主能量，確保我國國際領先地位，協助國內新興產業產品品質提升，增進國際競爭力。本分項建立領先國際的前瞻材料量測技術，著重於挑戰前瞻量測能力(量不量得到)，下一階段是將此量測方法設備化、商品化，或交由產業計量技術發展分項或標準維持與國際等同分項進行。

四、法定計量技術發展分項

- (一)運用在計量技術與標準的研發能量，參酌國際規範(OIML、ISO、IEC 等)的趨勢，在政府制訂規範的過程中扮演製訂技術提供者、引進者與設備研發者的角色，使政府所制訂或修訂的規範具有實務上的可執行性與公正性，並確保一切計量器具均具有追溯性。

本年度計畫架構



參、執行績效檢討

一、資源運用情形

(一)、人力運用情形

1.人力配置

主持人	分項計畫 (名稱及主持人)	預計 人年	實際人年
計畫主持人： 林增耀 協同計畫主持人： 藍玉屏	(1)標準維持與國際等同分項 計畫主持人：藍玉屏	65.95	69.70
	(2)產業計量技術發展分項 計畫主持人：傅尉恩	17.50	13.70
	(3)前瞻計量技術研究分項 計畫主持人：許俊明	9.92	9.76
	(4)法定計量技術發展分項 計畫主持人：楊正財	3.75	3.84
合 計		97.12	97.00

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	研究助理員級以下	博士	碩士	學士	專科	其他	
105	預計	66.00	28.12	3.00	-	-	27.20	44.42	14.50	11.00	-	97.12
	實際	69.42	24.41	3.17		-	28.61	43.62	12.69	12.08	-	97.00

註：本表採用工研院職級計算。

(二)、經費運用情形

1.歲出預算執行情形

單位：元

會計科目	分項計畫	合 計		佔總計%	
		預算	實際數	預算	實際數
(一)經常支出					
1.直接費用					
(1) 直接薪資		124,257,000	124,257,000	40.39	40.39
(2) 管理費		29,200,000	29,200,000	9.49	9.49
(3) 其它直接費用		104,647,670	104,647,670	34.02	34.02
2.公費		1,460,000	1,460,000	0.47	0.47
經常支出小計		259,564,670	259,564,670	84.37	84.37
(二)資本支出					
1.土地					
2.房屋建築及設備					
3.機械設備		46,489,000	46,489,000	15.11	15.11
4.交通運輸設備					
5.資訊設備					
6.雜項設備					
7.其他權利		1,585,330	1,585,330	0.52	0.52
資本支出小計		48,074,330	48,074,330	15.63	15.63
合 計		307,639,000	307,639,000	100	100

註：上表資料為 105/12/19 日計畫流用變更後之預算。

2.歲入繳庫情形

單位：新台幣元

科 目	本年度預算數	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		16,420	
權 利 售 價	專利授權金 ^註	123,000	
	權利金		
	技術授權金 ^註	3,780,343	
	製程使用		
	其他－專戶利息 收入	200,000	121,173
罰金罰鍰收入			
罰金罰鍰		116,934	供應商逾期罰款
其他收入			
審查費(校正服務費)	41,090,000	43,639,915	
供應收入－ 資料書刊費	280,000	212,690	計量技術涉及領域、產業層面廣泛，但特定客戶群有限，以推廣計量觀念為主要目的，同步以網路之運用、推廣說明會投入度量衡標準推廣。
服務收入－ 教育學術服務 技術服務	1,000,000	981,500	
業界合作廠商配合款			
收回以前年度歲出			
其他雜項			
合 計	42,570,000	48,991,975	繳庫數佔預算數 16%

註：102/6/20 重新簽訂經濟部標準檢驗局度量衡標準計畫研發成果運用契約書，專利/技術授權成果運用收入由 70%繳庫修訂為 60%繳庫。

(三)、設備購置與利用情形

1. 本年度計畫經費購置 300 萬元以上儀器設備 9 件，請參閱附件一之儀器設備清單。
2. 本年度計畫經費購置 100 萬元以上儀器設備計 0 件，請參閱附件二之儀器設備清單。

註：依契約本計畫新臺幣 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。

二、計畫達成情形

(一)目標達成情形

1.標準維持與國際等同分項

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
(一)產業服務			
• 提供校正服務	• 完成校正服務 4,000 件	• 完成儀器校正服務及儀器功能測試及檢討，計校正服務 4825 件，收入 43,639,915 元繳庫。	• 無。
• 舉辦研討會/在職訓練	• 完成 10 場研討會	• 辦理 12 場次研討會，共 169 廠家、296 人次參加，收入 981,500 元繳庫。研討會課程一覽表詳見附件八。	• 無。
• 出版「量測資訊」	• 出版 6 期量測資訊(雙月刊)	• 出版「量測資訊」6 期量測資訊(167 ~ 172 期)出刊，主題分別為「生醫感測技術」、「工具機檢測技術」、「空氣品質管理與計量技術發展之連動」、「振動與噪音量測技術」、「能源與環境計量技術」及「計量品質工程」，訂戶 120 家，刊物及相關資料販售收入 212,690 元繳庫。	• 無。
• 維護更新 NML 網站	• 因應國內、外需求變化，不定期更新及維護網頁資料	• NML 網頁不定期內容更新，包括最新消息 17 則(「105 年度世界計量日—國際計量發展趨勢研討會」等)、更新校正服務資訊公告 44 則、資訊更新 21 則(依「國家發展委員會推動 ODF-CNS15251 計畫」規範，將預約申請單更新為開放檔案格式(ODF 檔)、2016 世界計量日海報供下載、更新證書等)、回覆留	• 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> 執行新聞、推廣業務 	<ul style="list-style-type: none"> 辦理國際計量日活動及計量知識擴散推廣相關活動共 6 場次，新聞供稿 4 則。 	<p>言 135 則等。</p> <ul style="list-style-type: none"> 2016 年世界計量日主題為「Measurements in a dynamic word)」，5/18 日協辦世界計量日研討會，邀請國際度量衡委員會 (CIPM) 秘書 Dr. James McLaren 及華碩電腦公司葉嗣平副總裁擔任專題演講，同時辦理國家度量衡標準實驗室參觀。計 31 廠家、167 人次與會。 完成辦理技術擴散活動「2016 年精密溫度熱源與熱物性量測技術」、「智慧機械應用技術」北中南場、「2016 精密機械計量技術」、「國家度量衡標準實驗室校正服務能量精進成果發表會」等 6 場研討會，計 222 廠家 400 人次參加。詳見附件八。 協助標檢局完成內部人員訓練，共計 3 場。分別為 5/13 日「噪音計原理與檢定技術訓練」、4/19 ~ 4/21 日「質量及天平校正課程」及 6/23 ~ 6/24 日「水量計檢定檢查及糾紛處理實務訓練」講師培育。 9/9 日協助標檢局舉辦「衡器原理、校正及相關國際規範介紹」計量人員培訓課程，由 NML 三位同仁擔任課程講師授課，計 18 廠家 39 人次參加。 完成新聞供稿累計 4 則，包 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		<p>括「經濟部標準檢驗局建置氣體量測能力 空污控制添助力」、「迎接 520 世界計量日 標檢局以「動態世界的量測」支援產業」、「國家度量衡標準實驗室發展座標量測儀校正技術，協助產業量得更準」(臉書供稿)及「科技教育向下普及扎根花蓮三所國小打造「度量衡科學實驗站」(NML 網站發布)。</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> 協助標檢局辦理文物數位典藏網資料擴充及度量衡單位推廣活動。 	<ul style="list-style-type: none"> 配合主管機關完成「文物數位典藏網資料擴充及度量衡科普教育推廣服務計畫」內容規劃及請購發包作業。內容包括： <ul style="list-style-type: none"> →數位化文物拍攝、修正更新文物數位典藏網站中 200 多件度量衡文物之中英文詮釋資料。 →9 位專家口述歷史訪談、度量衡探索箱、教具、教材及探索手冊之開發製作。 →協助高雄分局辦理環境教育，安排參觀開放式典藏庫典藏標檢局文物。 →完成 105 年文物典藏計畫教育活動之「度量衡探索箱」教具及教案開發，並至忠孝國小、新城國小及吳江國小進行偏鄉教育活動，共計 43 天(約 328 小時的教育推廣)。 →完成「度量衡技術/知識推廣海報」，作為國家度量 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		衡標準實驗室推廣資料。 • 製作三個國家標準實驗室宣傳小冊，完成宣傳手冊文稿及設計、印製。	
• 執行公關業務	• NML 訪客接待 12 批次, 120 人次。	• 接待訪客：山東省濟南市質量技術監督局、美國環保署行政室主任、國際度量衡委員會(CIPM)秘書、香港標準及校正實驗所、環保署監資處、廣州市質量技術監督局、上銀集團、元智大學及中華大學等 23 批共 233 人次。	• 超出目標。
• 進行技術/專利運用推廣	• 技術/專利運用 6 件簽約 6,000 千元	• 本年度完成與友達等廠商 19 案之技術與專利授權簽約，簽約金額 5,916,048 元。另 4 案為 104 年遞延，執行中共 23 案。 • 本年度已開出發票計 8,166,048 元，完成艾恩迪等廠商 15 案之成果運用收款 6,505,572 元，依據合約 60% 繳庫(即 3,903,343 元繳庫)。細項資料請參見附件五、技術/專利應用一覽表。	• 無。
(二) 國際等同			
• 執行第三者認證	• 完成聲量/振動領域 2 領域第三者認證再評鑑	• 完成聲量/振動 2 領域評審員邀請，並獲亞太計量組織 (APMP) 各領域技術委員會主席同意，於 9/26 ~ 9/28 日完成第三者認證評鑑，現場評鑑結果不符合事項共計 1 項，已於 11/10 日完成改善措施。 • 5/25 日完成電量/電磁/光學/長度 4 領域之財團法人全國認證基金會(TAF) 實驗室監	• 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		<p>督評鑑。</p> <ul style="list-style-type: none"> 配合 TAF 資訊系統改版，證書之認證內容以新方式呈現，進行電量/電磁/光學/長度 4 領域之新證書草稿多次核對，於 9/10 日收到核發之新證書。原證書中文版共 35 頁，英文版 36 頁，新證書中文版共 61 頁，英文版 79 頁。 	
<ul style="list-style-type: none"> 執行國際比對 	<ul style="list-style-type: none"> 參與 8 項國際比對，確保國家標準與國際標準之等同性。 	<ul style="list-style-type: none"> 完成水三相點囊、角度塊規、正位式流量計、交直流電流、熱效轉換器、直流電壓參考標準器、環塞規、光偵測器及定點黑體(銀/銅)共 8 項比對活動參與，其中水三相點囊、角度塊規及正位式流量計，共 3 項比對完成登錄於 BIPM 網站。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
<ul style="list-style-type: none"> 參與國際活動 	<ul style="list-style-type: none"> 參加 CIPM、APMP 技術委員會議等相關技術活動，建立國際關係。 	<ul style="list-style-type: none"> 2016 年 11 月國際度量衡委員會(CIPM)會議通過 NML 成為長度諮詢委員會(CCL)及聲量/超音波/振動諮詢委員會(CCAUV)觀察員。 2016 年黃宇中室主任接任聲音、超音波及振動領域之技術委員會(TCAUV)主席，以 TCAUV 主席的身份協助亞太計量組織在 5/31 ~ 6/3 日於泰國辦理並主持「亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會促進研討會」(APMP TCAUV TCI workshop)，研討會主題為「振動/聲學與超音波技術應用於軌道車輛運輸業」，同時涂聰賢博士受邀擔任講師，於會中演講「車輛振動噪音技術」，發表臺 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		<p>灣高速鐵路振動量測技術案例，與各國專家進行交流。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 藍玉屏組長擔任執行委員會委員(EC)參加 APMP 年中及年度大會會議，協助 APMP 國際事務之運作及醫學計量焦點工作組之連結。 • 參加 2016 APMP 年度大會 (GA)及出席 10 個領域技術委員會(TC)會議，共 13 人次。 <ul style="list-style-type: none"> (1)蘇峻民室主任接任流量領域之技術委員會(TCFF)主席。 (2)陳生瑞博士擔任醫學計量工作組召集人，於 APMP 年度大會前日召開醫學計量焦點工作組研討會，討論未來合作提案及制定未來 2~3 年之工作計畫。 • 楊正財副組長出席國際法定度量衡組織(OIML)第 15 屆大會暨國際法定度量衡委員會(CIML)第 51 屆會議，協助主管機關蒐集相關技術資料。 • 許俊明副組長參加第 19 屆「臺史技經合作會議」，協助主管機關了解史瓦濟蘭王國之度量衡標準能量及執行現況。 	
<ul style="list-style-type: none"> • 參與國際活動 	<ul style="list-style-type: none"> • 擔任同儕評鑑評審員及 CMC 資料審查成員，協助國際等同業務之推動。 	<ul style="list-style-type: none"> • 擔任同儕評鑑技術評審員黃宇中室主任於 4/19 ~ 4/22 日獲邀至馬來西亞國家計量研究院(NMIM) 擔任技術評審員，進行振動與聲量領域 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		校正系統之國際同儕評鑑。 • 協助亞太計量組織校正與量測能力(CMC)登錄審查 (1)完成歐洲計量組織聯盟之跨區域計量組織 CMC 項目 (EURAMET.T.19.2016 及 EURAMET.M.47.2016) 審查。 (2)完成非洲計量體系之跨區域計量組織之 CMC 項目 (AFRIMET.AUV.4.2016) 審查。 (3)完成歐亞國家計量組織聯盟之跨區域計量組織 CMC 項目 (COOMET.T.11.2016) 審查。 (4)完成美洲計量體系所提之跨區域計量組織 CMC 項目 (SIM.M.33.2016) 審查。 • 2016 年國際度量衡委員會 (CIPM) 會議通過 NML 成為長度諮詢委員會 (CCL) 及聲量/超音波/振動諮詢委員會 (CCAUV) 觀察員。	
	• 參與/主導國際計量技術合作	• 完成排放管道三維流速/流量測技術研究，並與荷蘭國家標準實驗室 (VSL) 與英國國家物理研究院 (NPL) 進行技術資訊交流。	• 無。
(三) 系統維持			
• 進行內部稽核與管理審查，維持品質運作審核業務	• 完成維持品質運作出具之 NML 校正報告審核業務累計 4000 件	• 配合廠商送校，年度完成維持品質運作之審核業務共計 4825 件。 • 完成審查與修訂 ICT、MSVP 等技術報告，共計 101 份。	• 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		<ul style="list-style-type: none"> • 完成年度 NML 內部稽核，稽核結果共計有 4 項不符合事項(NCR)，22 項建議事項，已完成改善。 • 配合工研院為驗證院內各單位執行各項工作之品質與安全衛生落實，安排瑞士通用驗證集團(SGS)於 3/23 ~ 3/25 日進行稽核，於量測中心執行之 NML 高風險實驗室(含化學、大質量、力量、壓力、高溫及 X-ray 等)同步接受 OHSAS 18001(安全衛生)與 ISO 9001(品質管理系統)之稽核，無不符合事項。 	
<ul style="list-style-type: none"> • 進行實驗室環境與安全維護定期檢查/活動 	<ul style="list-style-type: none"> • 實驗室環境與安全維護、定期檢查活動、不定期配合實驗室環境故障排除 	<ul style="list-style-type: none"> • 維護國家度量衡標準實驗室硬體環境(水源、電力、電話、溫濕度空調、照明、消防系統等)品質，減少設施之故障率，以維持實驗室之正常運作，如發電機運轉每周定檢；實驗室電梯安全、空調冷卻水塔更新及除垢處理、冰水主機、火災監視器、海龍消防系統、空壓機等每月定檢；除濕機、接地電阻測試、高低壓電器設備及空調等安全檢查每季定檢保養；電動吊車安全檢查每半年定檢。 • 不定期配合實驗室環境故障排除及改善，如實驗室更改成恆溫實驗室繪圖及估價、自來水恆壓泵進水管路接頭漏水更新、16 館因地震東北角外牆磁磚剝離修補及實驗室牆面與地板損壞修補等。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> 維護電腦主機資訊系統與量測儀器 	<ul style="list-style-type: none"> 實驗室儀器、設備之檢修 	<ul style="list-style-type: none"> 支援實驗室設備零組件/夾治具之設計加工及設備故障/異常檢修等計 112 件。 實驗室主機硬體與網路、作業系統(OS)與網站伺服器、資料庫系統、網頁程式弱點掃描維持運轉，確保實驗室主機資訊系統運作正常。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
<ul style="list-style-type: none"> 客戶滿意度調查 	<ul style="list-style-type: none"> 進行客戶滿意度調查 	<ul style="list-style-type: none"> 因應主管機關要求，由原抽樣調查方式修改為隨每份校正報告發送顧客意見調查表，顧客滿意度分析回收問卷截，服務廠商家數計 830 家，回收問卷計 423 張，NML 整體滿意度為 9.6 分(滿分為 10 分)，高於往年之整體滿意度表現。 為提升問卷填寫與回收率，當場填寫問卷者擲回者，提供標檢局製作之計量文宣品-A4 文件夾乙份，頗受好評。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
<ul style="list-style-type: none"> 標準系統維持正常運作 	<ul style="list-style-type: none"> 維持 15 個領域、118 套量測系統正常運作 	<ul style="list-style-type: none"> 運用管制圖及各種統計品保方法，進行系統管理與品質監控，以符合 ISO/IEC 17025 標準規範，確保系統正常與安全運作，提供精確的校正服務。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
<ul style="list-style-type: none"> 執行國內、外追溯 	<ul style="list-style-type: none"> 執行國內追溯 400 件、國外追溯 14 件。 	<ul style="list-style-type: none"> 完成國內追溯 589 件。 完成 21 件的國外追溯工作。 	<ul style="list-style-type: none"> 超出目標。
<ul style="list-style-type: none"> 系統改良/精進 7 項系統、設備汰換 7 套系統及 4 套系統擴建查驗。 	<ul style="list-style-type: none"> 全光通量校正系統(O02)改良 -量測範圍：(1 ~ 20000) lm -量測不確定度：1.2 % 	<ul style="list-style-type: none"> 完成研製穩定之外部光源模組，設置於積分球之半球徑上，絕對光通量標準燈之光通量變動為 0.15 %。 完成系統改良與評估 量測範圍：(1 ~ 20000) lm 量測不確定度：1.0 % 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析						
	<ul style="list-style-type: none"> • 振動比較校正系統(V03)改良 <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍：(200 ~ 10000) m/s² -量測不確定度：2.2 % 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成衝擊產生模組及訊號擷取分析更新。衝擊激發動力改採氣壓式，以精確控制衝擊力。 • 完成系統改良與評估 <ul style="list-style-type: none"> 量測範圍：(200 ~ 10000) m/s² 量測不確定度：1.9 % 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 						
	<ul style="list-style-type: none"> • 直流電阻系統(E13)改良 <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍: 0.1 mΩ ~ 100 k Ω -量測不確定度: <ul style="list-style-type: none"> 0.1 mΩ ~ 0.1 Ω : 5 μΩ/Ω 1 Ω to 100 kΩ : 1 μΩ/Ω 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成系統改良與評估 <ul style="list-style-type: none"> 量測範圍：0.1 mΩ ~ 100 k Ω 量測不確定度： <table border="1" data-bbox="943 869 1331 1048"> <thead> <tr> <th>範圍</th> <th>不確定度 (μΩ/Ω)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1 mΩ ~ 0.1 Ω</td> <td>1.4 ~ 4.2</td> </tr> <tr> <td>1 Ω ~ 100 kΩ</td> <td>0.15~0.18</td> </tr> </tbody> </table> • 非十進點電阻校正技術建立及評估 <ul style="list-style-type: none"> 量測範圍：100 Ω ~ 1000 Ω 量測不確定度：4.1 μΩ/Ω 	範圍	不確定度 (μΩ/Ω)	0.1 mΩ ~ 0.1 Ω	1.4 ~ 4.2	1 Ω ~ 100 kΩ	0.15~0.18	<ul style="list-style-type: none"> • 無。
範圍	不確定度 (μΩ/Ω)								
0.1 mΩ ~ 0.1 Ω	1.4 ~ 4.2								
1 Ω ~ 100 kΩ	0.15~0.18								
	<ul style="list-style-type: none"> • 氣壓量測系統(P04)改良 <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍：(170 ~ 7000) kPa -量測不確定度：(25 ~ 35)×10⁻⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成活塞下降率改善，改善後下降時間為 5.9 分鐘，符合 EURAMET cg-3 之建議 3 分鐘以上。 • 完成系統改良與評估 <ul style="list-style-type: none"> 量測範圍：(170 ~ 7000) kPa 量測不確定度：(25 ~ 35)×10⁻⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 						
	<ul style="list-style-type: none"> • 標準麥克風比較校正系統(A02)改良 <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍：(20~100000) Hz -量測不確定度：(0.08 ~ 0.30) dB (LS2/WS2/WS3/MM) 	<ul style="list-style-type: none"> • 新增符合 IEC 61094-1、IEC 61094-4 之電容式麥克風的頻率響應量測技術建立。 • 完成系統改良與評估 <ul style="list-style-type: none"> 量測範圍：(20~100000) Hz 量測不確定度：(0.08 ~ 0.30) 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 						

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		dB (LS2/WS2/WS3/MM)	
	<ul style="list-style-type: none"> 高壓氣體流量系統(F05)改良 <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍：(15 ~ 12000) m³/h -量測不確定度：0.16 % -溫降：1 °C/min。 	<ul style="list-style-type: none"> 完成高壓氣流溫控系統建立，氣流溫降每分鐘溫降< 0.25 °C。 完成系統改良與評估 量測範圍： (15 ~ 12000) m³/h 量測不確定度：0.16 % 	<ul style="list-style-type: none"> 無
	<ul style="list-style-type: none"> 風速校正系統(F10)改良 <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍：(0.2 ~ 60) m/s -紊流強度：1 % 	<ul style="list-style-type: none"> 完成循環式風洞建立，紊流強度< 0.7 %。 完成系統改良與評估 量測範圍：(0.2 ~ 60) m/s 量測不確定度：0.5 % 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
	<ul style="list-style-type: none"> 設備汰換 	<ul style="list-style-type: none"> 完成「高壓氣流溫控系統」、「循環式風洞」、「衝擊比較式系統」、「交流電流輸出及量測系統」、「晶片式主動高功率放大器」、「低頻加速規系統」及「奈米壓痕量測系統」，共 7 項設備採購與驗收。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
	<ul style="list-style-type: none"> 配合第三者認證時程及系統查核評估，計完成 33 套系統再評估。 	<ul style="list-style-type: none"> 配合振動/聲量 2 領域第三者認證及系統查核評估，計完成 33 套系統再評估。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
	<ul style="list-style-type: none"> 系統查驗 	<ul style="list-style-type: none"> 完成本計畫擴建「三相交流電能量測系統(E20)」、「三相交流電功率量測系統(E26)」、「奈米粒子功能性量測系統(D27)」，及新建「座標量測儀校正系統(D29)」之量測系統查驗。 完成民生化學計量標準計畫擴建「質量法高壓混合氣體 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		供應驗證系統(C08)」及新建「甲醛氣體分析設備校正系統(C11)」、「質量法環境荷爾蒙供應驗證系統(C12)」之量測系統查驗。	
	<ul style="list-style-type: none"> 系統合併及停止服務申請 	<ul style="list-style-type: none"> 提出「單相交流電功率量測系統(E18)」、「單相交流電能量測系統(E19)」、「三相交流電能量測系統(E20)」、「三相交流電功率量測系統(E26)」合併為「交流電力量測系統(E18)」。「高頻介電常數量測系統(E30)併入「微波散射參數及阻抗量測系統(U02)」，獲局函文同意。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
	<ul style="list-style-type: none"> 校正服務規費報部 	<ul style="list-style-type: none"> 已逾十年校正規費未調價，提報 23 套系統 40 項收費，106 年擬調價之規費資料。 提報 106 年本計畫新擴建及民生化學計量計畫擴建 NML 之能量如新增「甲醛氣體分析設備校正系統」等 6 系統(10 個項目)能量之規費收費資料。 提出 106 年擬修正度量衡規費收費標準之附表九「國家度量衡標準實驗室校正費費額」之部分內容(新增待校件名稱、修訂待校件名稱、調整待校件之系統位置、修訂系統整併、誤植處等)。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

2. 產業計量技術發展分項

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
(一) 三維尺寸量測與技術			
<ul style="list-style-type: none"> 階規校正技術 	<ul style="list-style-type: none"> 完成階規校正技術之 ICT 與 MSVP 量測範圍：10 mm ~ 1000 mm 量測不確定度：0.4 μm + 0.5×10⁻⁶×L 完成階規校正系統報請查驗 	<ul style="list-style-type: none"> 完成階規校正技術之 ICT 與 MSVP 文件。 量測範圍：10 mm ~ 1010 mm 量測不確定度：0.28 μm + 0.40 × 10⁻⁶ × L。 12/28 日完成階規校正系統報請查驗。 	<ul style="list-style-type: none"> 超出目標。
<ul style="list-style-type: none"> 自動追蹤雷射絕對測距技術 	<ul style="list-style-type: none"> 完成高精度絕對測距能力分析： 解析度：0.1 μm；量測不確定度：0.5 μm + 1 × 10⁻⁶ L 	<ul style="list-style-type: none"> 完成高精度絕對測距能力分析 量測解析度：0.1 μm 量測不確定度：0.2 μm + 0.04 × 10⁻⁶ × L。 	<ul style="list-style-type: none"> 超出目標。
<ul style="list-style-type: none"> 線上音頻、振動量測技術開發 	<ul style="list-style-type: none"> 完成超音波顫振感測與相位解調技術 顫振位移解析量 8 μm，最大位移量 8 mm，頻率：20 Hz ~ 7 kHz。 	<ul style="list-style-type: none"> 完成超音波顫振感測與相位解調技術，可解析出的顫振位移解析量約為 4 μm，最大位移量為 8 mm，頻率範圍 2 Hz ~ 7 kHz。 	<ul style="list-style-type: none"> 超出目標。
(二) 半導體多維參數量測標準技術			
<ul style="list-style-type: none"> μ-Bump 參考標準件製作 	<ul style="list-style-type: none"> 完成 μ-Bump 參考標準件形貌直徑 20 μm 設計、製作、評估 	<ul style="list-style-type: none"> 利用熱融方式 (Thermal reflow process) 於晶圓表面製作 μ-Bump 半球型參考標準件，並在標準件上增加金屬鍍膜，避免半球標準件脫落。其直徑 20 μm 之量測評估結果如下：平均高度為 (12.482 ± 0.006) μm；直徑為 (19.167 ± 0.155) μm。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
<ul style="list-style-type: none"> 白光干涉量測系統建立 	<ul style="list-style-type: none"> 完成白光輪廓量測系統自動對焦測試系統最大高度掃描範圍：100 μm 	<ul style="list-style-type: none"> 完成壓電元件 (PZT) 與感光耦合元件 (CCD) 裝置同步控制移動取像之白光模組，垂直掃描法軟體撰寫，並於白光輪廓量測系統取像與 PZT 同步控制，可進行最大高度 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		掃描範圍 100 μm 掃描取像存取。	
<ul style="list-style-type: none"> • μ-Bump 量測評估 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成 μ-Bump 量測不確定度評估 球體直徑：20 μm 直徑量測不確定度：0.2 μm 高度量測不確定度：0.3 μm 	<ul style="list-style-type: none"> • 白光輪廓量測系統以 VLSI Standards 公司所製作的標準片 (SHS-8.0QC) 樣品取得之水平解析度 0.140 μm、縱向解析度 0.100 μm • 以線寬標準片(線寬 0.1 mm) 進行系統校正 量測平均值：100.017 μm，標準差 0.125 μm。 • 以 VLSI 標準階高塊 (8.078 μm) 量測驗證 量測平均值：8.062 μm，標準差 0.003 μm。 • 完成 μ-Bump 量測不確定度評估，高度與直徑量測不確定性評估。 直徑量測不確定度：0.19 μm 高度量測不確定度：0.016 μm 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。
(三) 氣膠粒子量測標準技術			
<ul style="list-style-type: none"> • 溶液中粒子量測應用技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成霧化器測試 霧化 10 nm ~ 300 nm 可鑑別 10 nm 重量濃度(W/W) 為 6×10^{-7} 之金粒子 	<ul style="list-style-type: none"> • 利用(10、30 及 60) nm 之奈米金粒子及(50、100 及 300) nm 之聚苯乙烯奈米粒子驗證系統可霧化(10 ~ 300) nm 之奈米粒子。並量測 5 種不同濃度($5.7 \times 10^8 \sim 5.7 \times 10^{10}$) #/mL，重量濃度：$(5.76 \times 10^{-9} \sim 5.76 \times 10^{-5})$ W/W BBI 公司之 10 nm 奈米金粒子以建立檢量線，其可表示為 $y = 9017.9 + 8.29 \times 10^{-5} \cdot x$，$R^2 = 0.9979$，並藉由減量線計算出其偵測極限 (Limit of Detection, LOD) 與定量極限 (Limit of Quantitation, LOQ) 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		分別為 9.90×10^8 #/mL 及 3.30×10^9 #/mL。	
• 奈米粒子凝結技術	• 完成奈米粒子凝結技術，最小凝結粒徑 10 nm	• 微調奈米凝結模組參數並利用 BB International (BBI) 公司合成之 10 nm 奈米金粒子測試奈米凝結模組之凝結能力，其結果為可凝結為 $\geq 5 \mu\text{m}$ 之粒子且被光學粒子計數器所偵測。	• 無。
• 液體中粒子計數器自動檢校技術	• 完成標準粒子濃度產生器不確定度評估 粒徑：60 nm 至 100 nm 定量產生標準粒子濃度：100 ~ 1000 /mL 量測不確定度 $\leq 15\%$	• 完成標準粒子濃度 (100 ~ 1000) #/mL 下，粒徑 50 nm ~ 300 nm 粒子濃度稀釋模組不確定度源評估。包括標準粒徑分布不確定度、稀釋、流量與其他控制過程產生的不確定度等。評估結果如下：50 nm、100 nm 及 300 nm 聚苯乙烯乳膠 (PSL) 粒子之量測不確定度分別為 14.66 %、10.88 % 及 12.05 %。	• 無。
(四) 扭矩標準系統			
• 5 kN 扭矩系統設計製作	• 完成 5 kN 扭矩系統設計、製作及驗收	• 完成 5 kN 重力法碼組規格查驗 天平長度： 1000.0176 mm (右邊)； 1000.0140 mm (左邊)； 允許誤差：0.003 % 扭矩最大負荷靈敏極限不大於 0.01 %。	• 無。
• 系統自動化	• 扭矩系統迴饋控制之平衡點誤差 $\pm 100 \mu\text{m}$ 以內	• 完成扭矩系統迴饋控制之平衡點誤差 $\pm 10 \mu\text{m}$	• 無。
• 系統評估	• 完成扭矩標準系統量測不確定度評估 量測範圍：50 N·m ~ 5 kN·m； 量測不確定度： $< 0.05\%$	• 完成扭矩標準系統量測不確定度評估 量測範圍：10 N·m ~ 5 kN·m 量測不確定度：0.02 %	• 超出目標。

3. 前瞻計量技術研究分項

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
(一) 光通訊頻率標準技術研究			
• 微光梳功率放大技術	• 完成單根光梳功率 > 0.5 mW	• 光梳經鉸鏡雙摻之光纖放大器放大後(激發光源之電流增加到 ~ 1.5 A)，超過 0.5 mW 的有 17 根，實測單根光梳(波長 1558.17 nm 為例)功率約 0.53 mW。	• 無。
• 微光梳頻率穩定與量測技術	• 完成光梳頻率穩定度 < 10 GHz	<ul style="list-style-type: none"> • 完成架設將 400 MHz 鎖模光纖雷射與 100 GHz 微共振腔光梳拍頻之低雜訊光梳尋找系統，訊噪比 ~20 dB，間接測試微共振腔光梳之線寬(可視為瞬間頻率穩定度) < 10 MHz。 • 以光譜儀分析長時間(~1 小時) 100 GHz 微共振腔光梳的穩定度，10 根光梳的頻率最大擾動量約 3 GHz。 	• 無。
(二) 高靈敏質量偵測技術			
• 微小質量量測技術	• 完成氣膠粒子質量量測系統架設	• 完成系統組裝，包含微懸臂樑質量感測器、沉積偵側腔體、2 kV 高電壓源與真空泵。腔體真空度可達 10 Pa 以下，懸臂樑共振頻率漂移雜訊測定為 0.16 Hz。	• 無。
	• 完成質量感測元件靈敏係數(Hz/pg)量測實驗	• 以粒徑 506 nm PSL 粒子完成質量感測元件靈敏係數(Hz/pg)量測實驗，參考吸附質量為 1.76 ng，頻率偏移量為 74.955 Hz，測得質量感測靈敏係數為 0.043 Hz / pg。	• 無。
	• 完成皮克(10^{-12} g)解析度質量量測實驗	• 重複以粒徑 506 nm PSL 粒子進行粒子沉積於懸臂樑與共振頻率量測實驗，降低粒子取樣時間與粒子溶液濃度，	• 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		使參考吸附質量減少為 712 pg，測得質量感測靈敏係數為 0.039 Hz / pg，對應 0.16 Hz 頻率漂移雜訊之質量雜訊為 4.1 pg。系統具備皮克等級質量解析能力。	
(三) 薄膜厚度量測技術			
• 完成高介電常數薄膜製作	• 完成高介電常數薄膜厚度標準品製作	• 完成高介電常數薄膜厚度標準品製作，以穿透式電子顯微鏡分析 氧化鋁薄膜：厚度 1.702 nm 氧化鈦薄膜：厚度 3.715 nm 氧化鈣薄膜：厚度 2.392 nm	• 無
• 完成數據處理	• 完成數據擷取軟體	• 完成數據擷取軟體確認 擷取偵測器相對轉角 0 度至 35 度，完成高角度量測。	• 無
• 完成儀器硬體架構設計	• 完成儀器硬體架構設計與架設	• 完成硬體架設 光源波長：8.34 Å 羅倫環：500 mm 真空度：10^{-7} torr	• 無
(四) 非侵入式流量量測技術			
• 鎖相熱顯像(lock-in thermography) 系統架構建置 (周期：≤ 6 Hz)	• 完成管路流道設計與系統架構建置 • 紅外線熱顯像攝影機溫度分佈量測與驗證	• 分別架設液體及氣體二分之一英吋管路之實驗場域，為達實驗一致性，液體溫度、管材保溫及環境溫度分別透過熱交換器、絕熱泡棉和自動化空調進行控制。 • 完成鎖相熱顯像攝影機與脈衝雷射系統整合。 • 利用溫度控制箱及熱電偶溫度計進行溫度分布驗證。	• 無。
• 脈衝雷射以及紅外線熱顯像攝影機建立非侵入式流量量測技術能力	• 以常用的液、氣體，如：水、空氣為工作流體，流量量測誤差<math>< \pm 10\%</math> • 完成燃料電池用液氣數據分析，如：(1 ~ 5) mol 甲醇溶液(流速約	• 完成工作流體為水及空氣之實驗數據，建立在二分之一英吋管流架構下熱對流係數對應流量之數據資料庫，並達成目標流量量測準確度 <	• 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
	0.05 m/s ~ 0.5 m/s)；半導體製程用氣體數據分析，如：N ₂ • 自動化擷取及演算法分析程式	± 10 % 之目標。 • 完成工作流體為甲醇溶液及氮氣之實驗及數據分析，建立在二分之一英吋管流架構下熱對流係數對應流量之數據資料庫，達成目標流量量測準確度 < ± 10 % 目標。 • 以一維熱傳數值模型為基礎，利用 LabVIEW 撰寫自動化擷取及演算法分析程式，其功能包括擷取熱顯像攝影機所輸出之大量資料矩陣中，完成欲觀測點於量測時間內平均熱對流係數計算。	

4.法定計量技術發展分項

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
(一) 新版非自動衡器型式認證規範(CNPA 76)研究與修訂			
• 法規相容性研究 (R76 附錄 B 新增部分)	• 完成 R76 附件 B 新增部分研究	• 完成相關非自動衡器電子性能測試規範 OIML R76-1、IEC 61000-4-2 ~ 6 及 ISO 7637-1 ~ 3 之研究分析。產出研究報告「非自動衡器型式認證之 OIML R76-1:2006 電子性能測試研究」。 • 完成 R76 附件 B 新增部分測試可行性評估。 (1) 為符合 2006 年版本的要求，未來衡器業者天平的設計需要再加強電磁耐受性的防護。 (2) 型式認證指定實驗室台灣	• 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		<p>電子檢驗中心(ETC)於OIML R76-1:2006的電性測試，都可執行，但若採模組測試則有許多衡器相關配套措施需要再考量，如測試前模組的處理與測試判斷，及再增加荷重模擬器設備等。</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • 專家座談會辦理 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成專家座談會辦理 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成專家座談會 1 場次辦理，9/23 日邀請衡器型式認證申請主要廠商，討論模組及家族認證的可能性，參與之衡器廠商共 8 家、12 人參與。會議結論考量國內衡器商的需求及現有的測試設備，實際執行傾向以非自動衡器整機的家族認證為優先施行的方案。對於衡器模組測試的作業方式，目前荷重元模組測試國內廠商可能沒有意願，但能與國際接軌也是很好的執行方向，不過相關配套措施須完備。如測試方法、報告整合、技術判定、行政作業等，都是未來仍需協調討論的部分。 • 針對標檢局及各分局完成技術深耕分享座談會辦理。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。
<ul style="list-style-type: none"> • 規範草案擬訂 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成規範草案擬訂。 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成「非自動衡器型式認證技術規範 CNPA 76 (2012)」與「OIML R76-1 (2006)」之差異分析比較表。 • 訪談國內主要衡器製造商共 7 家，蒐集國內衡器商對新版非自動衡器型式認證之模組 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		<p>認證的意見，及拜訪中國大陸及日本執行法定計量非自動衡器型式認證的相關單位，瞭解國外執行法定計量非自動衡器型式認證的管理方法及執行狀況，完成「電子式非自動衡器型式認證技術規範」改版草案建議書擬訂。</p>	
(二) 超音波及轉子式氣量計檢測技術研究			
<ul style="list-style-type: none"> • 超音波氣量計檢定檢查技術開發與驗證 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成超音波氣量計檢定檢查技術開發與驗證 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成超音波氣量計檢定檢查技術開發與驗證。評估結果流量範圍：(10 ~ 300) m³/h、量測不確定度皆低於 0.3 %。 • 完成超音波流量計 0、10、40 及 80 倍直徑四種直管條件，七個流率 (3、7.5、15、30、60、105 及 150 m³/h)，(大至小/小至大)共 6 個循環之測試。未來檢定時只要配置噪整器及 10 倍直管即可確保數據之一致性。 • 完成 OIML R137-1&2 要求之超音波流量計於不同流動擾動情形之數據分析。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。
<ul style="list-style-type: none"> • 轉子式氣量計檢定檢查技術開發與流量計算器驗證 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成轉子式氣量計檢定檢查技術開發 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成轉子式氣量計檢定檢查技術開發。 • 在 10 m³/h (10 % 最大流率) 時 80 倍直管與 0、10 倍直管長度測試結果平均器差差異都大於 1 %，與 40 倍直管測試結果差異也超過 0.8 %，顯示不同直管長度對於此具轉子式流量計測試結果有顯著影響。 • 流率大於 40 m³/h (40 % 最 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
	<ul style="list-style-type: none"> •完成流量計算器驗證 	<p>大流率) 後,轉子式流量計上游接不同直管長度,其測試結果差異並不大。</p> <ul style="list-style-type: none"> •轉子式流量計上游安裝 10 倍直管,其直管前不管接的管路是兩個彎管或加半月型和擴管(小變大),縮管(大變小),其結果與只有 10 倍直管比較都在 0.52 % 以下。 •完成流量計算器驗證。此次選用流量計算器軟體驗證結果器差都在 0.01 % 以下。會造成誤差主要有三方面:A.單位換算造成誤差。B.計算過程小數點進位或捨去造成誤差。C.計算公式造成誤差。此證明流量計算器如果功能正常,準確度一般可以優於 0.01 % •流量計算器初次使用需進行軟體驗證以確保計算結果正確。 •經過檢定檢查驗證的流量計誤差可能只有 1.5 % 以下,但如果是流量計算器出現問題的話,其誤差將大到無法估算。所以流量計算器有必要進行認證與控管,避免人為故意或疏忽造成計量錯誤引起計量糾紛。 	
<ul style="list-style-type: none"> •超音波氣量計檢定檢查技術規範草案研擬 	<ul style="list-style-type: none"> •完成超音波氣量計檢定檢查技術規範草案研擬 	<ul style="list-style-type: none"> •完成超音波氣量計檢定檢查技術規範草案研擬 (a)家用超音波流量計(10 m³/h 以下,耐壓 10 kPa 以下)未來可能與膜式氣量計使用 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		<p>於同一場合，因此使用於計量時適用標準應一致，需進行型式認證與檢定檢查，檢定檢查技術規範比照膜式氣量計納檢要求。</p> <p>(b)檢定檢查技術規範草案分成兩部分撰寫，最大流量 10 m³/h 以下，耐壓 10 kPa 以下後續需型式認證，此部分歸超音波氣量計檢定檢查技術規範草案(小錶)，超出前項範圍之中大流率之超音波流量計則僅進行檢定與檢查，歸超音波氣量計檢定檢查技術規範草案(大錶)。</p>	
<ul style="list-style-type: none"> 研擬轉子式氣量計檢定檢查技術規範草案 	<ul style="list-style-type: none"> 完成轉子式氣量計檢定檢查技術規範草案研擬 	<ul style="list-style-type: none"> 本技術規範以國際法定計量組織 OMIL 的國際建議文件 R137-1&2：2012 Gas meters 和歐盟技術規範文件 EN 14280：2015 Gas meters - Rotary displacement gas meters 為主要技術依據，結合我國轉子式氣量計的現況進行制定。產出轉子式氣量計檢定檢查技術規範草案(大錶)一份。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
(三) 耳溫槍檢測技術研究			
<ul style="list-style-type: none"> 國際規範蒐集研究 	<ul style="list-style-type: none"> 完成耳式體溫計國際規範蒐集研究 	<ul style="list-style-type: none"> 完成美國 ASTM 1965-98 及歐洲 EN 12470-5:2003 等耳式體溫計國際規範研讀，及耳式體溫計最大允許誤差之測試條件差異分析比較表。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。
<ul style="list-style-type: none"> 耳式體溫計測試方法研究 	<ul style="list-style-type: none"> 完成耳式體溫計測試方法程序書研擬 	<ul style="list-style-type: none"> 完成美國 ASTM 1965-98、歐洲 EN 12470-5:2003 及日本 JIS 4207:2005 等標準之耳式 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異分析
		<p>體溫計測試用黑體及建議溫度分析比較。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 依據 ASTM E1965-98 設計測試方法，完成國內外市售耳式體溫計功能性測試，抽測市售 12 支耳式體溫計，在常溫下針對 4 種黑體溫度的準確度進行初步測試，結果顯示超出最大允許誤差約佔 3 成。 • 依據 ASTM 1965-98 完成耳式體溫計測試方法程序書研擬-產出”紅外線耳式體溫計準確度測試程序 -實驗室適用”文件一份。 	
<ul style="list-style-type: none"> • 國內市場現況評估與分析 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成國內耳式體溫計市場現況評估與分析 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成國內醫材分類：J.2910 II 級之臨床電子體溫計市場現況評估與分析，共 49 件。其中有 16 件註銷，29 件係國內生產，7 件進口，23 件大陸進口。 • 拜訪國內耳式體溫計製造廠商，共 10 家，完成國內耳式體溫計市場現況評估與分析。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

5. 量化成果彙總 (計畫四個分項總計)

	產出項目	105 年 目標數	105 年 達成數	說明	104 年 成果	103 年 成果
技術研發	標準系統建立(項)	2	2	新建 2 套。	4	2
	標準系統改良/再評估(項)	40	40		43	62
	論文發表(篇)	國內 55 國外 27	國內 60 國外 47	SCI 10 篇。 詳如附件六。	國內 51 國外 42	國內 63 國外 50
	專利申請(件)	3	4	詳如附件四。	3	3
	專利獲證(件)	1	4	詳如附件四。	3	8
	技術報告(含 ICT/MSVP 撰寫修訂)	122	142	詳如附件七。	173	167
	系統運轉維持(套)	118	117	1 套停止服務。	118	12
	國際合作	1	1			
系統維持	國內追溯(件)	400	589		627	550
	國外追溯(件)	14	21		21	20
	國際比對(項)	8	8		9	12
	新聞發布供稿(則)	4	4		7	6
技術擴散	訪客接待(人次)	120	233		324	237
	計量知識擴散推廣 (說明會/座談會、文物典藏等)	6	7		8	6
	校正服務(件次)	4,000	4,825	詳如附件十。	4,763	4,546
	研討會(場)	10	12	詳如附件八。	12	12
	量測資訊(期)	6	6		6	6
	技術/專利應用(件)	6	23	詳如附件五。	25	21
	技術/專利運用簽約數(仟元)	6,000	5,916	詳如附件五。	6,276	6,087
歲入收入 (千元)	校正服務	41,090	43,640		43,720	40,055
	技術/專利運用推廣 ^{註 1}	--	3,903		4,014	2,043
	書刊供應(量測資訊、技術資料)	280	213		169	249
	研討會、在職訓練	1,000	982		647	708
	專戶利息收入	200	121		161	178
	罰金罰款收入	--	117		177	294
	廢舊物資售價、收回以前年度歲出	--	16		--	91
	歲入合計	42,570	48,992	歲入採百位數四捨五入進位千位數	48,888	43,618

註 1：技術/專利應用金額為 105 年度完成技術/專利授權案繳庫金額總計。

(二)技術交流與合作

1.國際技術合作研究

(1) 與美國NIST進行微型共振腔製作與光梳技術交流研究

莊宜蓁博士續於美國國家標準與技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)物理量測實驗室(Physical Measurement Laboratory)的光頻量測小組(Optical Frequency Measurements Group)，進行微型化鎖相光梳製作。繼去年已看到類似鎖相態光梳後，今年工作重心則將光梳透過電光調制器產生旁模，藉由個別光梳的旁模互相拍頻，可得到低頻的拍頻訊號並於頻譜儀上進行分析。在對100 GHz鎖模態微光梳之特性進行量測方法與特性評估研究中，最重要的是相位雜訊之量測，將光梳與微波拍頻訊號進行放大後，接到相位雜訊分析儀可看到相位雜訊。在1547.02 nm的雷射激發波長下，產生100 GHz的光梳後，經最佳化得到37 dB訊噪比的拍頻訊號，並接到訊號分析儀即看到相位雜訊頻譜，雜訊越小越好，如此即可進行微光梳的最佳化。

(2) 與美國NIST進行「X光前瞻量測技術」合作研究

何柏青博士前往NIST進行X光前瞻量測技術研究，用以解決半導體元件關鍵尺寸(Critical Dimension, CD)量測標準追溯需求，包括膜厚、線距、線寬、階高等參數。目前半導體前瞻製程已發展到10奈米技術節點，然而在此技術節點下，目前尚未有適合的非破壞性檢測方法可進行CD量測。X光經證實可用來精確地檢測到10奈米甚至以下製程節點所需之CD參數量測。本次研究內容分為硬體及軟體兩部份：第一部分是學習NIST之X光機台架構以及操作方法，由於NIST剛換新光源，故前往時有機會協助進行系統性的光源測試及光學元件之校正，包含Slits的校正調整，並藉由不同Slits參數組合進行光源強度及尺寸最佳化，此外還包括光源穩定性測試、X光打於樣品上之尺寸評估，然後進行樣品量測。第二部分則是撰寫程式進行小角度X光散射曲線之擬合，利用Matlab程式透過已知的散射數學模型建立起散射曲線，並進行散射曲線模擬和擬合，擬合結果可以達到小於6 %之誤差。本次合作研究所帶回來之軟硬體經驗將有助於後續機台之建置。

2.受邀演講

(1) 受邀至泰國國家金屬與材料技術中心(MTEC)演講

泰國國家金屬與材料技術中心(National Metal and Materials Technology Center, MTEC)直屬於泰國科技部，為材料相關研究的重要研究單位之一。因MTEC於2016 ~ 2017年間舉辦孔洞奈米粒子之孔徑量測比對活動，於今年六月邀請NML葉育嫻研究員

前往泰國進行技術演講，介紹NML於孔徑及孔隙率量測的技術現況，並分享多次舉辦國際比對活動的經驗。孔洞奈米粒子具有高表面積及可控制的孔徑及孔隙率，已被廣泛應用於觸媒反應及分離程序上，然奈米等級的孔徑量測受孔洞幾何構型、孔洞分布等因素影響甚鉅，量測結果也會因不同的樣品前處理過程而有所不同。本次受邀演講除了分享NML於奈米孔徑量測之相關經驗外，也與該計畫成員一起討論量測上遇到的問題及可能的解決方案，對量測標準的建立及亞太地區的國際標準調和有相當大的助益。

(2) 受邀台北科技大學自動化所進行NML研究活動演講

李浩璋博士受邀至台北科技大學自動化所演講，介紹自動追蹤雷射測距技術，其主要內容為NML相關研究產出。自動追蹤雷射測距技術除可用於工具機、機器手臂量測與校正外，還可應用於大型工件組裝如飛機、船艦以及汽車等。

(3) 受邀至高值化航太工具機聯盟進行高階工具機檢測技術演講

潘善鵬博士獲邀赴高值化航太工具機聯盟會議，講解高階工具機的檢測與補償技術研究專題，期強化國內高值化工具機產業製造能力，與會工具機廠商代表共計12家。

(4) 受邀台南分局擔任世界計量日活動授課講師

林文地正工程師受邀至台南分局擔任世界計量日活動授課講師，介紹膜式氣量計檢定檢查所需技術及進行相關實務訓練，使參加受訓業者了解政府管理措施及對氣量計檢定檢查具備基本概念。

(5) 受邀中原大學擔任2016年膜式氣量計管理制度與測試技術研討會授課講師

林文地正工程師受邀至中原大學擔任2016年膜式氣量計管理制度與測試技術研討會授課講師。介紹兩岸膜式氣量計管理要求與檢測技術等方面之差異，使參加演講業者了解政府最新管理措施及兩岸在氣量計檢定檢查規範差異之原因。

(6) 受邀至先進綠色製程水處理技術與再生循環研討會演講

因應水資源的管理及污廢水排放之環保需求，桓達科技及台灣水環境再生協會於2016/12/8共同辦理水經濟-先進綠色製程水處理技術與再生循環研討會，主要包含科學園區、重工業、化工業、電子業製程技術的污廢水處理、計量與再生水資源循環。NML蘇峻民博士受邀進行污廢水量測應用的技術演講，題目為「污廢水計量標準」，內容包含污廢水排放標準規範、污廢水量測方法及儀表、以及相關流量計量標準與技術等。

4. 博碩士生培訓

- (1)東華大學博士生倪懿池與碩士班鄭德銘參與小型光學式粒子計數(OPC)設計製作，及 OPC 粒徑大小量測研究。
- (2)交通大學博士生劉昱賢完成了壓阻式應變感測電路、電流源驅動電路、電流電壓轉換放大電路與 PWM 驅動電路等之設計與開發，包含電路圖設計繪製、雜訊計算與分析、佈線圖繪製以及電路板焊接與除錯。
- (3)台灣大學博士班藍義信以掃描式電子顯微技術進行奈米有機發光材料及結構之量測研究。磷光有機發光二極體(PhOLED)參雜藍光有機物，濃度為 12 %、15 % 及 18 % 在一系列藍色頻譜證明，顯示其效能非常的高，量子效率超過 20 %。
- (4)交通大學碩士生盧昕逸參與 NML 流量標準系統電腦監控設備更新之研究，協助完成水量計校正程式撰寫，可以自動執行不同流率調節並得以連續進行校正；以及低壓氣體流量校正系統(壓力容積溫度時間校正器)壓力數據篩選程式撰寫，可以將校正過程無需進行分析的大量壓力量測數據進行篩選和排除，並得以減輕後續程式的執行負擔。
- (5)交通大學碩士生陳韋華進行全保偏摻鉕光纖鎖模雷射之研究，以改進非線性偏極旋轉鎖模光纖雷射受環境影響而不鎖模的缺點，雷射架構採用 8 字型雷射共振腔，鎖模機制採用非線性放大環形鏡(Nonlinear Amplifying Loop Mirror, NALM)或是非線性光學環形鏡(Nonlinear Loop Mirror, NOLM)。在非線性環形鏡中加入非對等相位偏差元件後，已經可以自啟動鎖模，重複率達 50 MHz，脈衝寬度 467 fs，輸出功率達 14 mW。但單一週期產生的仍是多脈衝，有待持續改進以達到單一週期產生單一脈衝。
- (6)交通大學博士生趙軒毫參與 1)標準粒子濃度產生模組之測試工作，除建立測試及取樣程序外，並利用不同粒徑之 PSL 標準粒徑奈米粒子進行粒子輸出濃度測試。藉由長時間監測可了解該模組之於粒子濃度產生之穩定性與模組之可靠度，此研究可做為後續評估該模組對產生不同粒徑樣品之標準濃度能力之重要工作。2) K12 型的大腸菌微結構量測研究，使用 AFM 探針，量測經不同基因修飾後的細菌線毛與探針接觸黏滯力。藉定量分析此作用力變化可間接用來了解不同基因型態下之 K12 型的大腸菌與人體細胞之反應作用程度。
- (7)國立交通大學碩士生羅俊道協助進行 1)奈米粒子凝結模組軟體之設計，包含電控程式之開發。於碩士班畢業後攻讀國立交通大學博士班，並持續協助進行奈米粒子凝結模組之測試。包含正丁醇飽和蒸氣溫度量測與奈米粒子凝結效率之測試，溫控回饋電路之設計與改善，此研究可協助凝結模組之最佳化。2)參與利用 X-ray 反射光譜技術研究超薄高介電常數薄膜厚度量測，包含超薄高介電常數薄膜製程與元件開發、X-ray 繞射光譜技術、X-ray 反射光譜技術等。已完成第一階段超薄高介電常數薄膜製程開發，並可利用 X-ray 繞射光譜與反射光譜進行研究，以擴大量測技術應用範

圍。

- (8)台灣科技大學碩士生林昱銘協助執行 1)超薄標準試片厚度量測研究，在二氧化矽薄膜部分，研究厚度從 200 奈米下降至 1.5 奈米，並從事重複性與再現性研究。這些流程與研究可作為後續評估標準樣品或機台能力時的重要工作。2)參與氣膠粒子量測技術應用於溶液中粒子量測研究，除協助霧化器所使用材料之評估與測試，確認以聚醚醚酮(polyetheretherketone, PEEK)為可用於霧化強酸鹼溶液中之奈米粒子之霧化器材料，並從事量測程序之建立，包含霧化氣壓、樣品稀釋倍率及加熱器溫度對量測之影響。這些研究與程序可作為後續評估系統量測能力時的重要工作。
- (9)清華大學碩士生李宗錡，參與非侵入式流量量測之可行性研究，協助完成架設非侵入式流量量測實驗管段，並協助執行後續各項參數調變後之實驗數據蒐集。參與實驗設計方向及相關規劃以及撰寫 LabVIEW 自動化擷取及演算法分析程式，此程式可將熱顯像攝影機所輸出之大量資料矩陣進行自動化分析，大幅減少實驗分析時間。

(三) 標準量測系統維持情形

表 0-2-1、105 年度 NML 標準量測系統維持情形 (105/12/31 止)

項次	領域別	代碼別	系統數 104/12/31	105 年度間	系統數 105/11/30
1	聲量	A--	4		4
2	磁量	B--	3		3
3	化學	C--	6		6
4	長度	D--	25		25
5	電量	E--	26		26
6	流量	F--	11		11
7	濕度	H--	1		1
8	真空	L--	2		2
9	質量	M--	4		4
10	力量	N--	11		11
11	光量	O--	8		8
12	壓力	P--	4		4
13	溫度	T--	4		4
14	微波	U--	4	U08 停止服務 (104.9 局同意， 105.2 財政部公告)	3
15	振動	V--	5		5
合計			118		117

◎以財政部『度量衡規費收費標準』公告，計入系統數

104 年度申請「電磁波能量吸收比探頭校正系統(U08)」系統停止服務，105 年 2 月財政部『度量衡規費收費標準』公告，即完成系統註銷，因此 105/11/30 止法定系統維持數為 117 套。

105 年 5 月申請「單相交流電功率量測系統(E18)」、「單相交流電能量測系統(E19)」、「三相交流電能量測系統(E20)」及「三相交流電功率量測系統(E26)」合併為「單相交流電功率量測系統(E18)」，同時亦申請「高頻介電常數量測系統(E30)」、「微波散射參數及阻抗量測系統(U02)」系統合併為「微波散射參數及阻抗量測系統(U02)」，105 年 6 月獲局同意，俟 106 年『度量衡規費收費標準』公告，將完成合併。

另本年度由民生化學計量標準計畫及本計畫計完成 4 套擴建「質量法高壓混合氣體供應驗證系統(C08)」、「奈米粒子功能性量測系統(D27)」、「三相交流電能量測系統(E20)」及「三相交流電功率量測系統(E26)」及 3 套新建「甲醛氣體分析設備校正系統(C11)」、「質量法環境荷爾蒙供應驗證系統(C12)」、「座標量測儀校正系統(D29)」，105 年度已進行系統查驗及獲局同意，並完成規費報部程序，俟 106 年『度量衡規費收費標準』公告，將對外提供服務。

肆、計畫變更說明

全年度辦理計畫變更情形如下：

項次	變更內容	申請變更文號	標檢局回覆同意備查文號
0	提名國家度量衡標準實驗室主任	105年02月04日工研量字第1050002136號	105年02月19日經標四字第10500513710號
1	計畫主持人變更	105年02月03日工研量字第1050002142號	105年02月16日經標四字第10500513200號
2	出國計畫變更	105年04月14日工研量字第1050006156號	105年04月29日經標四字第10500550970號
3	出國計畫變更	105年05月19日工研量字第1050008241號	105年06月07日經標四字第10500561950號
4	出國計畫變更	105年08月03日工研量字第1050012767號	105年08月19日經標四字第10500589180號
5	出國計畫變更	105年09月14日工研量字第1050015349號	105年10月11日經標四字第10500605150號
6	出國計畫變更	105年10月07日工研量字第1050016461號	105年10月17日經標四字第10500613310號
7	申請計畫變更期限展延至12月20日	105年09月26日工研量字第1050015799號	105年11月01日經標四字第10540019270號
8	申請經常經費流出至資本門	105年12月19日工研量字第1050021396號	105年12月30日經標四字第10500640910號

註：1.項次0，非契約內需辦計畫變更事項

2.有關出國事宜經濟部102年10月起授於各局處管理，如出國任務、地點、時間、天數、項次之預算增加及配合調減勻支給該項次之項目，均需向局辦理變更報准同意，因此變更項次較多。

標檢局來函通知辦理契約書變更事宜如下：

項次	變更內容	標檢局通知依據
1	1.因排除通案刪減合計數在新臺幣5,000萬元以下者，毋須專案報行政院核定後始得動支經費，爰修正契約書，第4次付款含動支準備數。 2.新增乙方自行印製使用之「自行收納款項收據」應向甲方報准。	105年08月05日經標四字第10540013310號
2	新增甲方如有業務需要，得請乙方派遣駐點人員協助處理計畫所需文書作業及行政性工作，及相關遵守事項。	105年10月19日經標四字第10500610810號

伍、成果說明

一、標準維持與服務分項

本分項藉由產業服務、國際等同及系統維持三大項工作之開展，遵循度量衡法所賦予之劃一全國度量衡標準之任務，建立、維持及傳遞國家最高量測標準，以滿足業界量測儀器追溯校正需求，各項工作執行成果分述如下：

(一)、產業服務

藉由「校正服務」與「計量技術知識擴散」兩大工作項目執行，維持我國量測追溯體系內所需之品質活動，及計量人員培育和計量知識之推廣。

1. 維持117套系統，提供業界校正服務

本年度NML共提供4825件之校正服務，除落實檢校體制提供二級校正/測試實驗室校正追溯外，另提供政府機關執行法規或政策所需之儀器或設備之公信力。其中，本年度免費提供標檢局及各分局之校正需求共153件，校正金額1,802千元。今年度之校正服務中，長度、電量、光量及流量所提供的服務佔NML年校正量61%，亦表示目前臺灣產業的脈動趨勢，其中長度與電量屬於應用最廣的領域，佔NML年校正量的44%，光量則是符合綠色產業需求約佔9%，至於流量主要配合中油體系完整追溯鏈佔8%，其次聲量、磁量則是多著重在滿足民生類之校正需求，力量則仍維持在傳統產業、進出口運輸等之校正需求。

服務產業分類項目如表1-1-1所示，NML按重點產業重新歸納原有的產業分類，得對應之產業重點分析如圖1-1-2。根據NML歷年校正量對照產業分佈來看，NML服務二級校正/測試實驗室與代理商的校正量約佔50%左右，而另一半則是支撐著台灣重點產業。臺灣檢校體制仍著重在技術門檻低的校正服務，一般二級實驗室未能跟上產業升級以服務新興或者高科技產業，因為高科技產業之校正通常費時、需要高專業度人才以及投資高昂的設備，多半短期內無法立即回收成本，較無利可圖，因此這部分仍由NML本著國家賦予之任務，繼續維持其校正服務。

表 1-1-1、校正服務對象項目分類

項目	細分類
金屬機械工業	機械、交通車輛、金屬/原材
資訊電子工業	光電、半導體、3C、電機、電子
化學工業	環境衛生、生技、能源、塑化
校正測試	政府機關、研究機構、學術單位、校正檢測實驗室/公司
儀器/代理商	儀器製造商、代理商
其它	食品、紡織、國防、建材等

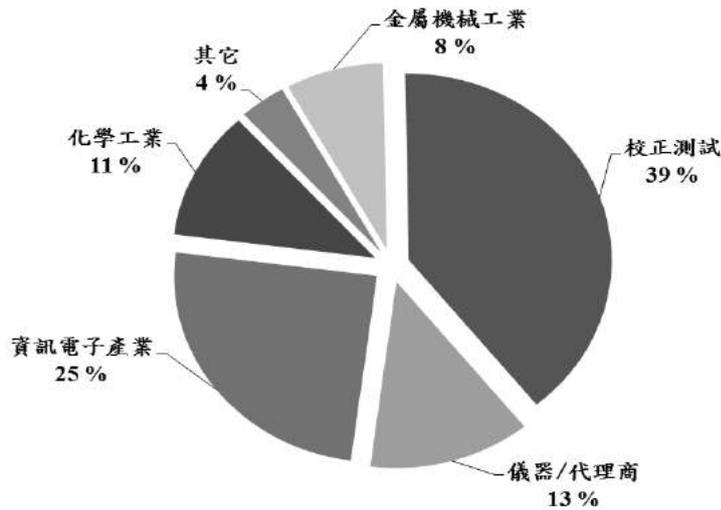


圖 1-1-1、NML 校正服務重點產業分佈圖

校正服務執行效益說明如下。

(1) 維持國內檢校體系運轉與各產業產品品質之確保

NML 任務之一在維持我國量測追溯體系之正常運轉(如圖 1-1-2)，本年度提供 4825 件校正服務，繳庫數約新台幣 43,640 千元，其中直接/間接服務全國認證基金會(TAF)認可之二級校正及測試實驗室與廠商，標準傳遞服務全國檢測驗證 600 萬件次以上，檢測案件保守估計以每件 3,000 元計價，NML 每年則支援逾數百億元之檢測市場，間接影響國家「機械、電子電機及資通訊」等產業仟億之外銷產品。產業/民生應用效益列舉如下：

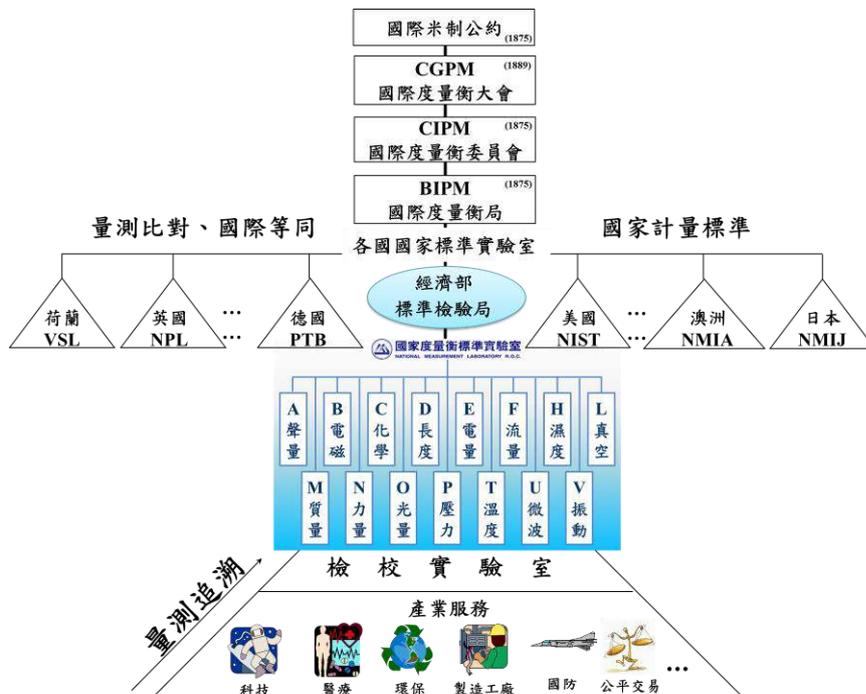


圖1-1-2、我國量測追溯體系

- 精密儀器設備商服務擴散

以知名儀器三 O 公司為例，其校正實驗室之標準件(標準尺、角尺、表粗及真圓度)，每年送 NML 校正約 25 件，校正費約 25 萬元，該公司藉此送 NML 校正件，提供國內約 480 家企業，服務之校正收入每年約為 1000 萬，為企業各機電產業的產品品質把關，衍生效益約 40 倍。NML 提供之校正服務，協助建立企業內各廠量測的一致性，使其在研發、生產過程之長度值具追溯性，也做為工廠進料、驗收之準則，真正做到為公司以及其所銷售至各機電產業的產品品質把關。

- 精密機械製造商服務擴散

臺灣機械公會與漢 O 策略聯盟於 2016 年 11 月 10 日簽署合作意向書，啟動臺灣精密機械與航太跨業合作。漢 O 釋出”機製加工模具訂單”給上 O、永 O、葳 O、慶 O 等廠商，初估金額在 20~30 億元。為維持模具尺寸標準，對於加工機與檢驗儀器，均須用雷射干涉儀提供校正，上述廠商之雷射干涉儀均追溯至 NML 以達到尺寸標準之一致。此外，包括工研院智慧機械科技中心、中山科學研究院機械研究所、盟 O 自動化股份有限公司及高 O 自動化公司等，其工具機之五軸尺寸標準亦來自 NML 雷射干涉儀校正系統。同時，NML 也協助國立勤 O 科技大學、國立虎 O 科技大學，將雷射干涉儀之應用與校正技術應用於產學平台，藉由提供精密尺寸追溯，協助提升國內加工機之準確度與性能。

- 資通訊製造商服務擴散

華 O 科技專注於數位相機產品的研發與製造，曾經是全球最大數位相機設計與製造大廠。近年來，該公司陸續投入創新且多元化數位影像新興應用市場，包括由 LG 推出的智慧機器人球的研發。目前該公司產品定位在智能家居產品，可透過手機遙控能連結網路觀察家裡的狀況，亦能遙控家中的家電，未來更可以作機器設備的巡檢，深入人無法到達之處協助救災。該公司技術團隊除了針對影像技術的開發，在研發過程中遇到的音響特性上的問題，例如頻率響應、諧波失真及音量大小等功能的確認或是產品銷售的低噪音要求，均經由 NML 聲學校正實驗室提供產品音響特性的追溯校正服務，協助廠商開發產品時，錄音、播音功能及產品噪音等問題的解決方案，使產品得以順利推出，目前該公司產品在新興數位產品應用市場已佔有 50% 以上的營收比例。

- 電機檢驗設備商服務擴散

制 O 公司專營馬達及電機產品特性檢驗設備、耐久測試設備、冷氣機、壓縮機、冰水機性能測試設備等自動測試系統之設計及製造。其客戶群包括：松 O、大 O、東 O、日 O、士 O 電機、台 O 電機及中 O 電工等國內知名電機大廠。

為確保產品售後服務時之定期檢驗校正能符合 ISO 及國際規範要求，該公司在 NML 電量實驗室協助下建立直流電壓、直流電流、電阻及交流高壓等電量校正系統，並通過 TAF 認證，可針對已售出之檢測設備產品提供定期到廠校正服務，並出具 TAF

認可之校正報告。由於 NML 提供該公司標準件校正與追溯，除確保該公司電量校正實驗室之標準儀器的量測準確性及追溯性符合 TAF 認證要求外，並進一步協助該公司中高階產品研發及製造時的規格測試與確認，提升產品品質及市場競爭性。因此，成功將產品打進泰國、菲律賓、越南、以及馬來西亞等東南亞市場。該公司亦決定陸續再增設具 NML 追溯性之電量相關校正能量，以協助公司持續提升業績。

- 水資源計量管理服務擴散

行政院於推動的用水節約計畫中表示，每省下一度水便可減少 0.207 公斤的二氧化碳排放量，並且節省至少 11.31 元的水費。玖 O 公司專營冷凍空調相關閥類水量計製造生產及檢測等，在 NML 協助下建立大水流量校正系統並通過 TAF 認證，提供電磁式流量計校正追溯，使其設備符合水量計檢定檢查規範的 C 級水量計檢驗標準，計量更準確，檢測範圍與口徑更廣泛(25 mm 至 2000 mm 水量計)，確保了檢定/檢查的準確度及糾紛鑑定的公信力。並使得國內在水資源分配與管理扮演重要角色之大口徑水量計的校驗需求缺口得以填補。

- (2) 在全球相互認可協議(CIPM MRA)之架構下，提供國際認可之英文校正報告，共113份，協助廠商拓展國際市場。

提供國外公司或實驗室國際認可之英文報告

- 印尼國家標準實驗室(RCM-LIPI)除流量標準件追溯至NML，今年並增加長度標準件之追溯校正。
- Emerson公司(集團)是Micro Motion科氏力流量計、Daniel超音波流量計、Rosemount溫度及壓力計等四種石化產業普遍使用全世界最大儀錶的生產廠家。NML的高壓氣體流量英文報告係提供Emerson公司做為其所發展之新型F系列科氏力式流量計之性能驗證的參考使用，使NML成為國際大廠重要的策略夥伴，亦顯示NML的技術倍受肯定。
- UL Japan為UL在日本實驗室，提供當地客戶進行安規之服務。由於日本國家實驗室並未提供光澤度校正，因此每年固定送至NML進行校正。提供英文校正報告，以符合其國外客戶之需求。
- Azbil Kimmon公司為日本前三大的瓦斯錶製造商，也是世界知名的膜式氣量計製造廠商，其建置了一套氣體大流量標準系統作為流量的標準，完成建置後計畫進行ISO 17025的認證，要通過認證需要進行量測稽核，由於日本沒有這麼大流量的氣體流量標準，所以Azbil將流量計送至NML進行量測稽核，顯示NML流量領域的量測品質與能力受到國際肯定。

直接提供國內產業具具國際認可之英文報告

- 台O公司為全球最大交換式電源供應器廠商，主要客戶有電腦大廠DELL、APPLE、Fujitsu、HP、IBM、微軟、遊戲機大廠SONY、通訊設備廠Cisco等知名品牌科技大廠。其生產的車載充電器供應美國三大車廠通用汽車(GM)、福特(Ford)和克萊斯勒(Chrysler)。其聲音實驗室已經由外國客戶DELL認證，NML所提供國際認可之英文校正報告，協助其符合通過業主審查(Audit)，獲得國際大廠訂單。
- 東O電機已由傳統的重電、家電產業，邁向全球化的科技企業，事業版圖橫跨全球五大洲、三十餘國，合作的夥伴包括美國奇異、日本安川、美國西屋、瑞典易利信、日本三菱、NEC、美國柯達伊仕曼及德國G&D等公司。藉由NML所提供之英文校正報告，1)滿足該公司申請UL認證之需求，2)確保該公司內部各國測試實驗室之報告具一致性，3)提供國外客戶具國際等同性之校正報告，免除再校之金錢及時間成本，拓展國際市場。
- 制O公司主要產品包括電氣用品自動測試系統、電機產品測試系統、空調設備性能測試系統、生產線上自動化檢驗設備、綜合電器特性試驗設備、線圈綜合試驗器、電腦化馬達轉矩測試器。這些設備系統除了內銷，亦外銷東南亞、韓國、泰國、菲律賓及日本等國家，且國外買家都會要求制O公司出具設備系統之校驗報告，並要求該報告可追溯至國家實驗室，因此NML提供其英文校正報告，有助於其產品於國際市場銷售。
- 世O電子股份有限公司主要產品為電機/環保測試儀器，設備系統在外銷之際，國外買家都會要求該公司出具測試儀器之校驗報告，並要求該校驗報告可追溯至國家實驗室，以獲得歐美CE與UL認證，OEM/ODM行銷全世界。因此NML提供其英文校正報告，有助於其產品於國際市場銷售。
- 陽O公司是國內第一家依英國標準BS 7346 part II、BS 848、德國DIN EN 12101-3及ISO5801，經德國萊因技術監護顧問(TUV)公司驗證的實驗室，亦獲得ISO 9001國際品質認證及全國認證基金會(TAF)評鑑，同時取得AMCA及UL認證通過之測試實驗室。產品包含各種高溫與常溫風機，排煙閘門、百葉，消音箱及防煙垂壁等，藉由NML所提供之英文校正報告，確保該公司的產品品質，並藉此國際等同性之校正報告，獲得全球顧客之肯定與信任，朝向國際化的經營。
- 和O機械為專業的通風設備製造商，以創新及品質著稱立足於市場，每年亦投入大量資金於新工法及新產品的開發，產品包括送排風機、消音箱、風門等，測試實驗室並通過全國認證基金會(TAF)評鑑，藉由NML所提供國外客戶具國際等同性之英文校正報告，有助於產品行銷於國際市場。
- 帝O公司為車燈製造大廠，產品遍佈全世界。曾榮獲第六屆國家磐石獎，取得ECE、SAE、MQVP、TS 16949之認證及ISO 9001、QS 9000、ISO 14001證書；2005年至2010年連續6年榮獲國際品牌評鑑機構評選為「臺灣20大國際品牌」。並以自有品牌車燈銷售全球AM市場，為全球AM車燈市場龍頭企業。NML提供之英文校正報告，確立

其量測車燈規格之儀器於國際上具可追溯性，有助於該產品在國際市場銷售。

- 挪威商聯O驗證股份有限公司(Nemko AS)臺灣分公司(Nemko AS Taiwan Branch)，於1994年成立。為國際指定具有發證能力且參與安全標準制訂的公告認證機構(Notified Body)，亦是NCS/EMKO北歐認證委員CCA-歐洲電氣標準委員會、CB-國際電工協會、NCB國際及國家級的安規認證機構之組織委員，同時亦為SWEDAC 及TCO所認可之實驗室。提供有關資訊、通訊、光電、視訊、家電、醫療器材、測試儀器、防爆設備、照明/燈飾、機械設備、電動工具、電子零組件等類產品之國際性安規測試及認證、電磁相容性測試、環境測試、人體工學測試及 ISO 9001、ISO 9002、ISO 14001 及EMAS等認證服務。直接在地提供具國際等同之英文校正報告，縮短校正追溯之時程。
- 康O有限公司因其客戶為美國航運公司，船隻貨運往返於全世各大國家之港口，該校正件係用於貨物吊卸秤重，為維持船隻之平衡，裝載貨物必須知道載物重量，甚至貨品涉及商品交易及貨運費計價。故必須取得相關英文校正證明，以確保載運之安全性及交易之公平性。
- 曄O橡膠檢測儀器公司，為國內二級校正實驗室，提供客戶到廠遊校之服務，送校之荷重元係用於材料試驗機等及其他相關之力量檢驗，提供英文校正報告，有助於經營外商客戶及申請國際相關認證。
- 中O股份有限公司為國際公司，主要產品鋼鐵製品，行銷於全世界。該產品為取得國際客戶之認可，相關品質之英文檢驗報告尤其重要。中O公司送校之荷重元係用於產品檢驗之依據，有關產品之抗壓強度及抗拉強度等，均須附檢驗證明、數據、及依據。

2. 520世界計量日相關活動

1875年5月20日，17個國家在法國巴黎共同簽署了「米制公約」(Metre Convention)，這是跨政府間簽署的共同協議—承諾全球範圍內採用國際單位制及保證量測結果的一致性。140多年來，國際米制公約建立了全球精準與可追溯的量測架構的成就。時至今日，更延伸到廣泛的國際量測標準，甚至連完全不同的生物標準及奈米科技都感受到它的重要性。為了紀念這個意義深大的日子，在1999年第21屆國際計量大會中，決定把每年的5月20日訂為「世界計量日」。

今年與國際同步迎接「世界計量日」的到來，配合國際計量組織今年「動態世界的量測」(Measurements in a dynamic world)，NML協助標準檢驗局於5月18日在工業技術研究院舉辦「國際計量發展趨勢研討會」，本次研討會由經濟部卓士昭次長致詞揭開序幕，另外邀請到國際度量衡委員會(CIPM)秘書長Dr. James McLaren蒞臨擔任此次研討會貴賓，與在場各界專家分享計量標準在工業與貿易上的重要性；同時華碩電腦(股)公司策略研究室全

球副總裁葉嗣平先生，演講量測在物聯網世代的新思維，揭露物聯網有關的量測概念、儀器機具及其應用之未來藍圖。為加強業界及社會大眾對計量這項既傳統又先進技術的瞭解，本次研討會也特別安排與會人士參觀國家度量衡標準實驗室，藉由實體的參觀與說明增進參與者對計量是如何在動態的世界裡巧妙發揮功能而得到更多的認識。



圖1-1-3、520世界計量日貴賓合照

3. 文物數位典藏網資料擴充及度量衡科普教育推廣

本項工作為配合經濟部標準檢驗局文物典藏保存及知識宣導與推廣之目的，就該局度量衡、商品檢驗與標準之文物(包括檢測設備、重要文書、照片、口述歷史等)進行文物數位化、文物研究、建物數位化、數位網站維護與更新，以及開發「度量衡探索箱」科普教材並至偏遠地區進行度量衡科學知識之宣傳與推廣。各項工作成果說明如下：

(1) 更新文物數位典藏網站度量衡文物之詮釋資料

更新立體文物合計 20 件含詮釋資料，包括文物之中、英文名稱，鑑定項目(長、寬、高、製造者、年代)及文物功能/用途、特色描述。詳如「公平與安全建構之路：標準、檢驗、度量衡文物數位典藏網站」(<http://asmi.nstm.gov.tw/home.aspx>)。



(a) 尖銳邊緣測試器



(b) 眼鏡耐衝撞試驗台

圖1-1-4、立體文物照片

(2) 專家口述歷史訪談

專家口述歷史目的為文物史料調查，藉由訪談過程中配合實地文物史料調查，或由受訪者提供與訪談主題相關之實體物件、照片、檔案、文獻、影音資料等，建立史料調查檔案。「專家」身分以度量衡、商品檢驗、標準之發展有重要貢獻的人物，或與重要事件或業務之發展有關的人物為優先訪談對象。本年度共訪問9人，如表 1-1-2。

表 1-1-2、口述歷史訪談專家一覽表

項目	受訪者	主要經歷	領域
1	李春榮	經濟部標準檢驗局第七組前組長(民國 97 年~105 年)	度量衡
2	范姜正廷	前經濟部商品檢驗局 科長(民國 84 年~93 年)；現任全國認證基金會(TAF)副執行長	商品檢驗
3	葉甦	前經濟部商品檢驗局 科長(民國 79 年~84 年)	商品檢驗
4	黃演鈔	前經濟部商品檢驗局局長(民國 75 年~82 年)	商品檢驗
5	梁恒德	前台北市度量衡檢定所 所長(民國 83 年~88 年)	度量衡
6	郭人參	松山度量衡器第一代經營者；台北市度量衡公會前理事長	度量衡
7	蔡竹根	經濟部中央標準局(民國 49 年~88 年)	智慧財產
8	蔡文彬	前台灣省度量衡檢定所台南檢定站 檢定員	度量衡
9	施清雲	前台灣省度量衡檢定所台南檢定站 檢定員	度量衡

(3) 度量衡探索箱、教具、教材及探索手冊之開發製作，進行偏鄉教育活動

完成度量衡探索箱之開發，包含度-長度(度長絜大)、量-容量(容量的量測與檢定)、衡-容積(秤心如意)的計量科學概念與量測方法。「秤心如意」活動透過讓小朋友實際操作天平、彈簧秤、桿秤、電子秤等稱重工具來了解重量的觀念，並藉由實際體驗的過程，了解不同衡器的優缺點並能瞭解秤重的科學原理。「度長絜大」活動透過實際長度尺的使用以及測量各種不同長度的過程，培養兒童對長度的概念，並透過長度的故事來引發兒童對長度觀念的重視。「容量的量測與檢定」介紹公乘、公石、公斗、公升、公合、公勺、公撮等容量單位，透過加油站應用的實際案例，讓容量單位的概念更具體化。所開發之教具、教材、手冊提供給花蓮忠孝國小、新城國小、吳江國小等偏鄉小學，並至該校進行小小解說員訓練，利用解說員培訓擴大教具使用效益，讓校內各年級在課外活動時間，可以透過度量衡探索箱，學習計量科學相關知識，達到科普教育的目的。

本教育活動共計 43 天(約 328 小時的教育推廣)，提供偏遠地區學校科學與科技教育的教學資源，以縮短城鄉教育資源落差，讓度量衡的科普概念有更廣的延伸。三所學校推廣時程如下。

- 9/19 日~10/21 日忠孝國小推廣共 23 天(不含假日、9/28 日颱風假、10/10 日國慶日)

- 10/24 日~11/18 日新城國小推廣共 20 天(不含假日)
- 11/21 日~12/16 日 20 天(160 小時)於花蓮縣吳江國小持續辦理到校推廣



圖1-1-5、度量衡偏鄉教育活動

「秤」心如意

看一看
你知道什麼是磅秤嗎？磅秤是用來測量物體重量的工具。想一想，這些磅秤你是在哪裡見過？你知道怎麼使用嗎？

試一試
請同學找 1 樣物體，憑你的感覺量一下它有多重？接著，使用桌上的各種磅秤量量看吧！你的估算準確？各個磅秤量出來的結果相同嗎？哪個結果最讓你信服？為什麼？請注意！每種磅秤有它的測量原理，最大、最小秤量值，以及刻度間距（精密度），這些特性是否影響你測量的結果？

為什麼
秤量的原理主要可以分成兩種：一是利用「槓桿平衡原理」，二是利用「變形形狀變化原理」（虎克定律）。磅秤、彈簧天平都利用前者原理，但電子磅是後者；彈簧秤、磅秤則是利用前者原理，電子秤也是利用後者原理；磅秤是變化槓桿成電子磅的磅秤發明！

度長絜大

看一看
1. 同學們請細細看這些尺，它們叫「度量尺」，是量測長度時所用的器具，你見過哪些？
2. 請測量，這根 X 型的金屬棒是什麼？你見過它嗎？它可是象徵 1 件劃時代的重要大事呢！

試一試
請挑選 1 種度量尺，完成指定物體的長度量測，並利用單位換算，試著將紀錄卡填滿吧！哪些單位換算起來容易？哪些換算困難呢？

為什麼
發現了嗎？「米（m，又叫公尺）」和「厘米（cm，俗稱公分）」經常作為度量的單位，它們都是國際單位制的單位，國際單位制的前身是公制，因為每十進位，換算方便等優點，目前在國際上最為通用，而該 X 型的「公尺尺原標」，就是見證 1924 年後國際進行公制的重要里程碑！公尺 X 型，是避免因熱漲冷縮造成原標改變，影響長度。

容量的量測與檢定

看一看
下圖是加油站的基本構造，你標指出它們對應到磅秤量衡的哪部分構造？

試一試
試試看，操作加油機，將油桶放入標準量杯中，將把手提到底，以大號量杯水加到量杯，直到到達 10L 刻度處。比比看，油量計的數值是否等於 10L？

為什麼
加油機不給標準的原因可能來自於管理疏忽，油量表不精準或被篡改等問題，因此在日常生活中，加油站的量杯加油機與同本會發現標準檢驗局的特定量定標檢定，確保加油機的計量符合標準，保障消費公平權益。下次去加油站時，別忘了看量杯的標上是否有在合格範圍內的「准」字樣標識！

圖1-1-6、度量衡探索箱之開發教材

(4) 度量衡技術/知識推廣海報

製作度量衡技術/知識推廣海報，包括以簡易圖表介紹我國量測追溯體系及國家度量衡標準實驗室如何完成基本單位的實現與導引等；國際單位制(International System of Units, SI Unit)七個基本單位結合獨創的 SI 寶寶，以漫畫的方式輕鬆解碼公尺、公斤、秒、安培、克耳文、莫耳、燭光的科學定義。於 NML 網站發佈及訪客接待介紹，以作為計量知識普及推廣。



圖1-1-7、量測追溯體系及基本單位介紹

4. NML廣宣小手冊

完成NML廣宣小手冊製作，以「計量標準穩品質、優質生活定價值」為主題，內容涵蓋國家度量衡標準實驗室(NML)、國家時間與頻率標準實驗室(NTFSL)及國家游離輻射標準實驗室(NRSL)在產業與民生上的應用與效益。

國家計量標準是以計量科學為發展基礎，提供半導體高階製程、精密機械、綠色能源等產業發展所需之量測技術，提升產業國際競爭力；同時，延伸至LED 路燈照明、環境空氣品質、電力、綠能、防疫、醫療品質、時間校正、交通運輸等檢測系統與技術的開發及應用，為臺灣建構永續發展的環境。



圖1-1-8、NML廣宣小手冊

5. 訪客接待

年度共接待來自美國環保署、國際度量衡委員會(CIPM)秘書、香港標準及校正實驗室、環保署監資處、史瓦濟蘭王國代表團、上銀集團及元智大學等23批共233人次訪客參觀實驗室，藉以推廣國家度量衡標準實驗室之存在功能，建立良性互動關係。以友邦史瓦濟蘭王國代表團及中山醫大參訪為例，成果說明如下。

(1) 史瓦濟蘭王國代表團接待

NML於7/27日接待友邦史瓦濟蘭王國代表團一行5人，來訪貴賓為史瓦濟蘭工商貿易部(Ministry of Commerce, Industry and Trade)度量衡相關單位官員。該團接受我外交部安排，來台接受標準訂定、技術性檢驗法規訂定流程、度量衡法規訂定、國際合作及WTO/TBT業務等訓練課程，為期一週，參觀國家度量衡標準實驗室亦為訓練課程之一。

針對該國所需，NML提供訪問團內容有二，其一是如何建置符合ISO/IEC 17025:2005及ISO Guide 34:2009國際規範的品質系統；其二則是參觀國家最高流量標準系統，因流量標準可廣泛地應用在水、汽油、天然氣等與民生相關之精準計量上，與國家的經濟發展、民生息息相關，期能以標準技術協助政府與國際伙伴推展實質科技合作關係。此參訪後續NML與TAF均已派專人前往史瓦濟蘭當地瞭解建立實驗室之需求，為臺灣與邦交國的外交關係維繫盡一己之力。



圖1-1-9、史瓦濟蘭王國代表團接待

(2) 中山醫學大學參訪

中山醫學大學於11/2日參訪NML，為使參訪學生對醫學計量標準有一定的認知，又能與學生產生互動教學，特別挑選與醫療體系相關之技術，如「度量衡歷史沿革介紹」、「血壓模擬器實驗室」以及「耳溫計的校正與使用」。透過此課外教學，除可推廣NML校正業務外，亦可廣宣醫療器材校正的重要性。



圖1-1-10、中山醫學大學參訪

6. 辦理技術訓練課程及推廣活動

辦理電量、長度、振動、力量及品質等相關收費課程，共12場、169家廠商、296人參加(附件八)，協助產業培養計量技術人員，以確保內部品質與技術系統之正常運轉。另配合產業技術現況需求及技術成果與未來規劃，辦理5場技術推廣活動及1場校正服務能量精進成果發表會，茲就5場技術推廣活動說明如下：

- 精密溫度熱源與熱物性量測技術擴散1場次

在能源議題備受全球關注的今日，如何有效的進行熱管理與提高能源使用率已刻不容緩。為了降低能量在傳輸過程中的損失，相關節能與隔熱材料的開發勢必激增，因此快速而精密的鑑別新材料隔熱效能的熱導率量測技術將成為重要的檢測需求。此外，精密的溫控與提供標準溫度熱源為能源優化與精密製造業發展之重點訴求，其應用領域橫跨食品、生醫、半導體與工具機等重要產業，在各類製造品質與量測準確度要求日益提高之際，合適的精密標準溫度熱源裝置技術不僅極為重要，正確的使用方法與量測品質的評估，更是目前提升製造技術與創新改良不可或缺的重要工具與基石。

NML 於 3/30 日舉辦「2016 年精密溫度熱源與熱物性量測技術研討會」，以生醫、工業用的標準熱源裝置與節能隔熱產業用的熱導率量測技術產品為主軸，展示最新研發成果，推廣精密溫度熱源與熱物性量測技術與應用。



圖1-1-11、精密溫度熱源與熱物性量測技術擴散

- 智慧機械應用技術擴散3場次

機械產業在我國與全球均佔有重要地位，行政院已於去年開始大力推動我國生產力 4.0 的發展，今後如何整合 IT 產業，結合智慧機械、機器人、感測器、大數據及物聯網等技術，啟動智慧機械製造，打造智慧製造產業鏈，是目前產官學研各界攜手努力的方向。NML 與臺灣機械工業同業公會、財團法人精密機械研究發展中心合作，分別於 4/12 日、4/22 日及 4/29 日於台北、台中及台南三地舉辦「智慧機械應用技術發表會」，發表會主題包括(1)智慧機械製造檢測技術(2)振動感測元件應用於智慧機械製造與(3)光學分割影像技術應用於工件量測介紹光學分割影像技術應用於工件量測，期能協助國內產業提升產能與競爭力。



圖1-1-12、智慧機械應用技術擴散

- 精密機械計量技術擴散1場次

近年來，臺灣生產力 4.0、德國工業 4.0、美國 AMP 計畫、日本人機共存未來工廠、韓國下世代智慧型工廠或是中國大陸十三五計畫等，規畫皆是透過智慧機器、物聯網與大數據等技術，推動產業設備智能化、工廠智慧化與系統虛實化整合發展。以工具機為例，建立「工具機智慧化虛擬設計及製程應用技術開發」平台，其目的在於縮短機台設計開發時程、結構優化設計、應用線上偵測及大數據技術，推估最佳化機台產能利用率的機台維修時機以提升產能。為達此目的，工具機線上檢測計量技術是必要的，例如工具機運動幾何結構變化與運動誤差量測，透過三維空間量測技術，量測幾何結構在不同負載下的變化，可看出工具機剛性不足處，進而加以改良、提升可靠度，在眾多的量測技術中，自動追蹤雷射測距技術將是不可或缺的。除此之外，線上量測與診斷、預測技術，也是智能化工具機發展的重點項目。

中部地區為臺灣精密機械廠商匯集地，同時也孕育出綿密的上、中、下游關聯產業之供應鏈體系，搭配周邊的產、學、研，成功發展出精密機械產業聚落。因此 NML 於 8/23 日假台中舉辦「2016 精密機械計量技術研討會」，介紹工具機空間量測技術及其優點外，並介紹相關 NML 新建校正系統、光梳絕對測距技術以及光學式工具機旋轉軸之**準確度**測試技術，與中部機械產業重點大學逢甲大學、中興大學機械系、勤益科技大學等，分享智慧工具機、智慧製造等相關研究成果，助於國內工具機智慧化

以及品質與性價比提升。



圖1-1-13、精密機械計量技術

7. 支援標準檢驗局(BSMI)及TAF活動辦理度量衡人員相關訓練活動

(1) 支援標準檢驗局業務

- 2/1日以速件處理民眾申訴醫療院所電子身高計準確性之校正問題，協助消弭民怨。源於參加國家考試之一考生，通過第一關筆試後，進入第二關身高測量時，量得其身高為159.5公分，未能錄取，故向立法委員申訴醫療院所之電子身高計是否準確，經BSMI四組詢問電子身高計的追溯議題。NML研擬三種校正方案(如表1-1-3)，經分析，根據醫療院所電子身高計之**準確度**規格，決定採行手持式雷射位移計和標準桿兩種方式進行校正。因為NML並無標準桿，故緊急委託製作4個尺寸之標準桿(1580 mm、1590 mm、1600 mm、1610 mm)，並以「長尺校正系統(D17)」進行校正。為確保校正方案可行，採用經校正的手持式雷射位移計與標準桿至工研院之護理站進行模擬校正，確認標準桿的校正方法可行並且能夠獲得準確之校正結果，差異 ± 0.5 mm，故將此方法提供於BSMI四組作為備詢之用。

表1-1-3、電子身高計之校正方案研擬

校正方法	規格	優劣分析
手持式雷射位移計	<ul style="list-style-type: none"> ● 量測解析度 1 mm ● 準確度± 2 mm ● 可追溯至長尺校正系統(D17) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 方便架設使用 ● 需搭配伸縮桿頂住身高計
標準桿	<ul style="list-style-type: none"> ● 依量測點尺寸使用固定長度標準件 ● 準確度± 0.5 mm ● 可追溯至長尺校正系統(D17) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 方便架設 ● 無商品化產品，需自行製造不同尺寸標準桿
雷射干涉儀	<ul style="list-style-type: none"> ● 量測解析度 0.0001 mm ● 準確度± 0.05 mm ● 可追溯至雷射干涉儀校正系統(D18) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 超高準確度 ● 架設不易 ● 需搭配伸縮桿頂住身高計



圖1-1-14、標準桿實體圖

- 參與105年計量技術人員考試甲、乙級「量測不確定度」工作小組，新增「量測不確定度」考試題庫計13題，並檢視既有甲級題庫計148題及乙級題庫計173題。
- 擔任講師支援內外部訓練課程
 - ✓ 協助標檢局完成內部人員訓練，共計3場，分別為5/13日噪音計原理與檢定技術訓練、4/19日及4/21日質量及天平校正課程。
 - ✓ 9/9日協助標檢局舉辦「衡器原理、校正及相關國際規範介紹」計量人員培訓課程，由NML三位同仁擔任課程講師授課，計18廠家39人次參加。



圖1-1-15、噪音計原理與檢定技術訓練

(2) 協助 TAF 制訂實驗室管理相關規範

- 受邀擔任TAF召開之「ISO 13528:2015-Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison工作小組」成員，接受統計諮詢。ISO 13528係實驗室間比對統計方法之國際標準，NML為求各系統之標準與國際等同，須積極參與或主辦國際關鍵比對；二級實驗室或業界為了解校正/測試技術能力、監控校正/測試作業的有效性、了解標準追溯制度是否完整與落實等目的，亦須積極參與能力試驗或量測稽核，故實驗室間比對不論對於NML或業界都是相當重要。NML藉由參與此工作小組，除可了解比對統計方法之國際標準外，亦可透過工作小組成員討論，獲得其他

領域比對方法的新知，同時將標準追溯與實驗室間比對之關聯性及重要性，於工作小組間進行廣宣。

- 擔任電量工作小組成員，負責制定校正領域電量校正不確定度評估指引，使得二級校正實驗室能確實依循ISO/IEC Guide 98-3:2008、TAF校正領域量測不確定度評估指引(TAF-CNLA-G16)和TAF校正領域認證特定規範(TAF-CNLA-T01)之原則建立一致性的不確定度評估方法，確保其量測不確定度評估結果的正確性，亦可提升實驗室間比對之表現評估的有效性。另將檢討TAF校正領域電量(KF)認證項目與代碼，除清楚定義參數範圍，並參考國際分類方式修訂之。
- 擔任參考物質生產機構(RMP)工作小組成員，TAF為因應原ISO Guide 34 General requirements for the competence of reference material producers(參考物質生產機構能力之一般要求)即將轉換為ISO 17034，特召開工作小組共同釐清其異同之處，以確保原已認可或欲申請認可之RMP能持續符合ISO 17043的要求。NML藉由參與此工作小組，可預先評估為符合ISO 17034所需投入之人力、時間與成本，並確保其相關規定符合國際間一致性作法。另亦可透過工作小組成員討論，與國內RMP專家互相交流，提升參考物質生產品質。
- 擔任11/21日TAF年會暨校正領域實驗室主管在職訓練之講師，講授實驗室執行品保方案之作為，授課主題包含實驗室間比對與查核管制。透過TAF活動，除向認可實驗室宣揚正確之實驗室品保概念，亦搭配推廣量測資訊刊物之計量品質工程專輯，透過刊物文字的滲透力，將實驗室應具備之重要品質觀念深植於實驗室人員，確保校正作業之有效性。

(二)、國際等同

國際度量衡委員會相互認可協議(CIPM Mutual Recognition Arrangement, CIPM MRA)是由米制公約授權國際度量衡委員會(CIPM)所擬定，於1999年其會員大會中通過，由會員國的國家計量標準機構或實驗室(National Metrology Institute, NMI)負責人代表簽署。其目的在：1)建立各NMI所維持之國家量測標準的等同程度；2)提供由各NMI所核發之校正測試報告的相互承認；3)因而可對各國政府以及其他團體，在國際貿易、商務和一般事務的合約上，提供一個安全的技術基礎，亦連結國際標準組織(ISO)、國際照明委員會(CIE)及國際氣象組織(WMO)等國際組織，藉由計量技術協助全球經濟與環境保護之發展。

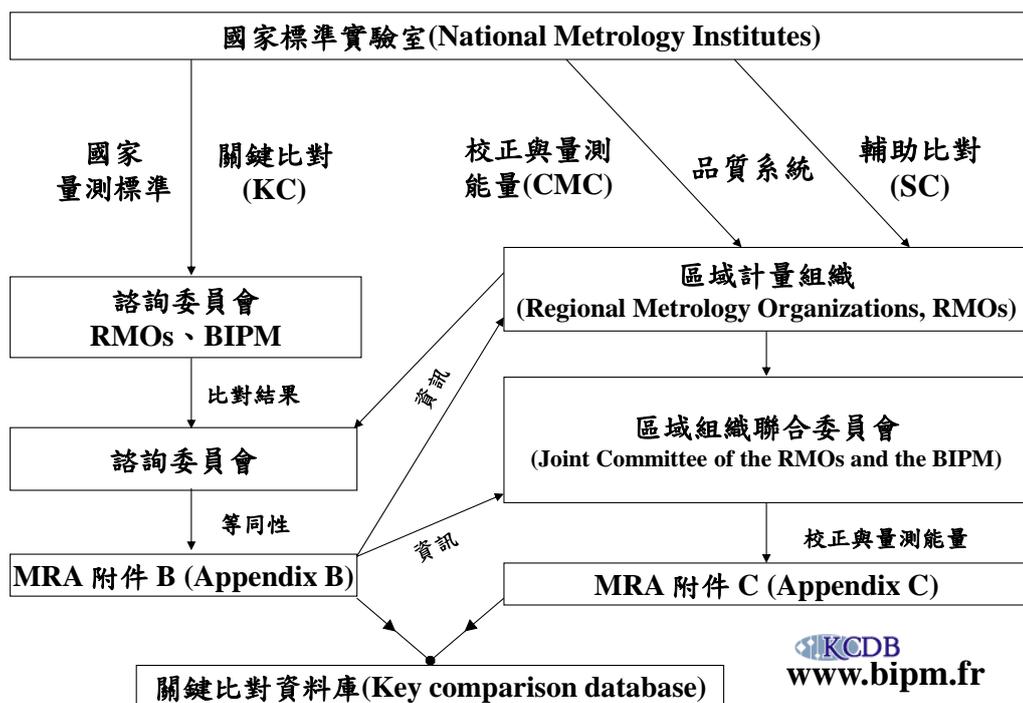


圖1-2-1、全球相互認可機制架構

國際等同年度執行成果說明如下：

1. BIPM校正與量測能力(Calibration and Measurement Capabilities, CMC)資料庫，共登錄273項

依據APMP CMC申請流程(圖1-2-2)，NML配合技術委員會(TC)活動，進行各項CMC登錄更新與申請工作，各領域CMC登錄統計如表1-2-1。

領域更新與擴增項目如下：

- (1) 電量領域完成CMC登錄更新申請，於105/10/31核可後，公告在BIPM網站上。
- (2) 流量領域完成CMC登錄更新申請，項目總數因將質量流量及體積流量合併，項目由原本的21項整併為16項，實際能量內容不變。另新增加了高壓氣體系統稱重法原級能量，以及低壓氣體壓力-體積-溫度-時間(PVTt)校正器的原級及高壓噴嘴、負壓噴嘴等能量。目前正在APMP進行所屬區域計量組織審核(Intra-RMO review)，完成後便會進行跨區域計量組織審核(Inter-RMO review)，核可後便可公告在BIPM網站上完成CMC改版登錄，預計在2017年完成申請流程後正式公告。

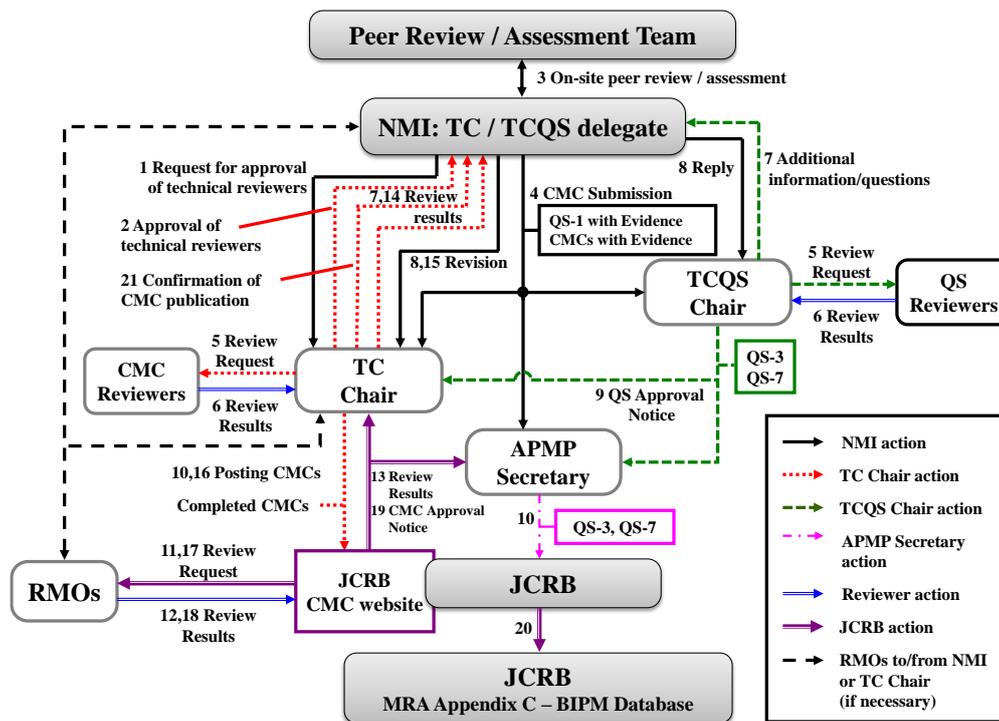


圖1-2-2、APMP CMC登錄流程

表1-2-1、NML於BIPM KCDB CMC登錄資料統計

代碼	領域別	APMP TC	BIPM CC	CMC 登錄項數
A	聲量	TCAUV	CCAUV	21
C	化學	TCQM	CCQM	6
D	長度	TCL	CCL	58
E	電量	TCEM	CCEM	48
F	流量	TCFF	CCM	21
H	濕度	TCT	CCT	2
L	真空	TCM	CCM	3
M	質量	TCM	CCM	9
N	力量	TCM	CCM	7
O	光學	TCPR	CCPR	45
P	壓力	TCM	CCM	9
T	溫度	TCT	CCT	25
U	微波	TCEM	CCEM	1
V	振動	TCAUV	CCAUV	18
合計				273

2. 參與8項國際比對、1項國際比對主導申請及21項國際追溯

由於全球性的比對相當耗時，因此制度上先依區域分為EURAMET(歐洲計量組織聯盟)、COOMET(歐亞國家計量組織聯盟)、APMP(亞太計量組織)及SIM(美洲計量體系)等

區域計量組織(Regional Metrology Organizations, RMOs)。以AUV.A-K1麥克風國際比對為例(如圖1-2-3)，由各區域的代表國先參加所謂的內圈比對(CCAUV.A-K1)，由此取得全球比對參考值(KCRV)，再由這些國家於該所屬區域內的關鍵比對活動中(APMP.AUV.A-K1, EUROMET.AUV.A-K1, SIM.AUV.A-K1等)，將此全球KCRV傳遞到區域內的其它國家，藉此系列性的活動取得全球量測之一致性。在CIPM-MRA架構下，NML共參與101項，已完成66項，35項持續進行中，如表1-2-2。

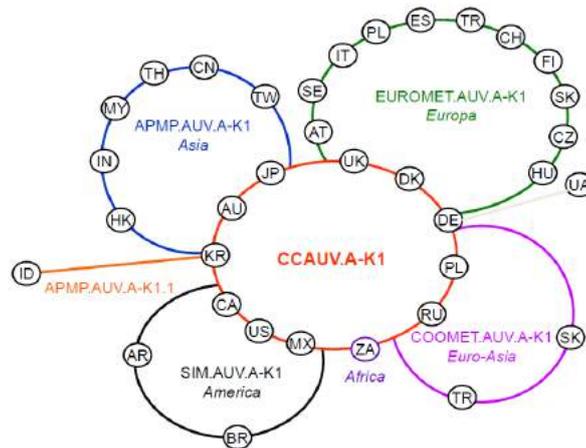


圖1-2-3、國際比對架構圖(CCAUV.A-K1)

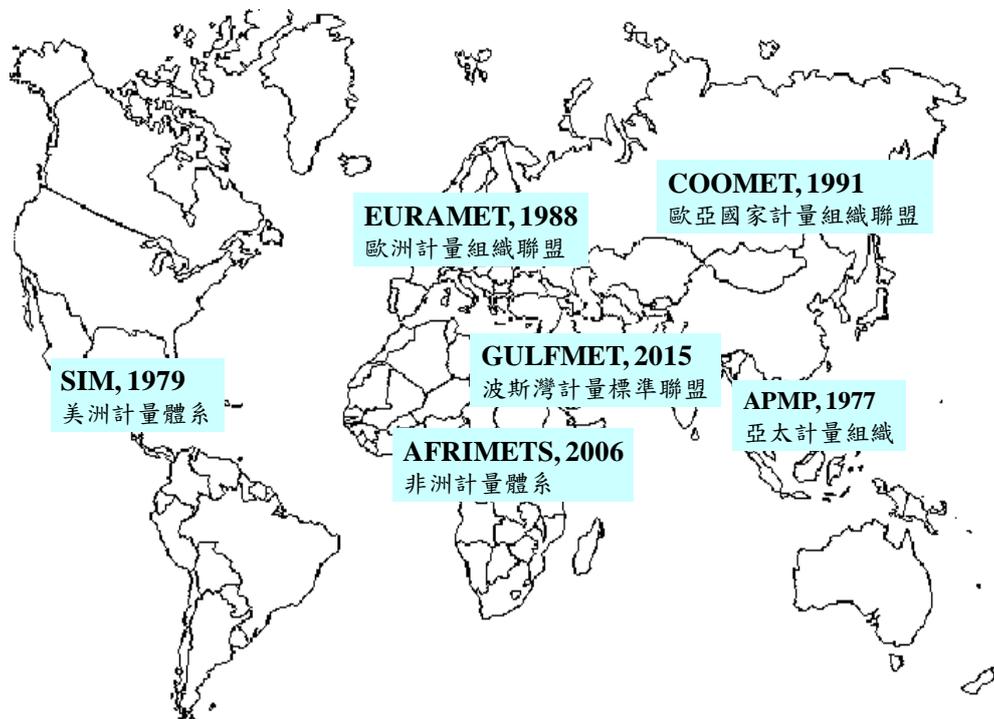


圖1-2-4、全球區域計量組織

表 1-2-2、NML 參與國際比對統計資料

領域	完成/發表項目	進行中項目
聲量、超音波、振動 Acoustics, Ultrasound, Vibration (AUV)	5	1
電/磁 Electricity and Magnetism (EM)	12	4
長度 Length (L)	17	3
質量及相關量 Mass and related quantities (M)	15	11
光度和光輻射量 Photometry and Radiometry (PR)	6	6
物量 Amount of Substance (QM)	5	1
溫度 Thermometry (T)	6	9
合計	66	35

比對流程依序為1)各區域組織技術委員會或諮議委員會比對發起，先詢問欲參與之國家及數目，再決定主辦國(pilot)，由其擬定比對規劃書(protocol)，2)依protocol內之比對時程及傳遞國家排序，進行比對件傳遞及量測，3)各參與國將完成比對之結果及數據分析，送給主辦國進行比對資料之彙整分析，4)比對報告依程序分為draft A、draft B及final report，draft B完成後送區域組織技術委員會同意後為final report，最後final report登錄於BIPM KCDB資料庫。國際比對時程一般至少需4~5年，以APMP.L-K1為例由2001年開始傳遞比對件，最後完成登錄為2006年，其比對流程如圖1-2-5。105年參與/完成國際比對項目共8項(如表1-2-3)，確保NML能量與國際等同。

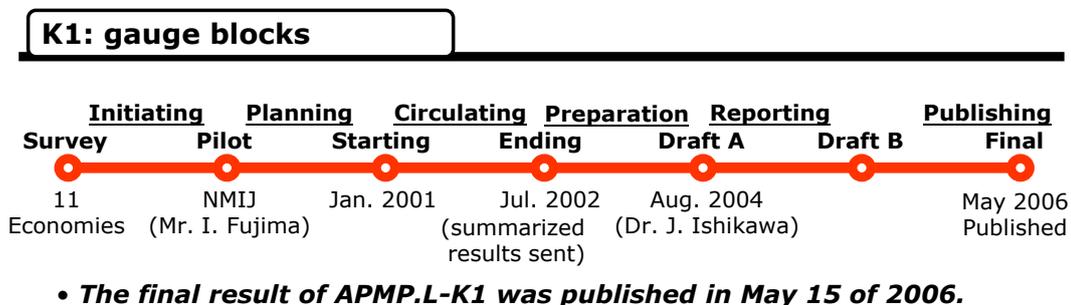


圖1-2-5、國際比對流程(以APMP.L-K1為例)

本年度NML共參與8項國際比對活動(如表1-2-3)，其中3項正式登錄BIPM KCDB資料庫。另進行1項國際比對工作準備，為主導比對工作做準備，以展現NML計量技術能力。

表1-2-3、105年度NML國際比對情形

比對項目	系統代碼	傳遞標準件 (中文名稱)	比對編號或國家	結果與說明 (或現況說明)
水三相溫度	T05	水三相點囊	Key comparison APMP-T-K7	比對結果已於 105.06 登錄於 BIPM 網站，並發表於 <i>Metrologia</i> , 2016, 53, <i>Tech. Suppl.</i> , 03004。
角度塊規	D06	角度塊規	Key Comparison APMP.L-K3	比對結果已於 105.09 登錄於 BIPM 網站，並發表於 <i>Metrologia</i> , 2016, 53, <i>Tech. Suppl.</i> , 04006。
油流量	F03	正位式 流量計	Key comparison CCM.FF.K2.2015	比對結果已於 105.10 登錄於 BIPM 網站，並發表於 <i>Metrologia</i> , 2016, 53, <i>Tech. Suppl.</i> , 07018。
交流電流之交/ 直流差	E12	交直流電流 熱效轉換器	Key comparison APMP.EM-K12	105.01 完成比對量測結果回傳給比對主辦國。
電壓	E01	直流電壓 參考標準器	Key comparison APMP.EM.BIPM-K11.5	105.05 完成國際比對報告之內容審閱，並回覆修訂意見與補充資料給比對主辦國。
環/塞規	D03	環塞規	Key comparison CCL-K4	105.05 完成比對量測。
光強度	O06	光強度 標準燈	Key comparison APMP PR-K3.a	105.07 完成國際比對報告之內容審閱，並回覆修訂意見給比對主辦國。
輻射溫度計	T01	定點黑體 (銀/銅)	Supplementary comprison APMP T-S11	105.12 完成比對量測

- 3項正式登錄BIPM KCDB Appendix B之比對結果如下：

(1) APMP-T-K7

比對項目為水三相點 (NML系統代碼：T05)，傳遞標準件為水三相點囊 (water triple point cells)，共有11個國家標準實驗室參與量測比對，由臺灣NML主辦。表1-2-4及圖1-2-6摘錄水三相點關鍵比對(key comparison)結果，由結果可知NML之國家標準量測結果($T_{\text{national ref, CMS}}$)接近此次亞太計量組織參考值(APMP Reference Value, TAPRV)，且不確定度 $u(T_{\text{national ref, CMS}} - T_{\text{APRV}})$ 比多數國家標準實驗室小。水三相點囊所實現的水三相點目前仍是溫度單位定義之依據，即使在未來新溫度單位施行後仍是決定波茲曼常數(Boltzmann constant)量測過程中的重要基石。其所推導決定的所有

熱力學溫度建構了與我們息息相關之溫度世界，影響的層面備及學術界、產業界、民生醫療及氣象觀測等領域。

表 1-2-4、APMP.T-K7 國際比對結果

Laboratory	$(T_{\text{national ref},i} - T_{\text{APRV}})$ / μK	$u(T_{\text{national ref},i} - T_{\text{APRV}})$ ($k=2$) / μK
NMIA	+12.8	56.3
SCL	-33.5	122.7
KIM-LIPI	+58.7	296.2
NMIJ	-2.2	84.9
KRISS	-17.7	135.1
SIRIM	+642.6	202.1
MSL	+17.7	34.8
NMC	+102.9	182.3
NMISA	-17.7	141.5
CMS	-6.1	64.6
NIMT	-12.0	153.5

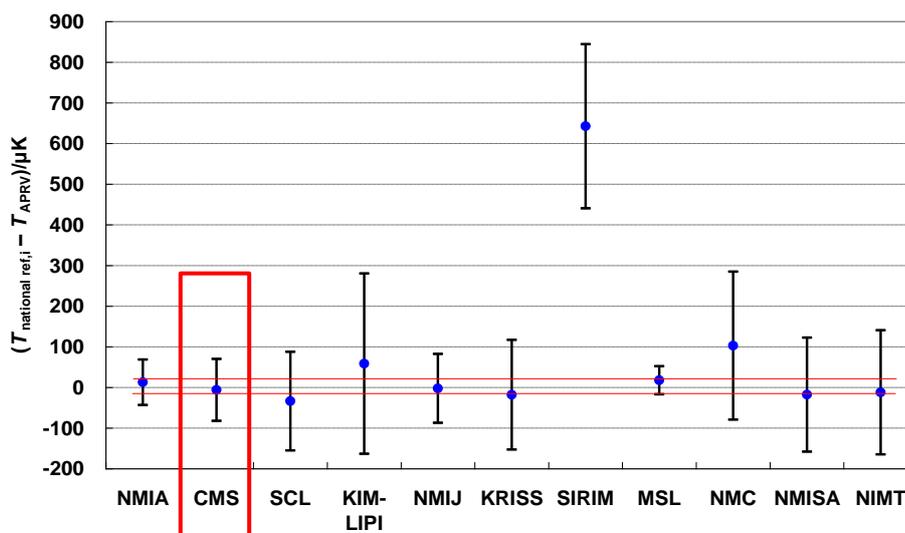


圖 1-2-6、APMP.T-K7 國際比對結果

(縱軸為各國量測結果與參考值的差異)

(2) APMP.L-K3

為促進各國國家標準實驗室間校正能力的等同性，亞太計量組織(APMP)特別針對角度標準進行關鍵比對，比對工件有12面多邊規與4件角度塊規標準件(5"、30'、5'與5°)。此次比對共有來自12個國家的國家實驗室參與，主辦單位為南非國家標準實驗室(NMISA)。工件傳遞時間自2005年4月至2007年12月，比對總結報告(Final Report)於2016年9月登錄於BIPM網站。

在12面多邊規項目，由表1-2-5可看出多邊規比對，各國家實驗室之En值，在12個量測參數中，只有1個國家之En值大於1，表示在封閉角度量測技術上，國際計量都有一致量測結果；但在角度塊規比對上，經數據分析，整體而言未能有一致性量測結果，但參考角度塊規比對，各國家實驗室之量測值與不確定度，可發現NML與日本、中國、韓國、澳洲等國家實驗室之量測值相近。

對於我國近年來極力推動工具機與航太產業(如上銀、友嘉及漢翔)等，從早先只重視達到一維加工**準確度**，現在國際要求是總體三維加工能力與可靠度，要達到這項要求最重要是檢測能力提升到三維，也就是加強角度量測準確度，由國際比對結果證明在角度量測計量標準是與國外接軌，進一步可協助提升國內工具機與航太產業之國際競爭能力。

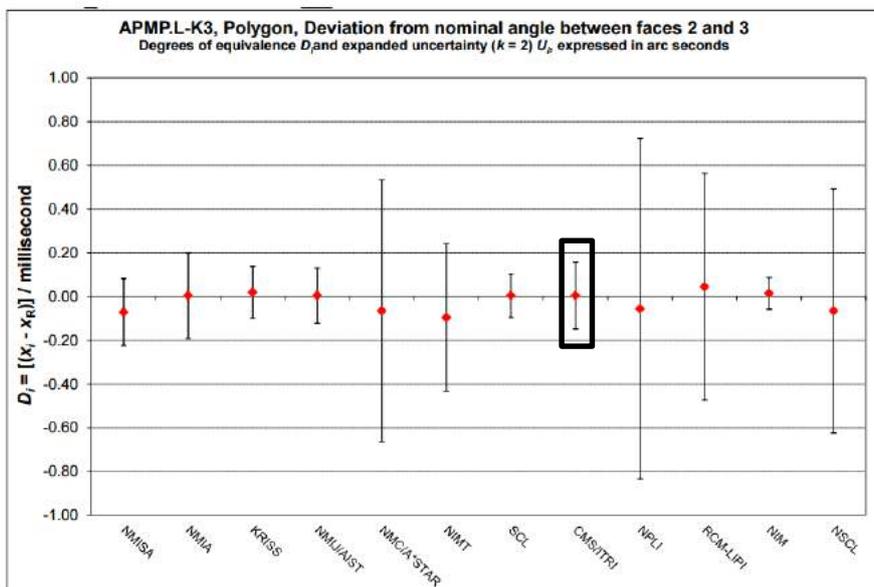


圖1-2-7、APMP.L-K3多邊規比對結果

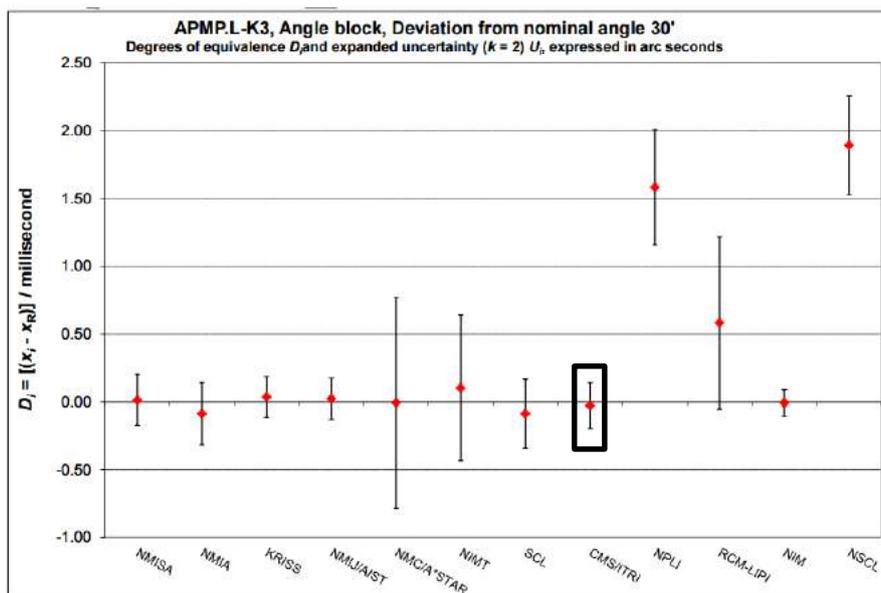


圖1-2-8、APMP.L-K3角度塊規比對結果

(3) CCM.FF-K2.2015

比對項目為低黏度油流量校正系統(NML系統代碼:F03)，傳遞之標準件為螺旋型正位式流量計(screw type positive displacement flow meter)，係由日本NMIJ所主辦之全球性關鍵比對，共有7個國家實驗室參與，執行正位式流量計之K係數(K factor)量測比對。其中結果分析一部分($Re = 70,000$ & $300,000$)採用不確定度加權平均數算出參考值，另一部分($Re = 100,000$)則採用蒙地卡羅模擬方法得出中位數作為參考值。圖1-2-9摘錄雷諾數(Re) = 100000下之量測結果，NML之比對測試結果相對於全球關鍵比對參考值(KCRV)之等同性 $En = 0.50$ ，由此結果可確認NML低黏度油流量校正系統的量測能力與國際等同性，足以確保國內油流量計量之量測準確性與產業競爭力。本系統主要提供台灣中油公司、桃園國際機場及船運公司等標準油量計之校正服務，影響全台70 %汽柴油品的計量，維持買賣雙方的公平交易。

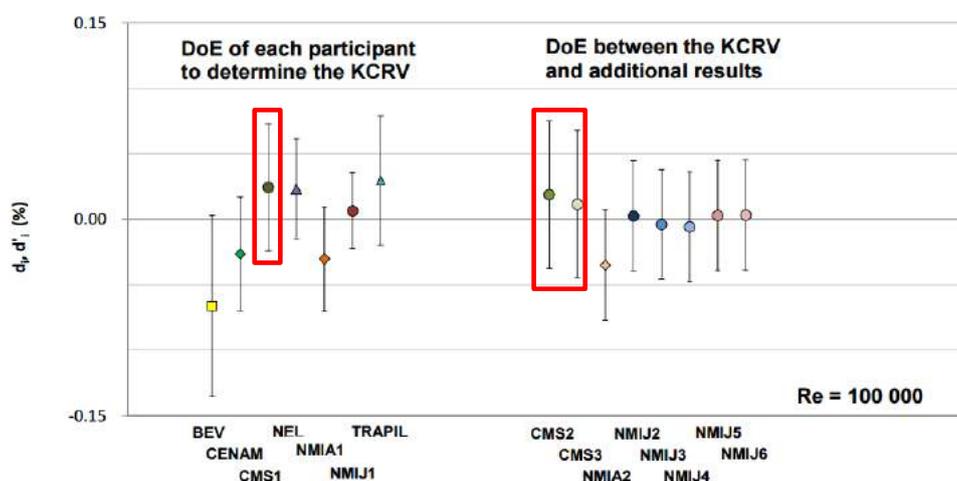


圖1-2-9、CCM.FF-K2.2015於雷諾數(Re) = 100000之比對結果圖

- 進行1項國際比對主辦申請

低壓氣體流量系統申請主辦CCM.FF-K6.2017低壓氣體流量國際比對。國際度量衡委員會流量工作小組(CIPM-WGFF)分別於2005年至2006年，以及2010至2012舉辦兩次的CCM.FF-K6 (低壓氣體流量)內圈比對。先前兩次比對之流量範圍為分別為3.4 L/min至200 L/min及33 L/min至1667 L/min。NML爭取主辦此次CCM.FF-K6.2017國際關鍵比對之流量範圍為10 mL/min (或5 mL/min) 至10 L/min，流量涵蓋前次CCM.FF-K6流量範圍(3.4 L/min至10 L/min)之一部分，並大幅延伸至微小流量範圍。目的在決定參與國低壓氣體流量國家標準於微小流量的一致性與國際等同，並提供關鍵比對參考值(KCRV)列入BIPM資料庫。國內產業在微小流量主要需求包括(1)半導體產業製程控制、(2)環檢業PM₁₀/PM_{2.5}採樣器流量控制與標準氣體濃度動態稀釋之質流控制器、(3)製藥業之氣相層析儀校正用標準氣體濃度動態稀釋之質流控制器、以及(4)洩漏率檢測應用等。本次比對選用的傳遞標準件為由Fluke公司所免費借用的層流式流量計，如圖1-2-8

所示，共包含3個層流元件。這些層流元件已在NML完成初步的性能測試，各流率的器差值都在 $\pm 0.06\%$ 以內，線性大致上在 $\pm 0.03\%$ 以內，重覆性則在 0.02% 左右，性能符合預期所需。該比對申請已於2016年9月下旬年會中獲得WGFF同意舉辦，目前已經收到14個國家實驗室有意願參與本次比對，但預期會篩選將數量刪減至10個左右。比對規劃書(Protocol)準備中，預計2017年下旬就可以開始進行比對測試。

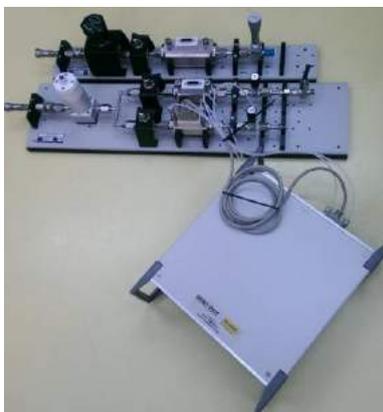


圖1-2-10、低壓氣體流量國際比對傳遞標準件

- 國外追溯共完成21件

表1-2-5、105年度 NML國外追溯情形

追溯項目	件(組)數	所屬量測系統代號	追溯國家/機構	追溯日期
白板	2	O05 色度量測系統	加拿大/NRC	105.08
穿透片	1	O05 色度量測系統	加拿大/NRC	105.08
氣體式活塞壓力計	1	P01 汞柱壓力量測系統	德國/PTB	105.07
旋轉轉子黏滯式真空計	2	L02 動態膨脹法真空量測系統	德國/PTB	105.06
微波功率感測器	1	U01 微波功率量測系統	美國/NIST	105.04
標準瓦時器	1	E26 三相交流電功率量測系統	德國/PTB	105.03
電磁場強度計	1	U06 電磁場強度量測系統	英國/NPL	105.02
雙脊波導天線	2	U06 電磁場強度量測系統	英國/NPL	105.02
標準瓦時器	1	E18 交流電力量測系統	德國/PTB	105.03
環塞規	5	D03 端點尺寸量測系統	德國/PTB	105.11
標準電感器	3	E16 標準電感量測系統	美國/NIST	105.08
標準電阻	1	T05 白金電阻溫度計定點量測系統	日本/NMIJ	105.08
計 12 項 21 件				註：追溯日期係指校正報告日期

3. 完成2領域第三者認證及4領域監督評鑑

NML為迎合世界潮流，從90年度開始向全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)申請第三者認證，藉由第三者的客觀角度來證明NML的品質系統運作是符合國際(ISO/IEC 17025)標準。配合TAF認可證書之3年效期，將NML 15個領域分三年執行認證工作，所以NML每年都會有一次正式的評鑑，歷經12年，每個實驗室都已經過四輪的評鑑，在歷次的評鑑中，NML展現的優異品質，均讓各國評審員印象深刻，此表現也獲得TAF極高的信心支持，在99年度將NML校正領域的證書效期延長為五年。另於101年度，NML化學領域之分析氣體亦通過TAF參考物質生產機構認證，使NML的品質系統除依循ISO/IEC 17025，也符合ISO Guide 34之要求。另於本年度起，TAF參考物質生產機構認證之證書效期亦延長為五年。

本年度NML計有振動/聲量2領域(認證編號N1001)之TAF認可證書於105年12月屆五年效期，共計完成9套系統評估與對應文件更新，各領域之系統評估套數如表1-2-7所示。第三者認證現場評鑑活動安排於9/26日至9/28日，評鑑團隊包含韓國國家標準與科學研究院(Korea Research Institute of Standards and Science, KRISS)與中國計量科學研究院(National Institute of Metrology, NIM)兩個單位之專家。本次現場評鑑均已順利完成，不符合事項共計1項，已於11/11日完成改善措施並獲同意，7認證項目通過認可，**12/19日獲TAF核發證書**，證書效期自106年1月1日至111年12月31日止，證書公告於NML網站第三者認證(http://www.nml.org.tw/components/com_article.asp?sm_id=199)，供業界與民眾查詢與下載。

本年度NML另計有電量/電磁/光學/長度4領域(認證編號N0688)之TAF監督評鑑，於5/25日完成，不符合事項共計0項。

表1-2-6、105年度NML第三者認證列表

評鑑	日期	評審員	審查文件	不符合	TAF認可
電量/電磁/光學/長度 N0688(監督評鑑)	105/05/25	Dr. Huang Tien Lin, Senior Assessor of TAF	NA	0	V
振動/聲量 N1001	105/09/26 ~ 09/28	Dr. Ping Yang/NIM (聲量) Dr. Yong Bong Lee/KRISS (振動)	32	1	V

表1-2-7、105年度NML第三者認證狀態統計表

領域	代碼	完成系統套數	認證項數	認證項目領域代號
聲量	A	4	4	KB
振動	V	5	3	KB
合計		9	7	

4. 支援國際相互認可技術活動

- 受邀擔任同儕評鑑技術評審員

黃宇中室主任於4/19 ~ 4/22日獲邀至馬來西亞國家計量研究院(NMIM)擔任技術評審員，進行振動與聲量領域校正系統之國際同儕評鑑。

- 協助CMC登錄審查

擔任CMC審查工作小組，協助跨區域計量組織之CMC審查項目，參與項目如下表。

表1-2-8、NML參與CMC審查工作小組項目

領域	隸屬委員會	工作小組
溫度	TCT	標準白金電阻溫度計、定點囊
		工業溫度計
長度	TCL	奈米粒徑、電子測距、穩頻雷射
電/磁	TCEM	阻抗
品質	TCQS	品質系統
流量	TCFF	油流量、高壓氣體流量、風速

年度協助完成以下跨區域計量組織之CMC項目審查：

- (1) 協助亞太計量組織完成歐洲計量組織聯盟所提之跨區域計量組織之CMC項目(EURAMET.T.19.2016、EURAMET.M.47.2016)審查。
- (2) 協助亞太計量組織完成非洲計量體系所提之跨區域計量組織之CMC項目(AFRIMET.AUV.4.2016)審查。
- (3) 協助亞太計量組織完成歐亞國家計量組織聯盟所提之跨區域計量組織之CMC項目(COOMET.T.11.2016)審查。
- (4) 協助亞太計量組織完成美洲計量體系所提之跨區域計量組織之CMC項目

(SIM.M.33.2016)審查。

5. 參與國際重要會議，維繫國際關係

- (1) 出席光度與光輻射諮詢委員會(CCPR)工作小組會議及年度大會，推動光量領域國際標準事務，提昇NML國際地位與影響力。

國際度量衡局(International Bureau of Weights and Measures, BIPM)是國際度量衡組織的最高指導單位，其成立的宗旨是在確保計量科學的發展及國際度量衡標準的一致化，其成員由米制公約簽署國的國家度量衡機構所組成。其下有10個諮詢委員會(Consultative Committees, CC)，負責研究及協調所屬專業領域的計量問題，各諮詢委員會另設立數個工作小組(WG)。光度與光輻射諮詢委員會(Consultative Committees for Photometry and Radiometry, CCPR)為國際度量衡局十個諮詢委員會之一，為光輻射計量領域最高技術組織，每兩年於BIPM召開會員大會以及校正與量測能量(WG-CMC)、關鍵量比對(WG-KC)、策略規劃(WG-SP)等三個工作小組的討論會。

NML於2014年提申請，並於次年通過成為正式觀察員，此行以觀察員身分參加，參與CCPR的會員大會以及WG-CMC、WG-KC及WG-SP等三個工作小組的討論會。會議討論摘要如下。

- 本次會中對於 CMC 表的檢視機制及國際比對的支持性有強烈的討論，未來對於國際比對的結果與 CMC 的對應是檢視重點，將有進一步規範。
- 由於計量的活動需要長時間的一致及延續性，工作組主席年限由 2 年延長為 4 年。原本是各區域組織照輪流，擬改為依輪流原則在 CCPR 會議討論產生。

- (2) 出席質量及相關量諮詢委員會流量工作小組(CCM-WGFF)會議，推動流量領域國際標準事務，提昇NML國際地位與影響力。

參加質量及相關量諮詢委員會流量工作小組(CCM-WGFF)年度會議，瞭解各國家實驗室在標準領域的發展現況、系統量測能力評估與宣告方法以及國際比對計畫。會中討論了CCM對於關鍵比對報告內容與結果計算的指引、WGFF未來5年的工作計畫、國際比對結果通過/失敗/不確定的評斷準則、ISO GUM改版的最新消息、使用曲線來計算國際比對結果的構想、各區域計量組織的活動情形、各內圈國際比對的進展、國際比對缺口分析，以及新的國際比對提議等。

NML於會中提出主辦低壓氣體流量國際比對(CCM.FF-K6)申請的意願，並報告目前的籌備狀況。預計比對的流率範圍為10 mL/min至10 L/min，針對此提案，WGFF於會中討論後所做成的決議如下：

- WGFF 同意舉辦這一個低壓氣體流量比對。

- 關於是否允許二級系統參與比對，由主辦實驗室，綜合考量以下幾點：(1)報名參與的實驗室數量、(2)不確定度的水準、(3)各不同區域計量組織(RMO)參與的實驗室數量(應有適當的平衡以確保後續 RMO 層級的比對活動能夠順利舉辦)、(4)該實驗室參與內圈比對之後，是否有意願/能夠支援後續在 RMO 辦理的比對活動，然後評斷要不要、要設定什麼樣的條件來篩選參與者。
- 關於費用分攤的問題，WGFF 目前並沒有好的答案，因此還是留給主辦實驗室綜合考量自己所要負擔的成本、公平性、方便性等因素後自行決定。
- 包括美國、韓國、法國、義大利等國實驗室都有興趣做到更低的流率，但德國代表則建議不要野心太大。所以決議繼續評估用現有的傳遞標準件評估其往下 5 mL/min 的穩定度，然後據以決定是否在比對中納入該流率點。
- 比對用工作流體的部分建議/決議採用氮氣而不用乾燥空氣。

(3) 長度諮詢委員會工作小組會議(CCL-WG)會議，推動長度領域國際標準事務，提昇 NML 國際地位與影響力。

長度諮詢委員會(Consultative Committee for Length, CCL)為國際度量衡委員會十個諮詢委員會之一，為長度計量領域最高技術組織，每三年於BIPM召開會議，CCL-WG會議則為CCL所召開的年度工作小組(Working Group, WG)會議，該會議包括WG-MRA (相互認可工作小組)、WG-S (策略規劃工作小組)、WG-N (奈米工作小組)三部份。NML雖非正式會員，由於NML在國際長度計量領域的貢獻受到肯定，受邀參加此次CCL相關會議。

NML分別於WG-N及WG-MRA會議中報告與日本合辦之奈米粒子國際比對進度，比對編號為APMP.L-S5，說明目前進度、分析比對結果的方法與計算En值的方式。會中建議在Draft B中將列入兩個參考值(method dependent reference values、global reference values)，計算En值。除了動態光散射法(Dynamic Light Scattering, DLS)方法外，其它量測技術均以總體參考值(global reference values, GRV)計算En值。動態光散射法則是分開處理，En值是依方法從屬參考值(method dependent reference values, MRV)計算。此外，第36屆區域組織聯合委員會(Joint Committee of RMOs and the BIPM, JCRB)會議結論摘要如下：

- JCRB 執行秘書將審視每個 CC 內 WG-RMO 的成員資格，並提供會員名單給 JCRB。
- 成立任務組，成員包括 Alan Steele (召集人)、Peter Fisk、Andy Henson、Beat Jeckelmann、Wynand Louw、Mohammed Al Mulla 和 Pavel Neyezhmakov
 - ✓ 於 2016 年 NMI Directors 會議中進行報告，主要是針對 MRA Review 所需要的 JCRB 策略及方針做說明。
 - ✓ 準備分析草案，提供 MRA 審查工作組，進行 JCRB 執行策略討論(2017 年三月)。

- JCRB 歡迎 BIPM 提出的建議，並要求 BIPM 進一步推動 KCDB 2.0。
- 成立任務組，成員包括 Claudia Santo (召集人)、Beat Jeckelmann、Peter Manson、Zakithi Msimang 和 Toshiyuki Takatsuji。制定 CMC 審查的“最佳做法”(best practices)草案，並在 2017 年 3 月的第 37 屆 JCRB 會議中提出。

(4) 出席全球國家標準實驗室及計量機構負責人會議(NMI director meeting)，參與國際計量業務之討論，維繫與各國國家標準實驗室及計量機構負責人關係。

本屆會議共兩天，第一天會議上午議程，主要報告BIPM國際業務與技術發展概況，各諮詢委員會(Consultative Committee, CC)工作重點報告，以及國際度量衡大會(General Conference of Weights and Measures, CGPM)決議落實現況。下午議程則為相互認可協議(Mutual Recognition Arrangement, MRA)，各工作小組建議討論暨工作進度檢視。第二天會議上午為前一天重要議題深入討論與決議；下午則為特定議題背景報告與專題討論。主要有三項議題：計量標準發展策略與影響，衛生保健相關計量標準與技術發展，全球計量院合作與資源共享。

參與此次會議除鞏固我國於國際度量衡相關會議出席權，另蒐集2018國際單位制(SI)因應新定義實施籌備狀況，瞭解各國計量院發展狀況，並邀請相關重要人士出席明年NML三十周年慶。

(5) 出席亞太計量組織相關國際活動

APMP現有經濟體正會員24個及副會員8個，其中機構正會員有42個，而副會員機構則有9個，轄下共有12個領域之技術委員會(Technical Committee, TC)，分別為聲音/超音波/振動(TCAUV)、電/磁(TCEM)、流量(TCFF)、長度(TCL)、質量(TCM)、光度與光輻射(TCPR)、物量(TCQM)、品質系統(TCQS)、游離輻射(TCRI)、溫度(TCT)、時頻(TCTF)、及材料計量(TCMM) 等。

NML於亞太計量組織擔任執行委員會委員、技術委員會主席及焦點工作組主席，協助亞太區域計量事務之推動，負責工作說明如表1-2-9。年度參與活動說明如下：

表 1-2-9、NML 參與亞太計量組織一覽表

擔任項目	負責工作/補充說明
執行委員會(EC)委員 (2015~2018)	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 連結開發中經濟體委員會(Developing Economic committee, DEC)與醫學計量焦點工作組(Focus Group, FG) ◇ APMP-APLAC 聯合能力試驗(Joint Proficiency Testing, PT)工作組(Working Group, WG)
聲音/振動/超音波技術委員會(TCAUV) 主席 (2015~2018)	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 主持技術委員會之定期會議 ◇ 區域內與區域間各 NMI 所提之 CMC 審查 ◇ 國際同儕評鑑委員核定 ◇ 辦理 106 年亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會促進研討會(TCAUV TCI workshop) ◇ 規劃申請計量促進亞洲經濟體發展計畫(Metrology-Enabling Developing Economies in Asia, MEDEA)辦理訓練課程
流量技術委員會 (TCFF)主席 (2016~2019)	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 主持技術委員會之定期會議 ◇ 參加 APMP 年中會議 ◇ 區域內各 NMI 所提之 CMC 審查 ◇ 國際同儕評鑑委員核定 ◇ 辦理 106 至 108 年 TCFF workshop
醫學計量 焦點工作組主席	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 規劃工作小組未來發展藍圖與工作計畫草案 ◇ 研擬 APMP 區域合作計畫

• 出席亞太計量組織年中會議

此次年中會議由藍玉屏組長及黃宇中室主任參加，藍玉屏組長係以 APMP 執行委員(Executive Committee, EC)身分出席 EC 及相關會議，黃宇中室主任則是以亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會(Technical Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration, TCAUV)主席身分出席。APMP 一年舉辦兩次會議，期中會議討論之議題，將於年度大會時討論後定版。且參與期中會議通常是各技術委員會主席、執行委員會委員等身分參加，因此參加期中會議，可先得知並參與 APMP 重大決策，與亞太其他先進國家委員交流互動，建立良好關係，以增進未來國際合作機會。

參加技術委員會主席會議(TCC meeting)，APMP 共 12 個 TC，TCC 會議結論重點為 1) 參加內圈比對不建議一個區域組織只能限制 3 個 NMI 參加，應視該區域組織規模意願而定；2) 校正與量測能量(CMC)是一重要之指標，但並不完全是判定 NMI 成功與否之唯一識別；3) 如何增進 CMC 審核之效率，各 TC 主席應熟悉整個運作程序。會中亦提出要增進 CMC 審核效率之建議作法，估計下次 APMP 會議時可進一步確認。

另參與執行委員(EC)與 TCC 之聯合會議，討論相互認可協議(MRA)審核、焦點工作小組議題與各技術主席報告內容等。焦點工作組(FG)任務是建立與發展特定領域

之國家量測標準與能力，同時，傳播計量對產業、政府、以及利害相關者的效益。焦點領域包括食品安全(food safety)、氣候變遷(climate change)、能源效率(energy efficiency)與醫療技術(medical technology)，FG必需與APMP大部分的經濟體相關、必需跨技術領域、必需與外部之利害關係者有良好的互動，同時，也應該是一個與其他國家標準實驗室分享的平台。

- 主持 2016 年亞太計量組織聲音/振動/超音波技術促進研討會(APMP TCAUV TCI Workshop 2016)

APMP TCAUV目前計有13個正式會員經濟體及3個副會員經濟體，去年於中國大陸北京召開APMP會議時，泰國NIMT代表TCAUV申請APMP技術委員會促進合作計畫(Technical Committee Initiative projects, TCI)計畫，之後獲EC(執行委員會)審查通過，故於APMP年中會議前(5/31~6/3日)於泰國曼谷舉辦此研討會。本次研討會主題為振動/聲學與超音波技術應用於軌道車輛運輸業，研討會共計發表14篇技術簡報資料，包含高速鐵路引致振動與噪音量測技術、高速鐵路測速模組量測技術、軌道捷運環境振動與噪音評估、振動與聲量儀器校正、汽車舒適度評估及超音波非破壞檢測於軌道車輛等。共約有75人參加，其中包含20人來自各國計量標準實驗室同仁，演講者多為各NMI專家及泰國鐵路捷運及環境保護官員。黃宇中室主任以技術委員會主席身分，主持其中一技術主題，並針對臺灣高速鐵路振動量測技術進行案例發表，與各國國家計量機構(NMI)專家進行交流，同時參訪泰國航空及相關汽車與軌道車輛產業機構進行實務訓練。

- 主持醫學計量焦點工作組研討會

今年為工作小組正式運作的第二年，目前小組的正式名稱已根據去年會議達成之建議，變更為醫學計量焦點工作組(Medical Metrology Focus Group, MM FG)；另外APMP網頁上也已新增了各FG的介紹與工作頁面。此次第二屆醫學計量焦點工作小組研討會，共有14位來自7個經濟體的14位代表與會，會議主要目的：

- (i) 成員之間分享醫學計量相關工作之經驗與進度
- (ii) 討論未來合作提案
- (iii) 制定未來2~3年之工作計畫

會議由陳生瑞博士主持，內容回顧Medical FG在過去一年的執行進度，包含與ISO/TC 121/SC 03/JWG 07主席討論未來合作可能方向、APMP 2016 mid-year meeting(APMP年中會議)對FG未來運作與合作方式所做出的建議等。並修訂聚焦小組的職權範圍(Terms of Reference)，制定未來的工作計畫草案。未來將先進行骨質密度與血壓相關之研究，並決議於明年舉辦血壓量測研討會。初步已和韓國KRISSE醫學計量中心主任Dr. Yong Tae Kim交換意見，研討會將除了探討血壓量測追溯與模擬技術外，也將考慮開發中國家在血壓量測的教育訓練需求。主辦地點方面，Dr. Kim

表示KRISS應可協助辦理；經費方面目前規劃向APMP (FGI預算)與計量促進亞洲經濟體發展計畫(MEDEA)提案申請

- 參加 2016 年亞太計量組織會員大會暨技術研討會，加強與亞太計量組織間之技術交流。

亞太計量組織(APMP)會員大會(General Assembly, GA)為該組織之最高決策單位，每年舉辦1次大會，與大會同時召開之會議有各領域之技術委員會會議(Technical Committee, TC)、執行委員會會議(Executive Committee, EC)、各技術委員會主席會議(Technical Committee Chair, TCC)、執行委員會與技術委員會主席聯席會議(TCC/EC)、開發中國家委員會會議(Developing Executive Committee, EC)、國家計量機構負責人研討會(NMI Director's Workshop)等。

本次會議由越南國家計量院(Vietnam Metrology Institute, VMI)主辦，臺灣代表出席者共21人，包括：NML 13人、時頻研究所3人、核能研究所3人及標檢局2人，參加重要議題討論，與亞太其他先進國家代表交流互動，同時並宣傳明年30週年慶活動，邀請國際同儕出席共襄盛舉。

NML由林主任增耀率相關主管及資深同仁前往參加，參與團員除負責報告我國實驗室現況外，各領域討論事項摘要如表1-2-10。

表1-2-10、2016年亞太計量組織會員大會暨技術研討會NML出國人員與討論重點

參加之 TC 及 WG	領域別	參加人員	討論主題
TCAUV	聲音、超音波、振動 Acoustics, Ultrasound and Vibration	黃宇中	<ul style="list-style-type: none"> ● 各區域組織 CMCs 提呈、審核及提高審查效率之討論 ● 目前在環境/工業與醫療領域發展聲學、振動與超音波技術外，未來擬與醫學計量焦點工作組結合 ● 研提 2 個 TCI 計畫：1)10 Hz 至 20 Hz 低頻區間內進行校正技術研究；2)聚焦於智慧工具機及 AUV 計量技術應用
TCEM	電量、磁量 Electricity and Magnetism	許俊明	<ul style="list-style-type: none"> ● 國際比對進度報告與提案討論 ● 轉達國際度量衡局訊息 ● CMC review (校正能力登錄表審核)新方法討論 ● 焦點工作組(Focus Group)報告及討論
TCFF	流量 Fluid Flow	蘇峻民	<ul style="list-style-type: none"> ● 報告 2016「煙道氣體流量量測」專家研討會的成果。下次主題仍未確定，可

參加之 TC 及 WG	領域別	參加人員	討論主題
			<p>能為「流量量測不確定度評估與 CMC 登錄實務」。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 說明 CCM-WGFF 關於關鍵比對結果之通過/失敗/無定論判斷準則討論進度，以及國際比對缺口分析。 ● CCM-WGFF 及 APMP TCFE 國際比對的現況與未來規劃。 ● TC Initiative 計畫提案構想及 Focus Group 相關活動討論。 ● 接任 TCFE 主席並參加 GA 見習會議情形及報告內容。
TCL	長度 Length	許博爾	<ul style="list-style-type: none"> ● 國際比對狀況說明、未來比對規劃及時程討論。 ● Focus Group (焦點工作組) 確認聯繫代表，我方為「醫療診斷設備」項目聯繫代表。 ● 2016 MEDEA project 執行成果報告與 2017 年新申請計畫審核。 ● 預備主席選舉(chair-elect)，由泰國代表 Dr. Jariya Buajarern 當選新任主席。
TCM	質量及其相關量 Mass and Related Quantities (Mass, Density, Volume, Pressure, Vacuum, Force, Torque, Hardness, Gravity, etc)	陳生瑞	<ul style="list-style-type: none"> ● SI 重新定義發展藍圖與公斤重新定義之發展現況，目前瓦特天平與 x 射線晶體密度法(矽球法)皆以達成重新定義公斤之不確定度與彼此間一致性要求，按目前進度 2018 極有可能施行新公斤定義。 ● 各國校正與量測能力報告與 TCM 國際比對進展 ● 討論目前兩年一次的 TCM 壓力真空研討會未來與 APMF 合併舉辦之議題，未來將與 APMF 會員進行正式討論並做出決定。
TCPR	光度與光輻射 Photometry and Radiometry	莊宜蓁	<ul style="list-style-type: none"> ● TCPR 研討會：LED 量測技術、校正量測能量相關議題討論 ● 各國年度研發活動(progress report)報告：新增斯里蘭卡 ● 國際比對事務進度討論

參加之 TC 及 WG	領域別	參加人員	討論主題
			<ul style="list-style-type: none"> ● LED 標準燈勢在必行，各國期以合作方式加速相關研發進度。
TCQM	化學與生物 chemistry and biology	林采吟	<ul style="list-style-type: none"> ● 各化學與生物相關領域計量需求與國際比對討論。 ● 主席由中國計量院之馬聯弟副所長擔任，年度會議中決議未來氣體分析的研討會舉辦時間將與 APMP 之會議時間作連結。 ● CMC 申請時間說明與討論，本年度各計量機構依照往例應於 12 月 15 日前提出申請。另提出申請時，需同時提供同儕評鑑之品質系統報告給 TCQS 主席。
TCQS	品質系統 Quality Systems	王品皓	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作小組(Working Group)任務重新分派-WG-1&WG-2 <ul style="list-style-type: none"> ■ WG-1：負責 APMP 品質系統管理程序建立、審查、維護。 ■ WG-2：審查各國 CMC 申請案(QS 部份)，品質工程部王品皓經理獲選參與此工作小組。 ● 代轉達核能研究所繳交年度報告，否則將影響其 CMC 登錄，核能所並已於 TCQS 會議結束前提交。 ● 各國 CMC 審查進度。 ● CIPM 同意 APMP 整合 EM、PR 等領域之 CMC 項目數量，有助於管理 KCDB 2.0。
TCT	溫度、濕度與熱物 Thermal Measurement (Temperature, Humidity, Thermophysical quantities)	蔡淑妃	<ul style="list-style-type: none"> ● 核可工作小組(WG)成員的新增/更動。NML 新增一位參與濕度成員。 ● 同意韓國 KRISS 發問卷調查連結到 CCT-K4(AI 定點比對)的需求，以確定未來是否有組織新 APMP.T-K4 比對需求。 ● 各項比對進度檢視及時程提醒。
TCMM	材料計量 Materials Metrology	傅尉恩	<ul style="list-style-type: none"> ● 各國材料計量技術重點與演進。 ● 參考物質需求：奈米粒子、薄膜厚度、比表面積、材料組成、多層膜、SEM 解

參加之 TC 及 WG	領域別	參加人員	討論主題
			析度等。 ● 前瞻材料計量技術討論：X 光、拉曼光譜、奈米壓痕、電子束繞射...等技術。 ● 材料計量比對活動：奈米粒徑、薄膜厚度、比表面積、拉伸、壓痕、碳基材料組成。 ● 材料計量區域組織擴充。
Medical Metrology Focus Group	醫學計量 Medical Metrology	陳生瑞	● 修改小組之工作職權，制定未來小組工作計畫。 ● 初步選定兩項未來合作主題：骨密度與血壓量測。 ● 計畫於 2017 年舉辦亞太血壓量測研討會，將廣邀各利益相關團體之專家參與如 ISO、WHO、APLMF 與各國家實驗室等，主題將涵蓋靜態與動態校正、血壓標準、與 DEC 校正訓練等。

(三)、系統維持

為維持15領域之系統運轉，年度工作分為「系統品質管理、客戶需求關懷訪談、系統精進/改良及設備汰換」四大方向展開，以確保系統運作維持及校正服務品質，年度執行情形如下：

1. 品質管理

品質提升一直是國家度量衡標準實驗室所追求的目標，每年都會有一連串的品質措施常態進行，以符合ISO/IEC 17025:2005的持續改進精神。

NML在量測系統品質管理上已有的措施，包含量測品保、內部稽核與管理審查...等例行性活動。95年度開始正式實施農曆春節過後之長假後量測系統查核，於長假結束後要求各系統進行開機檢查並執行量測系統查核，在確認系統正常穩定後，始能展開校正服務。自98年度起併同例行之量測品保數據與管制圖，由實驗室室主任與品保人員共同審查各量測系統上一年度的查核數據，以更進一步確保校正作業之有效性，也藉由系統化方式綜觀量測系統的運作品質。本年度有關品質管理之工作成果說明如下：

- (1) 系統查驗：本年度共計完成7套新/擴建系統之查驗作業，新建系統分別為「座標量測儀校正系統(D29)」、「甲醛氣體分析設備校正系統(C11)」、「質量法環境荷爾蒙供應驗證系統(C12)」；擴建系統分別為「三相交流電能量測系統(E20)」、「三相交流電功率量測系統(E26)」、「奈米粒子功能性量測系統(D27)」、「質量法高壓混合氣體供應驗

證系統(C08)」。審查結論均為建議通過，可以對外服務。

表1-3-1、105年度系統查驗完成項目

系統名稱	代碼	產出之計畫源	備註
三相交流電能量測系統	E20	國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫	105年03月22日經標四字第10500022630號函同意作為國家度量衡量測標準
三相交流電功率量測系統	E26		
奈米粒子功能性量測系統	D27		105年03月24日經標四字第10500024770號函同意作為國家度量衡量測標準
座標量測儀校正系統	D29		已於8月31日完成查驗會議，完成資料補充及委員意見回覆，待審查委員覆核同意。
質量法高壓混合氣體供應驗證系統	C08	民生化學計量標準計畫	105年12月26日經標四字第10500638130號函同意作為國家度量衡量測標準。
甲醛氣體分析設備校正系統	C11		
質量法環境荷爾蒙供應驗證系統	C12		

- (2) 量測系統合併與停止服務：本年度提出「單相交流電功率量測系統(E18)」、「單相交流電能量測系統(E19)」、「三相交流電能量測系統(E20)」、「三相交流電功率量測系統(E26)」合併為「交流電力量測系統(E18)」；「高頻介電常數量測系統(E30)」併入「微波散射參數及阻抗量測系統(U02)」，已獲主管機關105年6月7日經標四字第10500561090號函同意合併，待『度量衡規費收費標準』公告，即完成4套系統代碼註銷(E19、E20、E26、E30)。
- (3) 量測系統年度查核數據審查：NML各量測系統均依照其特性設計量測品保程序，每年定期進行數次查核。農曆春節前夕105年2月6日3時57發生之有感地震(編號第105006號，分，震央位於高雄市美濃區，芮氏規模6.4級)，雖然新竹市最大震度僅達芮氏規模1級，NML系統未有任何損傷，為確保量測系統的完備性與校正作業的有效性，於農曆春節結束，復工第一天即刻啟動量測系統查核機制，由各系統負責人立即回報量測系統的檢查結果並執行量測系統查核作業。本年度共計完成117套系統(原118套，1套105.2已公告停止服務)之查核數據統計及審查，審查各量測系統是否按照其量測品保程序實施查核，並根據量測系統的特性給予適當的管制查核方式與管制圖繪製建議，例如：查核數據累積25筆數據後，應重新訂定上下界限或適時更換；查核數據呈漂移特性或已偏移，應確認查核參數的適合性、檢視系統與查核件的功能性或適時更新管制界限，以有效監控量測系統之正常運作。審查結果與建議均整理成彙整表，作為各系統改進之方向。除此之外，量測系統的例行查核活動，更與內部稽核活動、系統異常原因調查與後續追蹤等作業緊密結合，使能更加確保各系統所提供的工業服務品質。

- (4) 地震緊急應變機制：經歷105年2月6日之有感地震(編號第105006號)，NML建立緊急應變措施，訂立相關準則，已於105年3月21日開始實施。105年5月12日11時17分又逢地震(編號第105060號，震央位於宜蘭縣政府東方22.4 km，地震深度8.9 km，芮氏規模6.1級)，新竹市最大震度芮氏規模3級，已達啟動緊急應變之條件。經各系統負責人執行量測系統檢視，各系統均回報正常。
- (5) 內部稽核及管理審查：NML每年定期辦理內部稽核，以確保各實驗室運作持續符合相關規範和NML管理系統之規定。為提升內部稽核之稽核員的稽核品質，今年度首度辦理“標準計畫內部稽核勤前會議與稽核一致性訓練”，從稽核相關產出顯示，明顯提升各稽核員之稽核準則一致性與稽核報告完整度。本年度分別完成符合ISO/IEC 17025:2005及ISO Guide 34:2009規範之內部稽核，共計有4項不符合事項，33項建議事項，均已完成改善。另為求內部稽核的有效性與長久性，NML也積極培養年輕稽核員，除了基本資格的養成，再透過兩次觀察員的經歷，使得其稽核技巧的熟練，本年度共計培訓6位觀察員，以期持續增加內部稽核員數量，目前已有ISO/IEC 17025稽核員約70位，ISO Guide 34稽核員約12位。此外，NML每年也定期召開管理審查會議，以確保NML管理系統持續之有效性與適合性。年初的管理審查會議主要在審查前一年度品質目標的達成情形、訂定該年度品質目標及檢視各項品質工作進行的成果。年中的管理審查會議則偏向年度中執行狀況的審查。本年度完成符合ISO/IEC 17025:2005及ISO Guide 34:2009之管理審查各兩次，共計有4項追蹤事項，將列於下一年度年初管理審查確認執行狀況。



圖 1-3-1、NML 內部稽核勤前會議與稽核一致性訓練

- (6) 新人訓練：人員為實驗室運作之重要一環，實驗室管理階層應確保所有操作特定設備、執行校正工作、評估結果、以及簽署校正報告人員之能力。為使新進人員能充分銜接實驗室運作工作、瞭解相關規範與NML管理系統之規定，本年度共計舉辦5場內部訓練課程與品質講座，包含泛標準組研發計畫執行作業說明會、常用計量基本術語介紹、計量追溯與校正、標準計畫內部稽核勤前會議與稽核一致性訓練、如何正確使用SI單位等。



圖1-3-2、新人訓練內部品質講座

- (7) 品質管理系統文件修訂：品質管理系統文件為各量室執行計畫之依據，本年度共計完成7份品質文件重新審視，其中，泛標準組檢測業務管理作業程序(9.1版)與標準計畫個人資料保護作業程序(1.1版)進行修訂，以確保後續執行各項業務能有所依循及其完備性。
- (8) 個人資料保護計畫：為符合國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫、民生化學計量標準計畫與BSMI之行政契約書第21條涉個人資料保護相關條款之規定，NML特訂定標準計畫個人資料保護計畫，於NML對外網站(<http://www.nml.org.tw>)公告個資保護聲明，並每年定期對處理顧客資料相關活動進行內部自主檢查，以查證NML作業流程持續地符合要求。
- (9) 顧客服務與滿意度調查：提供校正服務是NML主要任務，透過滿意度的調查，可檢視NML的服務是否滿足顧客的期待與需求。91年度 NML開始著手顧客滿意度調查工作，由歷年的資料可觀察出顧客對於NML的整體滿意度為中上，且逐年穩定成長，亦即NML校正服務之努力方向確實受到顧客肯定。105年度自1月1日起始，截至12月30日，服務廠商家數計830家，回收問卷計423張。根據統計分析結果可知，NML整體滿意度為9.6分(滿分為10分)，高於往年之整體滿意度表現，如圖1-3-3所示。顧客針對NML不同領域之整體滿意度分數亦皆在9.3分以上。圖1-3-4為102年度至105年度各服務項目滿意度比較結果，105年度各服務項目滿意度均高於往年之滿意度，顯示顧客對NML各項服務項目仍持續地給予高定肯定，包含報告內容完整性、報告結果可靠性、報告格式、NML專業程

度與NML收件態度。然而，NML校正時效仍為顧客期望改善的首要項目，故NML除藉由電子化系統並指派專人監控與稽催各項作業流程外，更進行各系統校正時效分析，彙整出校正日期過長系統及其困難點，以便檢討並作為爾後努力的方向，如表1-3-2。針對表1-3-2 兩套系統設備，預定於107年進行系統設備汰換及擴充，以解決因系統老舊/過時，造成校正耗時的問題。此外，為擴大服務顧客，NML於對外網頁(<http://www.nml.org.tw>)設置留言板，提供業界計量與校正相關問題之諮詢與協助，今年度共計回覆135則。

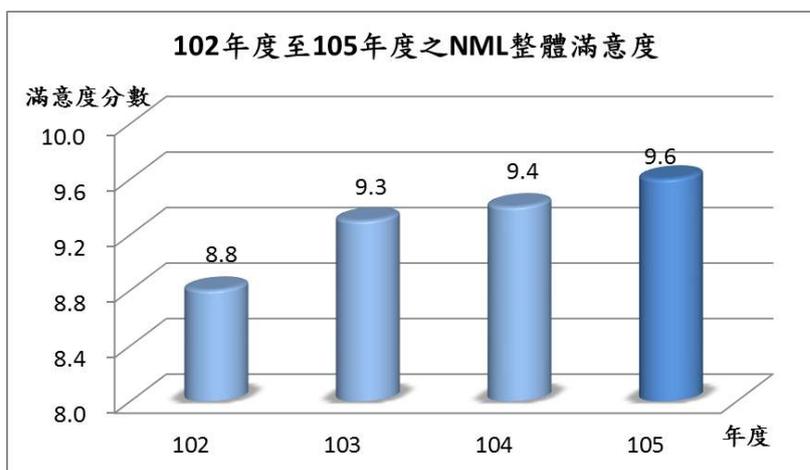


圖 1-3-3、102 年度至 105 年度整體滿意度比較圖

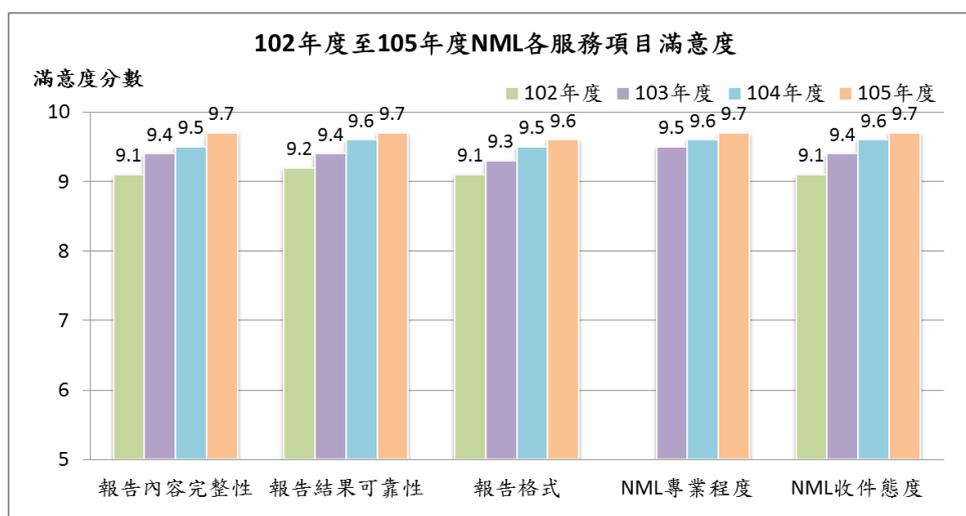


圖 1-3-4、102 年度至 105 年度各服務項目滿意度比較圖

(註：103 年度問卷新增 NML 專業程度項目)

表 1-3-2、105 年度校正系統時效性分析

系統代碼	系統名稱	分析結果
T03	熱電偶溫度計量測系統	該系統執行定點囊校正需花費三個月時間，須增加設備以縮短時間。
D20	衛星定位儀校正系統	該系統量測完畢後，需待衛星定位儀回傳數據，此須耗時至少30工作日。



圖1-3-5、NML對外網站留言板

2. 客戶需求關懷訪談

NML 各系統以基礎工業、綠能為主題，優先投入滿足對應之光、電、精密製造等產業之量測追溯需求，並依據篩選原則，分年進行系統設備汰換及系統改良計畫，讓 NML 系統的技術可領先業界並提供業界相關的校正追溯服務。為了解客戶需求，每年針對系統服務廠商進行關懷訪談，訪談內容摘要如下：

(1) 訪談資料

藉由顧客訪談說明本年度系統改良或設備汰換，預定計畫目標與預定完成之系統量測範圍與量測不確定度，藉此近距離跟顧客進行交流，瞭解各個領域顧客送件至 NML 的評估因素、想法與出發點，也藉由此互動方式，深入瞭解各類型顧客收到 NML 校正報告後如何使用報告內容及進行後續追溯方式。同時，也請各訪談顧客提供目前業界需求的技術能量，而 NML 現階段尚無法提供的技術項目及對目前 NML 服務項目提供建議事項，作為 NML 各系統後續技術改良與建置及服務項目之參考。顧客訪談的系統與顧客資料彙整如下表 1-3-3 所示。

表 1-3-3、顧客訪談資料表

系統名稱/代號	顧客名稱	顧客類型
直流電阻系統(E13) 交流電流量測系統(E11)	制 O 電測股份有限公司	製造/銷售/TAF 校正實驗室
氣壓量測系統(P04)	太 O 電子檢測有限公司	TAF 校正實驗室
高壓氣體流量系統(F05)	台灣中 O 公司煉製研究所	製造/銷售/TAF 校正實驗室
風速校正系統(F10)	德 O 特儀器有限公司	製造/銷售/TAF 校正實驗室
電磁場強度量測系統(U06)	財團法人臺灣 OO 檢測中心	TAF 測試實驗室

系統名稱/代號	顧客名稱	顧客類型
奈米壓痕量測系統(N10)	英商思OOO國際股份有限公司臺灣分公司	設計研發

(2) 顧客對各系統改良及設備汰換之建議

顧客提出的技術需求事項彙整如下表 1-3-4 所示。

表 1-3-4、顧客對各領域技術提出的技術需求事項

顧客名稱	技術需求事項	備註
制 O 電測股份有限公司	- 該公司在電力計的校正需求為 50 A，目前 NML 無法提供校正追溯，造成制宜電測無法提供具追溯性校正報告給客戶。NML E11 與 E13 這 2 套系統於系統改良後，皆可符合客戶需求，並可讓客戶擴充其實驗室校正能量。	
太 O 電子檢測有限公司	- 溫度領域的追溯上，在攝氏-196°C 低溫部分，NML 無校正能量，無法提供國內生技業(如臍帶血保存庫)液態氮溫控之校正追溯。	- 低溫量測追溯需求將列入溫度領域於 107 年設備汰換及擴充評估參考。
台灣中 O 公司煉製研究所	- 內部建立流量校正實驗室(實驗室編號為 TAF 1793)，主要服務對象除了中油本身的超音波流量計外，還有電廠的超音波流量計，其主要是用來進行天然器交易計量及計價用，所以 NML 更應以維持國家標準與標準傳遞的準確度為主要任務。	
德 OO 儀器有限公司	- 已向德國原廠申請溫/濕度、壓力等相關校正用設備，將會增加校正技術領域並規劃申請 TAF 實驗室認證。	-
財團法人臺灣 OO 檢測中心	- 50 Hz/60 Hz 之磁場校正能量，目前業界有需求且應用至 300 A/m 與 1000 A/m，希望 NML 將此部分能量作提升。 - EMC 相關量測和天線校正，目前法規已經更新且訂定其相關測試頻率至 300 GHz，所以目前在單位中，只要使用到高於 NML 相關校正之微波元件或器具，需都追溯至國外實驗室，其時間性是相當耗時的，因此期望 NML 在微波相關校正之項目，如微波功率、微波電磁場強度、微波阻抗及高頻天線校正系統建立，將能量提升至 100 GHz 以上(期望可至 300 GHz)。	- 磁場及微波領域量測追溯需求將作為未來設備汰換及擴充評估參考。
英商思 OOO 國際股份有限公司臺灣分公司	- NML 校正報告提供委外製造半導體成品的驗收參考。	

(3) 顧客對NML之建議

訪談時，顧客也針對 NML 系統整體對外服務提出建議事項，其建議彙整如下

- ✓ NML 應多舉辦各領域的技術交流研討會，讓顧客端執行校正的同仁可參與並藉此更了解校正程序與不確定度評估。
- ✓ NML 各技術領域同仁，應多擔任 TAF 的實驗室評審員，可讓顧客端於評鑑過程中學習更多校正應了解/注意之事項。
- ✓ 建議 NML 應與 TAF 認可之二級實驗室進行分工，確保追溯鏈不間斷；並且 NML 應以維持國家標準與標準傳遞的準確度為主要任務。

3. 系統改良7套，「全光通量校正系統(O02)」、「振動比較校正系統(V03)」、「直流電阻系統(E13)」、「氣壓量測系統(P04)」、「標準麥克風比較校正系統(A02)」、「高壓氣體流量系統(F05)」及「風速校正系統(F10)」，執行情形說明如下：

◆ 全光通量校正系統(O02)系統

本系統為為國內照明產業、檢測實驗室及汽車產業等量測追溯之重要管道，提供全光通量標準燈、LED 量測系統、照明能效等之標準。隨著照明產業的迅速發展，為滿足各式照明與光源之量測需求，本系統於 103、104 年度完成系統設備汰換及全光通量校正系統改良後，105 年完成絕對式光通量量測技術建立，以完備量測追溯管道及提升系統之服務品質。

A.目標：

完成光通量原級標準(絕對式)建立

- 量測範圍: (1 ~ 20000) lm
- 量測不確定度：1.2 %

B.工作成果：

- 完成研製穩定之外部光源模組，建立偵測器基礎光通量標準

為將全光通量標準改以更穩定的偵測器基礎之照度標準進行追溯，系統需要由照度轉換為光通量之量測幾何、雜光分析、量測系統線性度與分光輻射量測之各項量測技術之精進，以達到降低不確定度與建置光通量自我追溯與美國 NIST 等同之光通量原級標準。故本系統設計一外部光源模組，將外部光源之光通量透過精確孔徑與光度計傳遞標準，以建立光通量原級標準系統。

絕對光通量外部光源模組係採用已知照度標準響應之光偵測器，透過一穩定之外

部光源入射一已知開口面積尺寸之光圈，分析進入積分球之光通量，設計如圖 1-3-6。外部光源箱內部為使用雷射進行檔板組及高準確度孔徑之對位，以確保光源箱內的標準光源之相對發光中心在高準確度孔徑之中心上。外部光源模組之分光輻射照度標準燈目前設計為校正分光光度計及高準確度照度計，以傳遞分光輻射照度於光度計或照度計上，藉以量測高準確度孔徑之輻射照度，再透過孔徑之面積計算入射至積分球之光通量，以達到絕對光通量之量測方式，絕對光通量標準燈之光通量變動評估結果為 0.15 %，如圖 1-3-7，符合計畫目標 < 0.5 %。

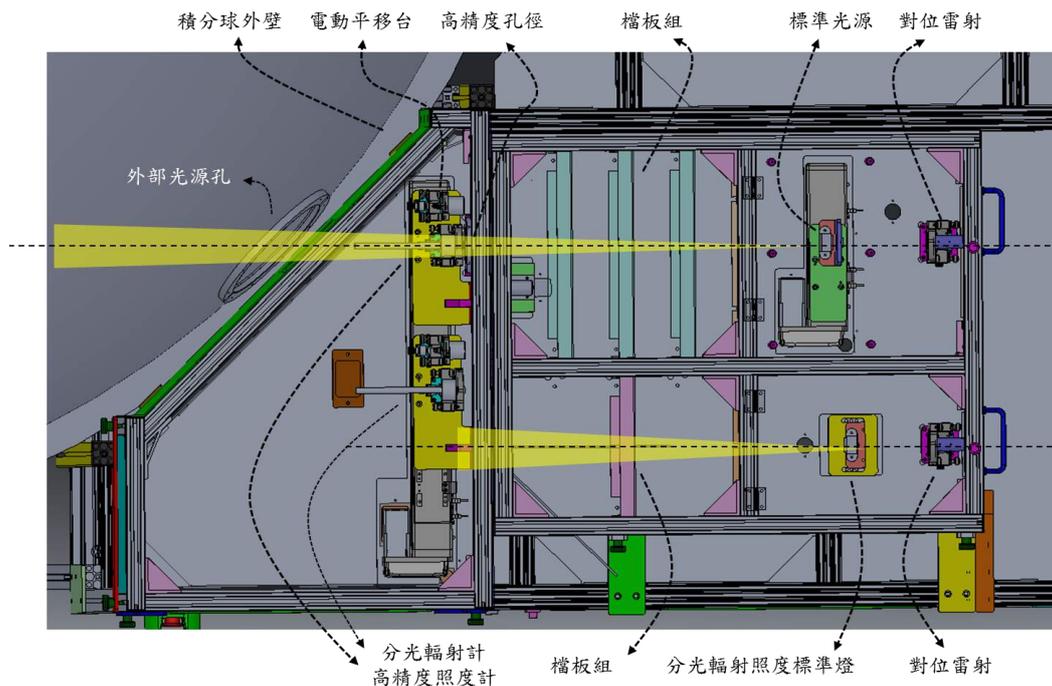


圖 1-3-6、絕對光通量外部光源模組

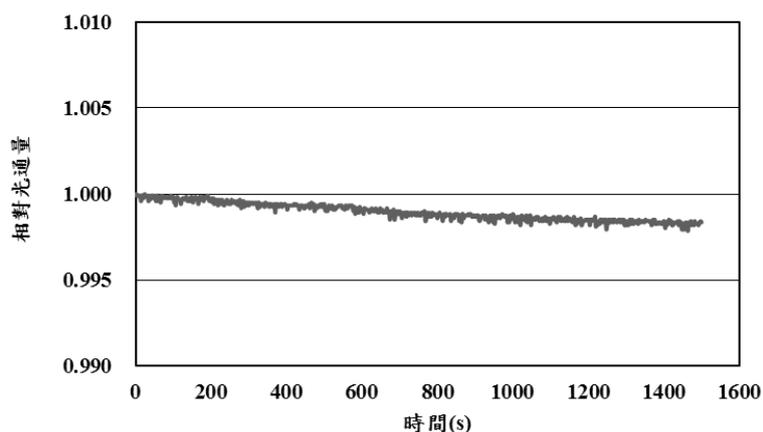
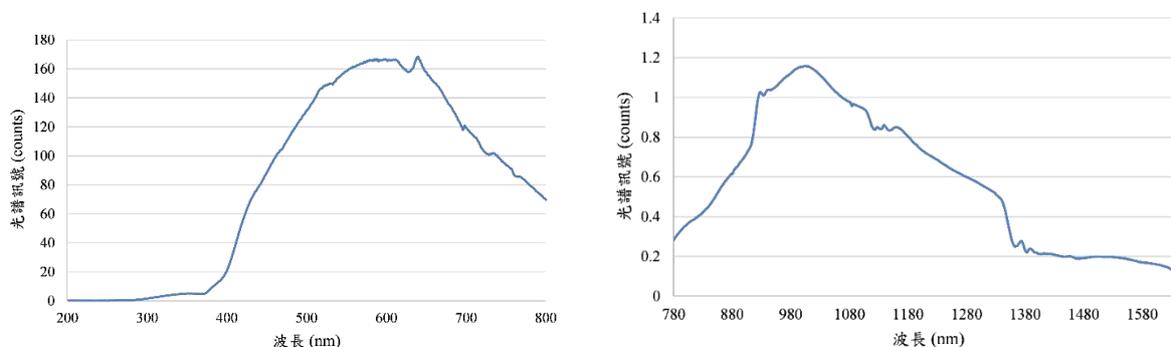


圖 1-3-7、絕對光通量標準燈之光通量變動

- 完成分光輻射通量量測與全光通量量測系統不確定度評估

系統共有三部陣列式光譜儀，以衛星積分球連接至 3.0 m 積分球，各儀器之量測

範圍互有交錯且解析度不同，分別為 200 nm 至 800 nm、780 nm 至 1650 nm 與 1000 nm 至 2000 nm。分光輻射通量標準件之光譜範圍為 300 nm 至 1100 nm，以 Instrument System CAS140CT-152 作為標準，其餘之光譜範圍以內插及重疊部分修正為 200 nm 至 800 nm 之光譜響應，波段 200 nm 至 800 nm 與 780 nm 至 1650 nm 原始光譜圖如圖 1-3-8 所示，以分光輻射通量標準燈校正後，其分光輻射通量量測結果如圖 1-3-9 所示。



a) 波段 200 nm ~ 800 nm

(b) 波段 780 nm ~ 1650 nm

圖 1-3-8、陣列式光譜儀原始光譜圖

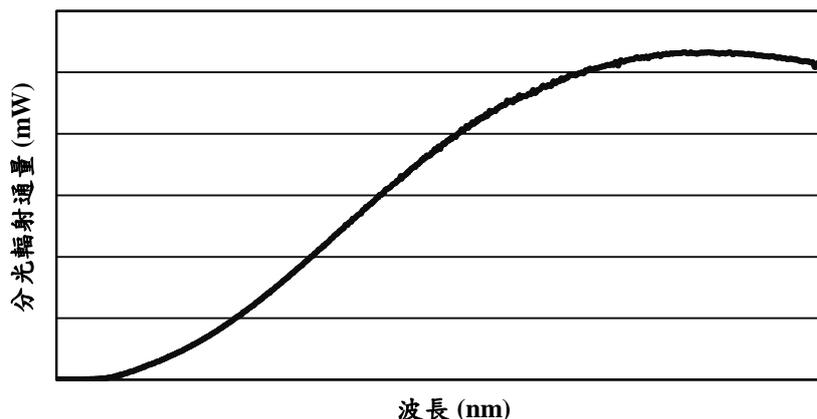


圖 1-3-9、陣列式光譜儀校正後之光譜量測結果(分光輻射通量)

分光輻射通量標準燈量測系統係以分光輻射通量標準燈進行標準傳遞，將分光輻射通量透過光譜儀進行量測，全光通量標準值以光偵測器測得之光訊號進行校正。因此，系統不確定度評估之步驟與全光通量標準燈量測系統相似，惟須考慮光譜儀的各項評估。因此，不確定度來源為光譜儀之線性度不確定度(W_l)、光譜儀雜光不確定度(W_s)、光譜儀波長準確度不確定度(W_a)。標準燈光檢出信號比值不確定度(S)、輔助燈光檢出信號比值不確定度(A)及標準燈全光通量追溯幾何不確定度(Φ_s)。其中標準燈與輔助燈之光檢出信號不確定度包含重複性與電流變異之評估。標準燈電流變動迴歸分析係變動標準燈之輸入電流以量測光檢出信號，藉以計算各標準燈之迴歸分析，以評估標準燈電流變異不確定度，如圖 1-3-10 所示。

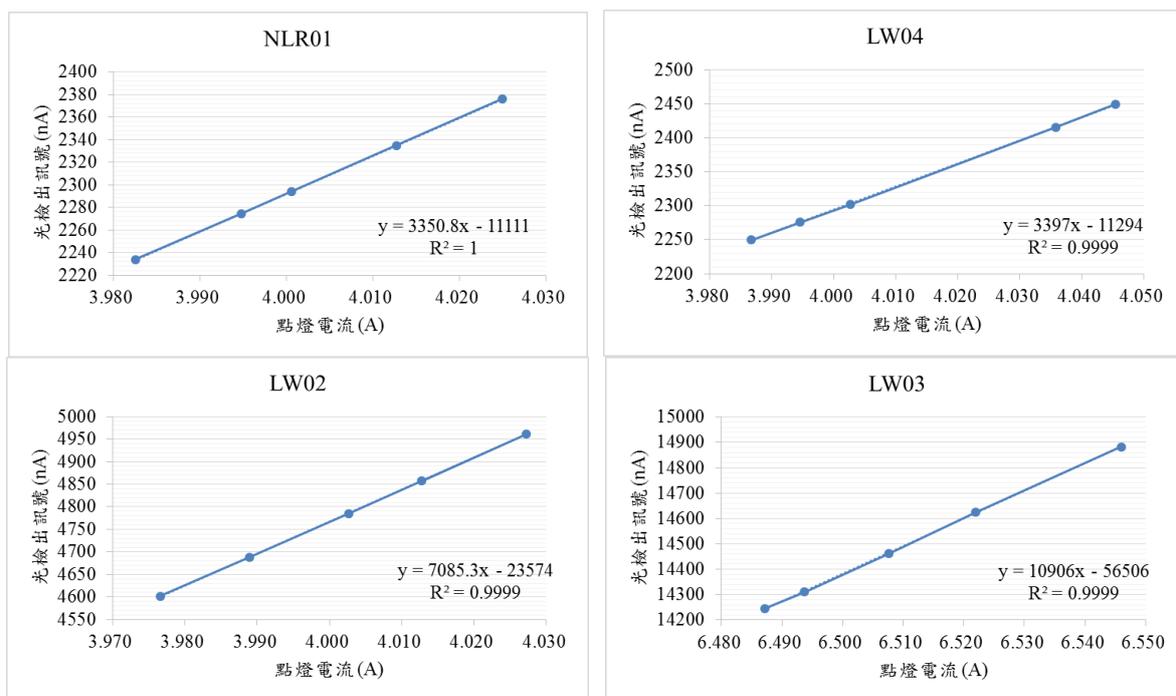


圖 1-3-10、標準燈電流變異不確定度評估數據

由於全光通量值係以 $V(\lambda)$ 偵測器作為偵測器，量測光訊號時，理論上 $V(\lambda)$ 偵測器之分光頻譜響應(Spectral responsivity)應與人眼視效函數 $V(\lambda)$ 相同，使計算後之光通量與人眼感知相同。然而 $V(\lambda)$ 偵測器之光譜響應實際上與人眼視效函數有些微的偏差， $V(\lambda)$ 偵測器之相對頻譜響應函數為 $S_{rel}^*(\lambda)$ ，如式(1-3-1)所示，其與 $V(\lambda)$ 標準視效函數之偏差指數 f_1' 以式(1-3-2)計算為 1.47 %。

$$S_{rel}^*(\lambda) = R(\lambda) \cdot \frac{\int_{380}^{780} S_s(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} S_s(\lambda) \cdot R(\lambda) d\lambda} \quad (1-3-1)$$

$$f_1' = \frac{\int_{380}^{780} |S_{rel}^*(\lambda) - V(\lambda)| d\lambda}{\int_{380}^{780} V(\lambda) d\lambda} \quad (1-3-2)$$

其中 $S_s(\lambda)$ ：標準光源之光譜(Illuminant A)

$R(\lambda)$ ： $V(\lambda)$ 偵測器之頻譜響應

$V(\lambda)$ ：標準視效函數

若以 $V(\lambda)$ 偵測器量測特定的窄光譜分布光源之光度量時，該窄光譜分布落在 $V(\lambda)$ 偵測器之光譜響應偏差處時，就可能造成相當的誤差。例如量測發光二極體之全光通量時，

LED 光源之光譜分布窄。因此量測該光源時，若無修正量測結果，可能會在長波長或短波長處造成相當大之誤差。修正方法以計算光譜修正係數(Spectral mismatch correction factor)進行修正，光譜修正係數 f_{SCF} 式(1-3-3)所示。

$$f_{SCF} = \frac{\int_{380}^{780} S_t(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} S_s(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda} \cdot \frac{\int_{380}^{780} S_s(\lambda) \cdot R(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} S_t(\lambda) \cdot R(\lambda) d\lambda} \quad (1-3-3)$$

其中 $S_t(\lambda)$ 為待校燈之光譜；

則經光譜修正係數修正之全光通量值如式(1-3-4)所示。

$$\Phi_u = \frac{S_u}{S_s} \times \Phi_s \times \frac{A_s}{A_u} \times f_{SCF} \quad (1-3-4)$$

此系統為量測鎢絲燈或連續光譜白光光源之全光通量，計算黑體輻射光源色溫由 2650 K 至 3200 K 之 f_{SCF} ， f_{SCF} 計算結果如圖 1-3-11 所示。

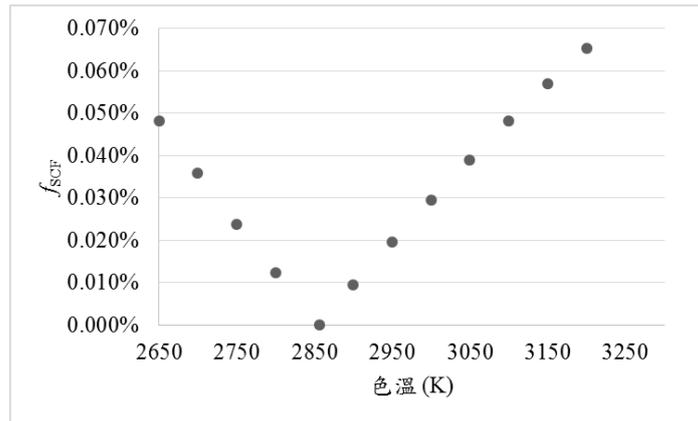


圖 1-3-11、黑體輻射光源於 2650 K 至 3200 K 之 f_{SCF} 分析數據

依式(5)可得全光通量標準燈相對組合標準不確定度為

$$u_{c,r}(\Phi_u) = \sqrt{u_r^2(\Phi_s) + u_r^2(S) + u_r^2(A) + u_r^2(W)} \quad (1-3-5)$$

依 v_{eff} 與信賴水準可決定涵蓋因子 k 與相對擴充不確定度。量測不確定度係相對組合標準不確定度與涵蓋因子 k 之乘積。

$$U_r = k \times u_{c,r}(\Phi_u) \quad (1-3-6)$$

表 1-3-5 為 50 W 光通量標準燈於 550 nm 分光輻射通量量測不確定度分析表，依據系統評估結果發現 550 nm 為系統最佳條件下，量測不確定度為 1.1 %。系統量測範圍為(300 ~ 1100) nm，其中(300 ~ 399) nm，量測不確定度為 2.8 %；(400 ~ 749) nm，量測不確定度為 1.1 %；(750 ~ 1100) nm 為 2.8 %。表 1-3-6 為 50 W 光通量標準燈全光通量不確定度分

析表，量測不確定度為 1.0 %。

表 1-3-5、50 W 光通量標準燈量測不確定度分量表(550 nm)

不確定度來源 x_i	機率 分配	相對標準不確定度 $u_r(x_i)$	靈敏係數 c_i	不確定度分量 $ c_i u_r(x_i)$	自由度 $\nu(x_i)$
標準燈全光通量追溯與幾何 Φ_s		0.487 %	1	0.487 %	129
標準件追溯 t	常態	0.300 %			5000
積分球內幾何效應 g	矩形	0.384 %			50
光源光檢出信號比值 S		0.151 %	1	0.151 %	57
光檢出信號比值重複性 w	常態	0.149 %			11
電流變異 ϕ	矩形	0.021 %			50
輔助燈光檢出信號比值 A		0.131 %	1	0.131 %	11
輔助燈光檢出信號重複性 w_a	常態	0.130 %			11
輔助燈電流變異 ϕ_a	矩形	0.010 %			50
光譜儀不確定度 W		0.116 %	1	0.116 %	51
光譜儀線性度 W_l	矩形	0.115 %			50
光譜儀雜光 W_s	矩形	0.006 %			50
光譜儀波長準確度 W_a	矩形	0.008 %			50
相對組合標準不確定度 $u_{c,r} = 0.54 %$ 有效自由度 $\nu_{\text{eff}} = 165$ 涵蓋因子 $k = 1.97$ 量測不確定度 $U_r = 1.1 %$ (信賴水準為 95 %)					

表 1-3-6、50 W 標準燈全光通量量測不確定度分量表

不確定度來源 x_i	機率 分配	相對標準不確定度 $u_r(x_i)$	靈敏係數 c_i	不確定度分量 $ c_i u_r(x_i)$	自由度 $\nu(x_i)$
標準燈全光通量追溯與幾何 Φ_s		0.288 %	1	0.288 %	3807
標準件追溯 t	常態	0.265 %			5000
積分球內幾何效應 g	矩形	0.113 %			200
光源光檢出信號比值 S		0.111 %	1	0.111 %	57
光檢出信號比值重複性 w	常態	0.005 %			11
電流變異 ϕ	矩形	0.021 %			50
光偵測器線性度 f_1	矩形	0.108 %			50
光偵測器光譜效應 f_2	矩形	0.019 %			50
輔助燈光檢出信號比值 A		0.011 %	1	0.011 %	56
輔助燈光檢出信號重複性 w_a	常態	0.003 %			11
輔助燈電流變異 ϕ_a	矩形	0.010 %			50
系統與標準燈追溯及穩定性 C		0.384 %	1	0.384 %	54
系統長時間穩定性 C_s	常態	0.301 %			24
標準燈追溯變異 C_t	矩形	0.238 %			50
工作標準燈全光通量短期穩定性 C_w	常態	0.008 %			10
相對組合標準不確定度 $u_{c,r} = 0.49 %$ 有效自由度 $\nu_{\text{eff}} = 144$ 涵蓋因子 $k = 1.98$ 量測不確定度 $U_r = 1.0 %$ (信賴水準為 95 %)					

◆ 振動比較校正系統(V03)系統

振動比較校正系統(V02)主要服務對象為國內資訊、通訊與電腦(ICT)之系統廠與製造廠，另亦可提供在產品開發之振動、落下試驗等可靠度、環境試驗認證，滿足零件設計規範與系統設計開發之校正需求，在機械製造或是生產單位主要應用在製程設備之損壞監控、設備振動量測等。104 年度已完成振動比較校正系統(V02)之改善，105 年度則進行衝擊振動比較校正系統(V03)之改善工作。

A.目標：

完成衝擊振動比較校正系統(V03)評估

- 量測範圍: (200 ~ 10000) m/s²
- 量測不確定度：2.2 %

B.工作成果：

- 完成衝擊振動比較校正系統建立

配合衝擊比較式系統設備汰換，量測範圍由原本 1000 m/s² 向下延伸至 200 m/s²，量測範圍上限不變，維持在 10000 m/s²，系統架構圖如圖 1-3-12。

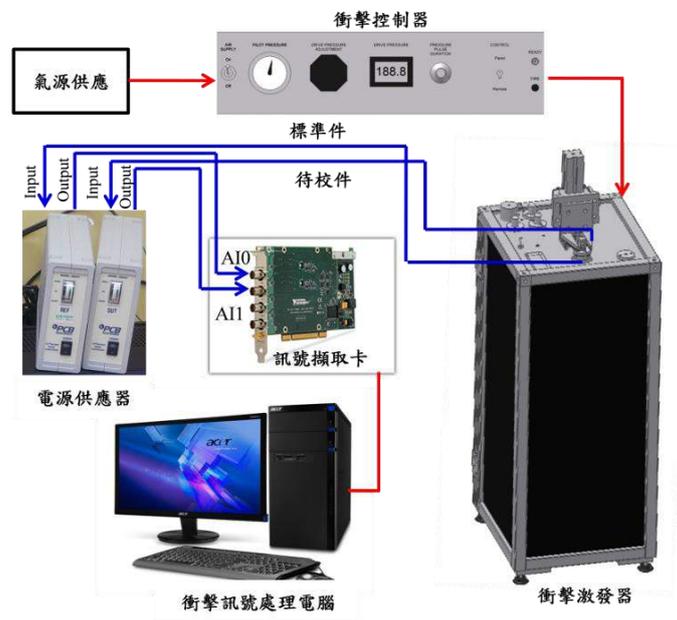


圖 1-3-12、衝擊振動比對校正系統

更新衝擊產生模組為精確的氣壓控制模組，改善舊有系統衝擊源大小控制不易的問題。評估結果衝擊峰值重複性< 1.7 %，如表 1-3-7，衝擊完成圖如圖 1-3-13。

表 1-3-7、衝擊峰值量測結果

衝擊峰值 / 次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	重複性
200 m/s ²	1.14	1.14	1.12	1.14	1.12	1.14	1.14	1.12	1.14	1.14	1.7 %
20000 m/s ²	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64	0 %

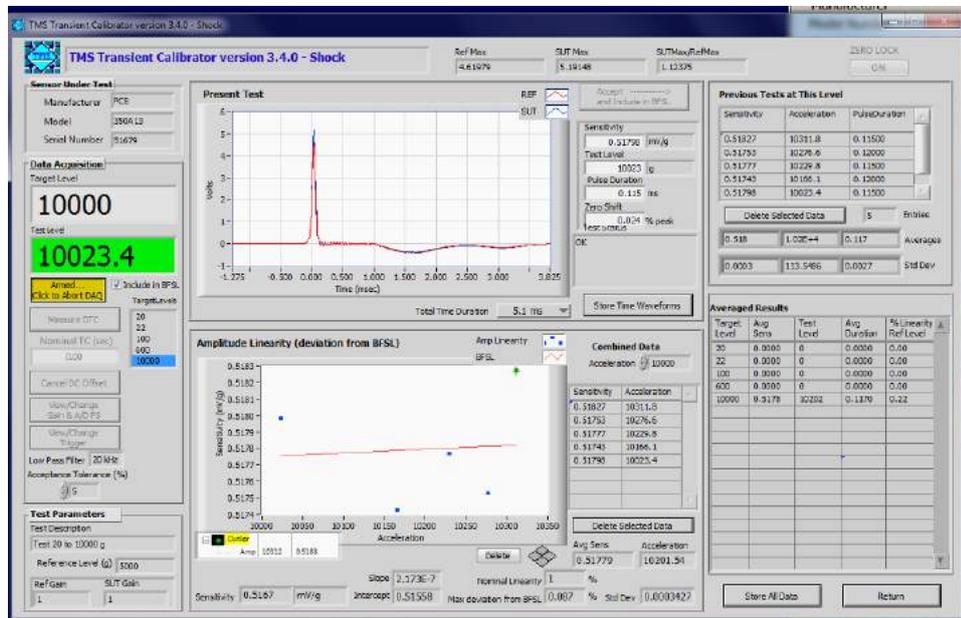


圖 1-3-13、比較式衝擊校正系統衝擊完成圖

- 完成衝擊振動比對校正系統評估

待校加速規靈敏度之不確定度評估結果如表 1-3-8 所示。

表 1-3-8、待校加速規靈敏度之不確定度評估結果

衝擊值 (m/s ²)	待校件靈敏度 S_u (mV/(m/s ²))	組合標準不確定度 $u_c(y)$ (mV/(m/s ²))	有效自由度 ν_{eff}	涵蓋因子 k	量測不確定度 (%)
200	0.0526	0.000485597	683	1.97	1.9
2 000	0.0526	0.000484626	679	1.97	1.9
6 000	0.0526	0.000485129	682	1.97	1.9
10 000	0.0526	0.000484739	680	1.97	1.9

表 1-3-9 以衝擊值 2000 m/s² 為例，列出待校加速規靈敏度各不確定度分量。其中涵蓋因子採 95 % 信賴水準。同理可得其它衝擊值各不確定度分量。

表 1-3-9、衝擊值 2000 m/s² 量測不確定度分量表

不確定度源 X_i	A/B 類	標準不確 定度 $u(X_i)$	靈敏係數 $\frac{\partial f}{\partial X_i}$	不確定度分量 $\left \frac{\partial f}{\partial X_i} \right u(X_i)$	自由度
標準加速規組追溯標準不確定度 $u(S_r)$	B	0.00024 mV/(m/s ²)	1.119214	0.00026838 mV/(m/s ²)	200
標準加速規組與待校加速規輸出電 壓比值的標準不確定度 $u(V_{ra})$		0.008586	0.047 mV/(m/s ²)	0.0004035 mV/(m/s ²)	480
影響標準加速規輸出各系統儀器之 標準不確定度 $u_B(V_{ra})$	B	0.008578			478
長期 25 組與單組 3 次量測平均值的 不確定度 $u_A(V_{ra})$	A	0.000361			25
組合標準不確定度 u_c	0.0004846 mV/(m/s ²)				
有效自由度 ν_{eff}	679				
涵蓋因子 k	1.97				
量測不確定度	1.9 %				

◆ 直流低電阻系統(E13)

電阻器屬被動元件，舉凡材料、電子儀器、電機、電力、半導體、電子、光電、通訊等，只要產品中有電路，一定會使用到電阻器。電阻器的品質管理端仰賴精準的電阻量測系統及校正追溯體系，而由於幾乎涵蓋所有產業，電阻的量測範圍極大，從例如：半導體材料接觸電阻之小於 10⁻⁶ Ω 等級至電力設備絕緣電阻大於 10¹¹ Ω 等級。因此，在電阻國家標準的維持上亦相對複雜。本系統於 104 年度進行自動電阻電橋汰舊換新，105 年進行低電阻範圍校正程序建立與評估，以簡化校正步驟、提高量測可靠度及準確度

A.目標：

完成直流電阻量測系統評估與改良

- 量測範圍: 0.1 mΩ ~ 100 kΩ
- 量測不確定度：0.1 mΩ ~ 0.1 Ω < 5 μΩ/Ω
1 Ω ~ 100 kΩ < 1 μΩ/Ω

B.工作成果：

- 完成直流電阻量測系統校正程序建立

系統量測範圍區分為 0.1 mΩ 至 0.1 Ω 及 1 Ω 至 100 kΩ，直流電阻自動電橋的電橋比率可從 1:1 至 1:13 連續變化，電橋之比率會依待校電阻之標稱值(R_x)及標準電阻值(R_s)設定，來自動調整 1:1 至 1:13 的比率，目前常用之比率為 1:1、1:10、1:13 三組比率。量測 1 Ω 至 100 kΩ 範圍時，只使用自動電橋 1:10 的比率，及透過掃描開關切換至正確的待校件(R_x)及標準件(R_s)，經由比較兩者之電阻值比率，再由標準電阻器之標準電阻值，計算出待校電阻器之電阻值。0.1 mΩ 至 0.1 Ω 範圍的電阻校正與 1 Ω 至 100 kΩ 範圍大致相同，但需經由 150 A 範圍擴充器(比率有 1:10、1:100、1:1000 三組固定比率)，同樣的自動電橋也依待校電阻值，自動調整比率，並使用高電流輸出之電源供應器(電流可提供達 150 A)來達成 0.1 mΩ 至 0.1 Ω 校正。系統硬體連接示意圖如圖 1-3-12 所示，直流電流比較器電橋經由掃描切換器連接至標準電阻器及待校電阻器。

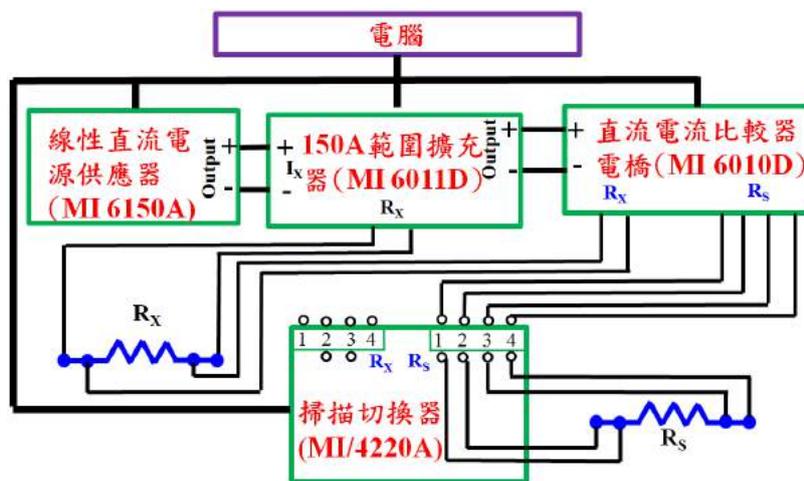


圖 1-3-14、直流電阻量測系統之硬體連接示意

- 完成直流電阻系統不確定度評估

待校電阻器之校正值計算為：

$$R_x = \frac{R_{xM}}{R_{sM}} \times R_s = r \times R_s \quad (1-3-7)$$

其中 R_x ：待校電阻器之校正值(Ω)

R_s ：標準電阻器之標準電阻值(Ω)

$R_{xM}/R_{sM} \equiv r$ ：由直流電流比較器電橋所量測之待校電阻器(R_{xM})與標準電阻器(R_{sM})之電阻值比率

待校電阻器之校正值方程式定義為 $R_x = f(r, R_s) = r \times R_s$ 。

組合標準不確定度為

$$u_c^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial r}\right)^2 u^2(r) + \left(\frac{\partial f}{\partial R_s}\right)^2 u^2(R_s) = (R_s)^2 u^2(r) + r^2 u^2(R_s) \quad (1-3-8)$$

所以

$$u_c = \sqrt{R_s^2 u^2(r) + r^2 u^2(R_s)} \quad (1-3-9)$$

根據上式計算之各標稱值待校電阻器相對組合標準不確定度，如表 1-3-10，量測不確定度如表 1-3-11。表 1-3-10 參數分別代表：

R_s ：標準電阻器之標準電阻值(Ω)。

r ：待校電阻器與標準電阻器之電阻值比率。

$u_{(r)A}$ ：A 類相對標準不確定度。

$u_{(r)B}$ ：直流電流比較器電橋比率不確定度。

$u_{(R_s)B1}$ ：標準電阻器之漂移率不確定度。

$u_{(R_s)B2}$ ：溫度不穩定造成之不確定度。

$u_{(R_s)B3}$ ：標準電阻器電阻值之不確定度。

表 1-3-10、各標稱值待校電阻器之相對組合標準不確定度

標稱值	R_s	r	$u_{(r)A}$	$u_{(r)B}$	$u_{(R_s)B1}$	$u_{(R_s)B2}$	$u_{(R_s)B3}$	相對組合標準 不確定度 u_{rc}
								$\mu\Omega/\Omega$
0.1 m Ω	1 Ω	0.0001	1.48	1.15	0.05	0.012	0.0556	1.879
0.001 Ω	1 Ω	0.001	1.19	1.15	0.05	0.012	0.0556	1.660
0.01 Ω	1 Ω	0.01	0.30	0.58	0.05	0.012	0.0556	0.655
0.1 Ω	1 Ω	0.1	0.31	0.58	0.05	0.012	0.0556	0.660
1 Ω	1 Ω	1	0.01	0.029	0.05	0.012	0.0556	0.082
10 Ω	1 Ω	10	0.01	0.020	0.05	0.012	0.0556	0.079
100 Ω	1 Ω	100	0.01	0.029	0.05	0.012	0.0556	0.082
1 k Ω	10 k Ω	0.1	0.01	0.020	0.05	0.012	0.0493	0.074
10 k Ω	10 k Ω	1	0.01	0.029	0.05	0.012	0.0493	0.077
100 k Ω	10 k Ω	10	0.02	0.050	0.05	0.012	0.0493	0.088

表 1-3-11、各標稱值待校電阻器之量測不確定度

標稱值	有效自由度 ν_{eff}	信賴水準	涵蓋因子 k	相對組合標準不確定度 u_{rc}	量測不確定度 U_r
0.1 mΩ	10	95 %	2.23	1.879 μΩ/Ω	4.2 μΩ/Ω
0.001 Ω	15	95 %	2.13	1.660 μΩ/Ω	3.6 μΩ/Ω
0.01 Ω	90	95 %	1.99	0.655 μΩ/Ω	1.4 μΩ/Ω
0.1 Ω	82	95 %	1.99	0.660 μΩ/Ω	1.4 μΩ/Ω
1 Ω	17828	95 %	1.96	0.082 μΩ/Ω	0.17 μΩ/Ω
10 Ω	15550	95 %	1.96	0.079 μΩ/Ω	0.16 μΩ/Ω
100 Ω	17828	95 %	1.96	0.082 μΩ/Ω	0.17 μΩ/Ω
1 kΩ	11801	95 %	1.96	0.074 μΩ/Ω	0.15 μΩ/Ω
10 kΩ	13795	95 %	1.96	0.077 μΩ/Ω	0.16 μΩ/Ω
100 kΩ	1533	95 %	1.96	0.88 μΩ/Ω	0.18 μΩ/Ω

• 完成非十進制電阻校正技術建立及評估

新增非十進制電阻校正技術，電阻值範圍為 100 Ω 至 1000 Ω，電阻值比率為 1：1 至 1：10，以 100 Ω 至 1000 Ω 這段最大的不確定度 100：1000，來呈現 100 Ω 至 1000 Ω 之非十進制電阻不確定度評估。1000 Ω 電阻器在非十進電阻之相對組合標準不確定度及量測不確定度評估結果如表 1-3-12 及表 1-3-13。

表 1-3-12、1000 Ω 電阻器在非十進電阻評估之相對組合標準不確定度

R_s	r	$u_{(r)A}$	$u_{(r)B}$	$u_{(R_s)B1}$	$u_{(R_s)B2}$	$u_{(R_s)B3}$	$u_{(R_s)B4}$	相對組合標準不確定度 u_{rc}
1 Ω	1000	0.5 μΩ/Ω	0.035 μΩ/Ω	0.05 μΩ/Ω	0.012 μΩ/Ω	0.0556 μΩ/Ω	2.0 μΩ/Ω	2.063 μΩ/Ω

表 1-3-13、1000 Ω 電阻器在非十進電阻評估之量測不確定度

標稱值	有效自由度 ν_{eff}	信賴水準	涵蓋因子 k	相對組合標準不確定度 u_{rc}	量測不確定度 U_r
1000 Ω	1159	95 %	1.96	2.063 μΩ/Ω	4.1 μΩ/Ω

◆ 氣壓量測系統(P04)系統

氣壓量測為許多量測應用之重要參數，本系統提供國內各相關產業、檢測實驗室等標準追溯之管道，影響所及涵蓋機械、化工、橡膠、電子、食品、石化等產業。本系統於 104 年完成系統設備汰換，105 年進行改良工作，以確保系統可持續提供國內校正服務。

A.目標：

完成氣壓量測系統評估改良

- 量測範圍：(170 ~ 7000) kPa
- 量測不確定度：(170 ~ 700) kPa： 2.5×10^{-5}
(700 ~ 7000) kPa： 3.5×10^{-5}

B.工作成果：

- 完成活塞下降率改善以符合 EURAMET cg-3 之建議

依據歐洲國家計量機構協會(EURAMET)文件(Calibration of Pressure Balances, EURAMET cg-3 Version 1.0, 2011)，在最大操作壓力下，於活塞旋轉之狀態，活塞由量測行程最高位置降至最低位置之時間應至少 3 分鐘。本系統最大壓力為 7000 kPa，在系統改良前本系統之下降時間為 2.1 分鐘，完成系統改良後為 5.9 分鐘(如圖 1-3-15)，符合 EURAMET cg-3 之建議。

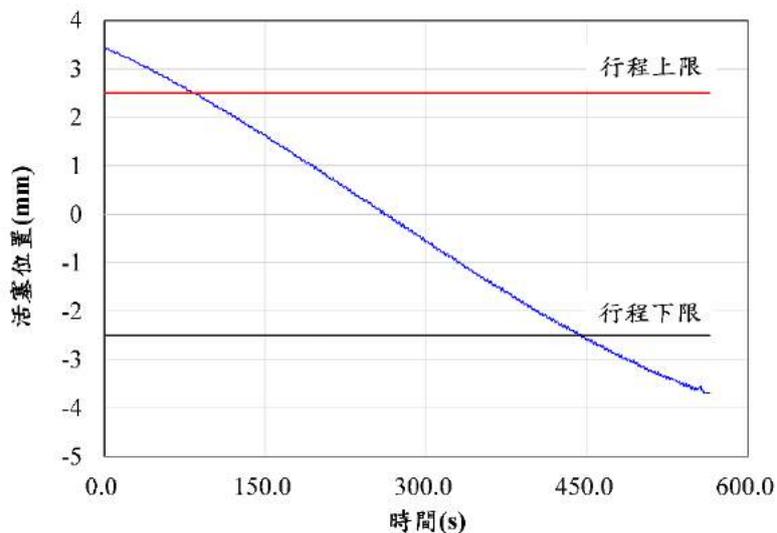


圖 1-3-15、改良後活塞下降時間

- 完成儀控程式撰寫，可即時自動化擷取活塞位置、下降率、轉速、轉速變化等數據並

儲存，使得校正人員可即時監控儀器之運作情形，並可於事後進行儀器特性分析。程式之執行畫面如圖 1-3-16。

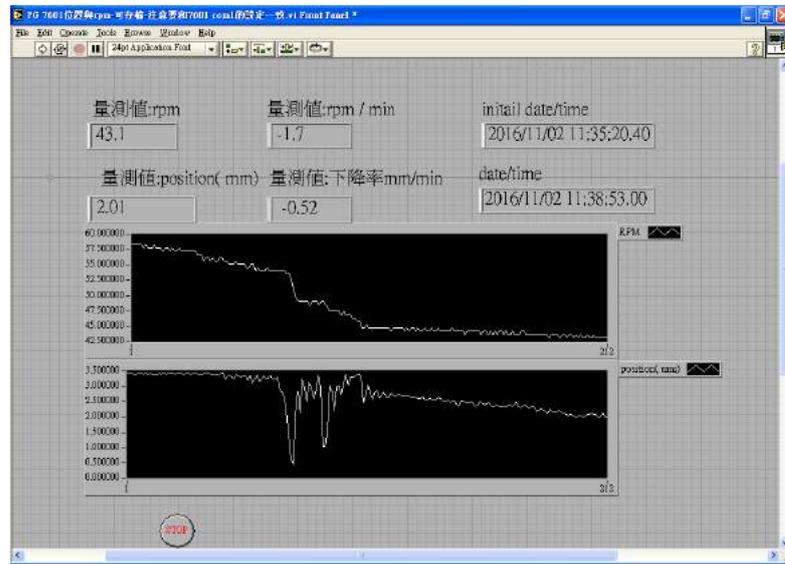


圖 1-3-16、自動化擷取程式完成圖

- 完成校正計算程式建立

使用微軟公司 Office 2013 軟體，以 VBA 程式撰寫比較校正法及連通比較法校正計算程式。

點數	標準值	量測值	小量碼	溫度	標準+量測值	小量碼	溫度
1-1	1998	1298 8737	0.88990	23.31	211.8396	5.2000	22.89
1-2	1998	8498 6688	10.88978	23.51	1491.8467		23.36
1-3	1998	13698 6719	66.10050	23.54	2391.8782		23.01
1-4	1998	18098 6578	79.59168	23.58	3301.8906		23.30
1-5	1998	24198 6720	76.20048	23.62	4191.9137		23.41
1-6	1998	29498 6789	31.14985	23.63	5091.9162		23.40
1-7	1998	34798 6939	44.70103	23.24	8001.9277		22.52
1-8	1998						
1-9	1998						
1-10	1998						
2-1	1998	1298 8737	0.88990	23.40	211.8396	5.2000	23.06
2-2	1998	8498 6688	10.88978	23.51	1491.8467		23.39
2-3	1998	13698 6719	66.10050	23.55	2391.8782		23.01
2-4	1998	18098 6578	79.59168	23.50	3301.8906		23.36
2-5	1998	24198 6720	76.20048	23.63	4191.9137		23.41
2-6	1998	29498 6789	31.04985	23.62	5091.9162		23.41
2-7	1998	34798 6939	44.60113	23.25	8001.9277		22.83
2-8	1998						
2-9	1998						
2-10	1998						
3-1	1998	1298 8737	0.87990	23.44	211.8396	5.2000	23.17
3-2	1998	8498 6688	10.88978	23.52	1491.8467		23.40
3-3	1998	13698 6719	66.10050	23.55	2391.8782		23.02
3-4	1998	18098 6578	79.61168	23.50	3301.8906		23.37
3-5	1998	24198 6720	76.20048	23.63	4191.9137		23.42
3-6	1998	29498 6789	31.09985	23.61	5091.9162		23.42
3-7	1998	34798 6939	44.60113	23.25	8001.9277		22.94
3-8	1998						
3-9	1998						
3-10	1998						

圖 1-3-17、氣壓量測系統校正計算程式畫面

• 完成氣壓量測系統評估

在(170 ~ 700) kPa 之量測不確定度為 2.5×10^{-5} ，在(700 ~ 7000) kPa 之量測不確定度為 3.5×10^{-5} ，相關要點說明如下：

a. 量測方程式

DHI PG7601 活塞壓力計在參考位面上之標準壓力為：

$$P_g = \frac{\sum_i M_i \cdot (1 - \rho_{air} / \rho_{std}) \cdot g_L}{A_e \cdot [1 + (\alpha_p + \alpha_c) \cdot (t - t_r)]} \quad (1-3-10)$$

其中

P_g ：參考位面上之量測壓力；

M_i ：法碼與活塞之質量，以約定質量的方式表示；

ρ_{air} ：空氣密度；

ρ_{std} ：標準法碼密度；

g_L ：當地重力值；

A_e ：活塞缸組立之有效面積；

α_p ：活塞材料之熱膨脹係數；

α_c ：活塞缸材料之熱膨脹係數；

t ：量測時，活塞缸組立之溫度；

t_r ：活塞缸組立之參考溫度；

待校件有效面積之量測方程式為：

$$A = \frac{\sum_i M_i \cdot g_L \cdot [1 - (\rho_{air} / \rho_{std})]}{[P_g + (\rho_f - \rho_{air}) \cdot g_L \cdot \Delta h] \cdot [1 + (\alpha_{tp} + \alpha_{tc}) \cdot (t - t_r)]} \quad (1-3-11)$$

其中

A ：待校件有效面積

M_i ：待校件之法碼與活塞的質量

g_L ：當地重力值；

ρ_{air} ：空氣密度；

ρ_{std} ：標準法碼密度；

α_{tp} ：待校件活塞膨脹係數

α_{tc} ：待校件活塞缸膨脹係數

t_t ：待校件之活塞缸組立溫度

t_r ：活塞缸組立之參考溫度；

ρ_f ：壓力傳遞介質密度

Δh ：參考位面高度 h_1 與量測壓力位面高度 h_2 的高度差， $\Delta h = h_1 -$

h_2 。

b. (170 ~ 700) kPa 之系統評估

以實際實驗求得待校件有效面積 A 類相對標準不確定度 $u_{rA} = 2.187 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{m}^2$ ，
 並由表 1-3-14 及 1-3-15 求得 u_{rB} 。相對組合標準不確定度 $u_{rc} = \sqrt{(u_{rA}^2 + u_{rB}^2)}$
 $= 1.247 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{m}^2$ ，量測不確定度 $= k \times u_{rc} = 2 \times 1.247 \times 10^{-5} \approx 2.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{m}^2$ 。

表 1-3-14、(170 ~ 700) kPa 標準壓力不確定度分量表

輸入量	單位	估計量	變異範圍 (Variability interval)	機率 分佈	除數 (Divisor)	標準不確定度 $u(x_i)$	靈敏係數 c_i	$ c_i \cdot u(x_i)$ (Pa)	自由度 ν_i
ΣM_i	kg	36.511	1.76E-04	t	2	8.80E-05	$2.74\text{E-}02 \times P_g$	$2.41\text{E-}06 \times P_g$	60
ρ_{air}	kg/m ³	1.2	0.05	矩形	$\sqrt{3}$	2.89E-02	$-1.25\text{E-}04 \times P_g$	$3.61\text{E-}06 \times P_g$	50
ρ_{std}	kg/m ³	8000	200	矩形	$\sqrt{3}$	1.15E+02	$1.88\text{E-}08 \times P_g$	$2.17\text{E-}06 \times P_g$	50
g_L	m/s ²	9.78913701	5E-08	t	2	2.50E-08	$1.02\text{E-}01 \times P_g$	$2.55\text{E-}09 \times P_g$	60
A_e	m ²	4.90258E-04	8.4E-09	t	2	4.20E-09	$-2.04\text{E+}03 \times P_g$	$8.57\text{E-}06 \times P_g$	60
$\alpha_p + \alpha_c$	1/°C	9.0E-06	1.0E-06	t	2	5.00E-07	$-1.50\text{E+}00 \times P_g$	$7.50\text{E-}07 \times P_g$	60
$t - t_r$	°C	1.5	0.05	t	2	2.50E-02	$-9.00\text{E-}06 \times P_g$	$2.25\text{E-}07 \times P_g$	60

組合標準不確定度: $9.876 \times 10^{-6} \cdot P_g$ ，有效自由度: 101，信賴水準: 約 95%，涵蓋因子 k : 2，
 擴充不確定度 $U = 1.975 \times 10^{-5} \cdot P_g \approx 2.0 \times 10^{-5} \cdot P_g$
 相對擴充不確定度 $= U/P_g = 2.0 \times 10^{-5}$

表 1-3-15、(170 ~ 700) kPa 待校件有效面積 B 類不確定度分量表

輸入量 x_i	單位	估計量	變異範圍	除數 (Divisor)	標準不確定 度 $u(x_i)$	相對標準不確定度 $u_r(A) / A$
P_g	Pa	P	$2.00\text{E-}05 \times p$	2	$1.00\text{E-}05 \times p$	1.00E-05
ΣM_{ii}	kg	6.811	7.90E-05	2	3.95E-05	5.80E-06
t_i	°C	24.5	0.05	2	2.50E-02	2.28E-07
$\alpha_{tp} + \alpha_{tc}$	1/°C	9.10E-06	1.0E-06	$\sqrt{3}$	5.77E-07	8.66E-07
g_L	m/s ²	9.78913701	5.0E-08	2	2.50E-08	2.55E-09
ρ_{air}	kg/m ³	1.2	0.05	$\sqrt{3}$	2.89E-02	3.70E-06
ρ_{std}	kg/m ³	7800	100	$\sqrt{3}$	5.77E+01	1.23E-08
Δh	m	0.1001	0.025	$\sqrt{3}$	1.44E-02	1.61E-06
ρ_f	kg/m ³	$1.14\text{E-}05 \times p$	$1.14\text{E-}07 \times p$	$\sqrt{3}$	$6.58\text{E-}08 \times p$	6.45E-08

$$u_{rB}(A) = \left[\sum_i \frac{u_i(A)}{A} \right]^{0.5} = 1.228E-05$$

c. (700 ~ 7000) kPa 之系統評估

以實際實驗求得待校件有效面積 A 類相對標準不確定度 $u_{rA} = 1.134 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{m}^2$ ，並由表 1-3-16 及 1-3-17 求得 u_{rB} 。相對組合標準不確定度 $u_{rc} = \sqrt{(u_{rA}^2 + u_{rB}^2)} = 1.71 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{m}^2$ ，量測不確定度 $U_{rCMC} = k \times u_{rc} = 2 \times 1.71 \times 10^{-5} \approx 3.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{m}^2$ 。

表 1-3-16、(700 ~ 7000) kPa 標準壓力不確定度分量表

輸入量	單位	估計量	變異範圍	機率分佈	除數 (Divisor)	標準不確定度 $u(x_i)$	靈敏係數 c_i	$ c_i \cdot u(x_i)$ (Pa)	自由度 ν_i
ΣM_i	kg	36.511	1.76E-04	t	2	8.80E-05	$2.74E-02 \times P_g$	$2.41E-06 \times P_g$	60
ρ_{air}	kg/m ³	1.2	0.05	矩形	$\sqrt{3}$	2.89E-02	$-1.25E-04 \times P_g$	$3.61E-06 \times P_g$	50
ρ_{std}	kg/m ³	8000	200	矩形	$\sqrt{3}$	1.15E+02	$1.88E-08 \times P_g$	$2.17E-06 \times P_g$	50
g_L	m/s ²	9.78913701	5E-08	t	2	2.50E-08	$1.02E-01 \times P_g$	$2.55E-09 \times P_g$	60
A_e	m ²	4.90193E-05	8.6E-10	t	2	4.30E-10	$-2.04E+04 \times P_g$	$8.77E-06 \times P_g$	60
$\alpha_p + \alpha_c$	1/°C	9.0E-06	1.0E-06	t	2	5.00E-07	$-1.50E+00 \times P_g$	$7.50E-07 \times P_g$	60
$t - t_r$	°C	1.5	0.05	t	2	2.50E-02	$-9.00E-06 \times P_g$	$2.25E-07 \times P_g$	60

組合標準不確定度: $1.005 \times 10^{-5} \cdot P_g$ ，有效自由度: 99，信賴水準: 約 95%，涵蓋因子 k: 2，
擴充不確定度 $U = 2.01 \times 10^{-5} \cdot P_g \approx 2.1 \times 10^{-5} \cdot P_g$
相對擴充不確定度 $= U/P_g = 2.1 \times 10^{-5}$

表 1-3-17、(700 ~ 7000) kPa 待校件有效面積 B 類相對不確定度分量表

輸入量 x_i	單位	估計量	變異範圍	除數 (Divisor)	標準不確定度 $u(x_i)$	相對標準不確定度 $u_i(A) / A$
P_g	Pa	P	$2.1E-05 \times p$	2	$1.05E-05 \times p$	1.10E-05
ΣM_{ii}	kg	6.722	7.9E-05	2	3.95E-05	5.88E-06
t_t	°C	24.5	0.05	2	2.50E-02	2.28E-07
$\alpha_{ip} + \alpha_{ic}$	1/°C	9.10E-06	1.0E-06	$\sqrt{3}$	5.77E-07	8.66E-07
g_L	m/s ²	9.78913701	5.0E-08	2	2.50E-08	2.55E-09
ρ_{air}	kg/m ³	1.2	0.05	$\sqrt{3}$	2.89E-02	3.64E-06
ρ_{std}	kg/m ³	7920	100	$\sqrt{3}$	5.77E+01	1.20E-08
Δh	m	0.0842	0.025	$\sqrt{3}$	1.44E-02	1.61E-06
ρ_f	kg/m ³	$1.14E-05 \times p$	$1.14E-07 \times p$	$\sqrt{3}$	$6.58E-08 \times p$	5.43E-08

$$u_{rB}(A) = \left[\sum_i \frac{u_i(A)}{A} \right]^{0.5} = 1.271E-05$$

◆ 標準麥克風比較校正系統(A02)

本系統提供國內量測麥克風音壓靈敏度的追溯管道，確保量測的正確性，服務範圍從政府機關的標檢局、衛生署、勞動部和環保署至業界之校正及測試實驗室、資訊業、電子業、通訊業、機械業、汽車業以及環保檢測業等。104 年完成系統設備更新，105 年進行系統改良，以提高量測服務範圍及服務對象，並確保系統持續的正常運作。

A.目標：

完成標準麥克風比較校正系統評估改良

- 頻率範圍：(20 ~ 100000) Hz
- 量測不確定度：(0.08 ~ 0.30) dB (LS2/WS2/WS3/MM)

B.工作成果：

- 完成系統校正程序建立

a. 麥克風比較式校正系統(LS2/WS2/WS3)

麥克風比較式校正系統連線示意圖如圖 1-3-18。待校麥克風與標準麥克風同時置入比較式耦合腔內，經由音頻分析儀讀取量測電壓，進而獲得待校麥克風之音壓靈敏度。本系統可提供校正一英吋、二分之一英吋及四分之一英吋麥克風，適用校正範圍為符合 IEC 61094-1 LS1、IEC 61094-4 WS1 之一英吋電容式麥克風(頻率範圍：20 Hz to 12.5 kHz)，符合 IEC 61094-1 LS2、IEC 61094-4 WS2 之二分之一英吋電容式麥克風(頻率範圍：20 Hz to 20 kHz)以及符合 IEC 61094-4 WS3 之四分之一英吋電容式麥克風(頻率範圍：20 Hz to 20 kHz)。

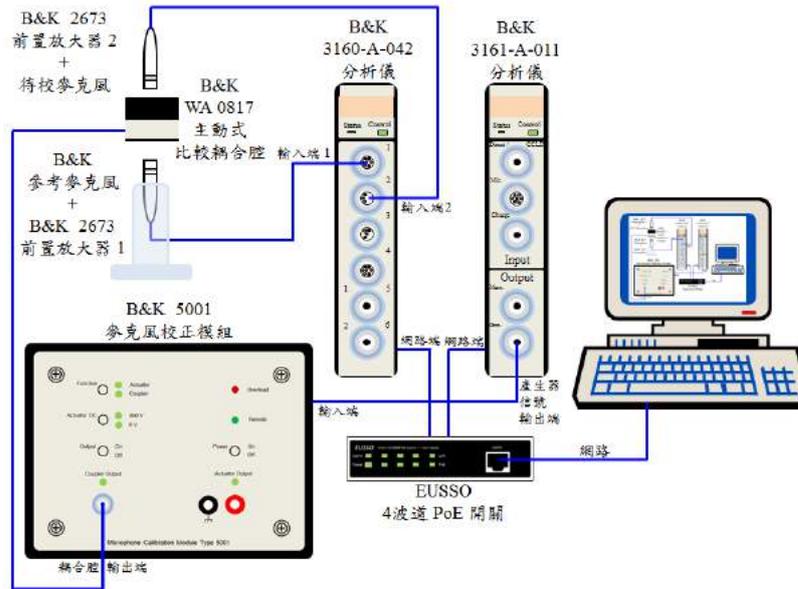


圖 1-3-18、麥克風比較式校正系統連線示意圖

b. 麥克風頻率響應量測系統(LS1/WS1/LS2/WS2/WS3/MM)

利用靜電激勵器將電訊號直接作用於待校麥克風膜面上，經由音頻分析儀讀取量測電壓，藉由各頻率下量測之電壓與參考頻率之電壓做比較，獲得麥克風頻率響應曲線，麥克風頻率響應量測系統連線示意圖如圖 1-3-19。

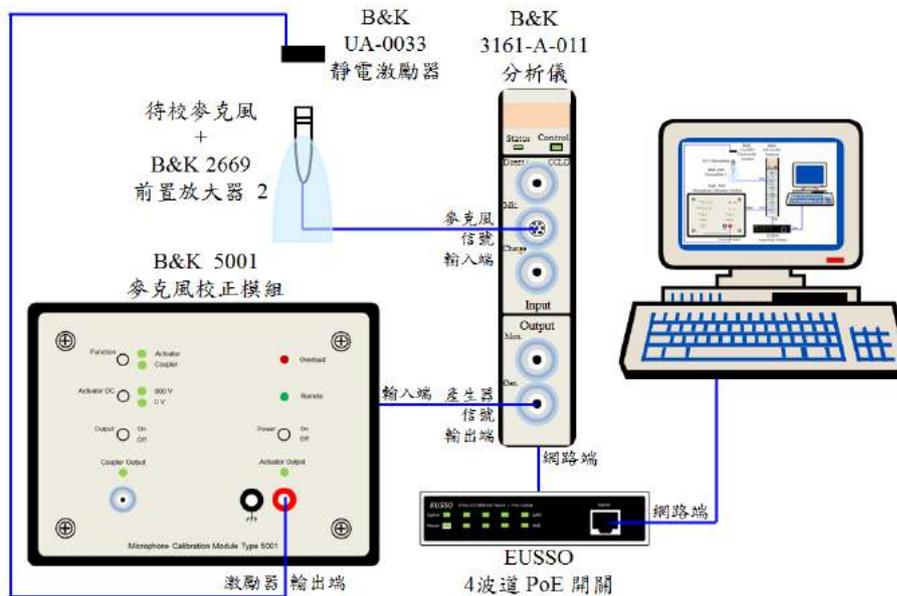


圖 1-3-19、麥克風頻率響應量測系統連線示意圖

• 完成系統評估

a. 麥克風比較式校正(LS2/WS2/WS3)

麥克風音壓靈敏度比較法校正系統，其量測原理係利用一已知音壓靈敏度的電容式

麥克風為參考標準，以一可調整輸出頻率且穩定的聲音之比較式耦合腔為參考標準音源，藉由待校麥克風與標準麥克風擷取同一音源之音壓後，分別為 P_x 及 P_{ref} 。由輸出之電壓比值計算獲得待校麥克風之音壓靈敏度。

當標準麥克風及待校麥克風接收音源，量測其開路輸出電壓，可獲得標準麥克風音壓靈敏度 $S_{ref} = V_{ref} / P_{ref}$ ，待校麥克風音壓靈敏度 $S_x = V_x / P_x$ 。

因在相同的音場中，假設 $P_x = P_{ref}$ ，獲得待校麥克風之音壓靈敏度為：

$$S_x = \frac{V_x}{V_{ref}} S_{ref} \quad (1-3-12)$$

S_x : 為待校麥克風之音壓靈敏度，V/Pa

S_{ref} : 為標準麥克風之音壓靈敏度，V/Pa

V_x : 為待校麥克風擷取音源之輸出電壓，V

V_{ref} : 為標準麥克風擷取音源之輸出電壓，V

麥克風之音壓靈敏度 S [V/Pa] 通常以音壓靈敏度位準 M [dB re 1V/Pa] (以下簡稱靈敏度)表示。而麥克風會因環境等因素而影響其靈敏度值，故須考慮修正因素，由於實驗室環境控制在溫度 $(23.0 \pm 1.5) ^\circ\text{C}$ ，相對濕度 $(50 \pm 20)\%$ ，校正時僅對大氣壓力進行修正。修正後得待校麥克風於參考大氣壓力時之音壓靈敏度如下：

$$M_x = M_{\text{ref}} + \Delta M_P + d \quad [\text{dB}] \quad (1-3-13)$$

$$M_x = 20 \times \log(S_x) \quad (1-3-14)$$

$$M_{\text{ref}} = 20 \times \log(S_{\text{ref}}) \quad (1-3-15)$$

M_x ：為待校麥克風於參考環境時之音壓靈敏度，dB

M_{ref} ：為標準麥克風於參考環境時之音壓靈敏度，dB

ΔM_P ：待校與標準麥克風靈敏度因大氣壓力影響之修正值，dB

d ：待校與標準麥克風接收音源後之輸出電壓比值，dB

S_x ：為待校麥克風之音壓靈敏度，V/Pa

S_{ref} ：為標準麥克風之音壓靈敏度，V/Pa

不確定度分析如表1-3-18 ~1-3-20。

表1-3-18、一英吋麥克風 (LS1/WS1)不確定度分量表

頻率 (Hz)	一英吋麥克風 (LS1/WS1)			自由度
	$20 \leq f \leq 40$	$40 < f \leq 8000$	$8000 < f \leq 12500$	
標準麥克風				
追溯誤差	0.0300	0.0250	0.0550	200
溫度影響誤差	0.0173	0.0173	0.0173	12.5
濕度影響誤差	0.0046	0.0046	0.0046	12.5
極化電壓影響誤差	0.0050	0.0050	0.0050	12.5
大氣壓力				
變異誤差	0.0032	0.0032	0.0032	12.5
規格誤差	0.0006	0.0006	0.0006	12.5
輸出電壓比值				
標準麥克風輸出電壓規格誤差	0.0052	0.0052	0.0052	12.5
待校麥克風輸出電壓規格誤差	0.0052	0.0052	0.0052	12.5
修正誤差	0.0029	0.0029	0.0029	200
重複量測	0.0089	0.0089	0.0179	4
組合標準不確定度	0.04	0.04	0.07	
有效自由度	196	234	305	
涵蓋因子	2	2	2	
量測不確定度	0.08	0.08	0.14	

表1-3-19、二分之一英吋 (LS2/WS2)不確定度分量表

頻率(Hz)	二分之一英吋 (LS2/WS2)			自由度
	$20 \leq f \leq 40$	$40 < f \leq 8000$	$8000 < f \leq 20000$	
標準麥克風				
追溯誤差	0.0300	0.0250	0.0550	200
溫度影響誤差	0.0173	0.0173	0.0173	12.5
濕度影響誤差	0.0046	0.0046	0.0046	12.5
極化電壓影響誤差	0.0050	0.0050	0.0050	12.5
大氣壓力				
變異誤差	0.0032	0.0032	0.0032	12.5
規格誤差	0.0006	0.0006	0.0006	12.5
輸出電壓比值				
標準麥克風輸出電壓規格誤差	0.0052	0.0052	0.0052	12.5
待校麥克風輸出電壓規格誤差	0.0052	0.0052	0.0052	12.5
修正誤差	0.0029	0.0029	0.0029	200
重複量測	0.0089	0.0089	0.0089	4
組合標準不確定度	0.04	0.04	0.06	
有效自由度	196	234	237	
涵蓋因子	2	2	2	
量測不確定度	0.08	0.08	0.12	

表1-3-20、四分之一英吋 (WS3)不確定度分量表

頻率(Hz)	四分之一英吋 (WS3)				自由度
	$20 \leq f \leq 40$	$40 < f \leq 8000$	$8000 < f \leq 16000$	$16000 < f \leq 20000$	
標準麥克風					
追溯誤差	0.0300	0.0250	0.0550	0.0550	200
溫度影響誤差	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	12.5
濕度影響誤差	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	12.5
極化電壓影響誤差	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	12.5
大氣壓力					
變異誤差	0.0032	0.0032	0.0032	0.0032	12.5
規格誤差	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	12.5
輸出電壓比值					
標準麥克風輸出電壓規格誤差	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	12.5
待校麥克風輸出電壓規格誤差	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	12.5
不同薄膜尺寸修正	0.0000	0.0000	0.0041	0.0160	50
修正誤差	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	200
重複量測	0.0089	0.0089	0.0089	0.0716	4
組合標準不確定度	0.04	0.04	0.06	0.10	
有效自由度	196	234	237	15	
涵蓋因子	2	2	2	2	
量測不確定度	0.08	0.08	0.12	0.20	

b. 麥克風頻率響應量測(LS1/WS1/LS2/WS2/WS3/MM)

麥克風靜電激勵器靈敏度頻率響應量測係由電壓源產生直流及交流電壓，經由電容及電阻驅動靜電激勵器激發恆定的靜電壓力，使麥克風薄膜振動產生近似於壓力場的均勻聲壓分布。

透過量測麥克風輸出電壓及靜電壓力的比值，可獲得麥克風之靜電激勵器靈敏度如下式：

$$M_a = \frac{u_{out}}{p} \quad (1-3-16)$$

M_a ：麥克風激勵器靈敏度，mV/Pa

u_{out} ：麥克風開路輸出電壓，mV

p ：激勵器之靜電壓力，Pa

而靜電激勵器靈敏度頻率響應，則是透過量測不同頻率相對於參考頻率之麥克風開路輸出電壓比值，與激勵器在不同頻率相對於參考頻率之靜電壓力比值獲得，以dB表示如下式：

$$\frac{M_a(f)}{M_{a,ref}} [\text{dB}] = \frac{u_{out}(f)}{u_{outref}} [\text{dB}] - \frac{p(f)}{p_{ref}} [\text{dB}] \quad (1-3-17)$$

$\frac{M_a(f)}{M_{a,ref}}$ ：麥克風激勵器靈敏度頻率響應，dB

$\frac{u_{out}(f)}{u_{outref}}$ ：麥克風開路輸出電壓比值，dB

$\frac{p(f)}{p_{ref}}$ ：激勵器之靜電壓力比值，dB

本系統提供符合IEC 61094-1、IEC 61094-4之電容式麥克風的頻率響應量測，適用量測頻率範圍為 20 Hz到100 kHz，其不確定度分量表如下表1-3-21。

表1-3-21、麥克風頻率響應量測不確定度分量表

頻率 (Hz)	$20 \leq f \leq 100000$	自由度
電壓比值量測		
電壓量測的規格誤差	0.0002	200
類比與數位轉換係數的誤差	0.0133	50
串音干擾(cross-talk)的誤差	0.0058	50
靜電壓力比值		
激勵器尺寸的偏差	0.0335	50
激勵器與麥克風之共振影響	0.0664	50
量測位置聲學反射的影響	0.0202	50
參考激勵器規格誤差	0.0439	50
電容影響	0.0000	50
環境影響		
量測系統的環境影響	0.0133	50
麥克風的環境影響	0.0398	50
重複量測	0.0777	4
修正誤差	0.0029	200
組合標準不確定度		
	0.13	
有效自由度		
	31	
涵蓋因子		
	2	
量測不確定度		
	0.30	

◆ 高壓氣體流量系統(F05)系統

目前各公民營電廠所使用於計量天然氣的流量計為超音波流量計，定期送校中油公司煉製研究所，煉製研究所使用的標準件，則追溯至 NML。國內石化業及半導體業交易用大流量的流量計亦定期送校，因此高壓氣體流量系統在流量標準傳遞所扮演的角色是相當重要的。本系統於 104 年完成系統設備汰換，105 年完成溫降設備新建及系統改良。

A. 目標：

完成高壓氣流溫控系統建立與高壓氣體流量系統評估

- 量測範圍：(15 ~ 12000) m³/h (絕對壓力 1 bar 狀態下)
- 量測不確定度：0.16 %
- 氣流溫降：< 1 °C/min

B.工作成果：

- 完成熱交換量計算與溫降因子系統評估

a. 熱交換量計算與評估

高壓氣流溫控系統如圖 1-3-20，流經加熱器一之總加熱量為(空氣質量流率取整數為 4 kg/s，安全係數 1.25)。

$$\dot{Q}=4 \times (277.3-272.5) \times 1.25 = 24 \text{ kW} \sim 25 \text{ kW}$$

流經加熱器二之總加熱量為(空氣質量流率取整數為 4 kg/s，安全係數 1.25)

$$\dot{Q}=4 \times (286.7-277.3) \times 1.25 = 47 \text{ kW} \sim 50 \text{ kW}$$

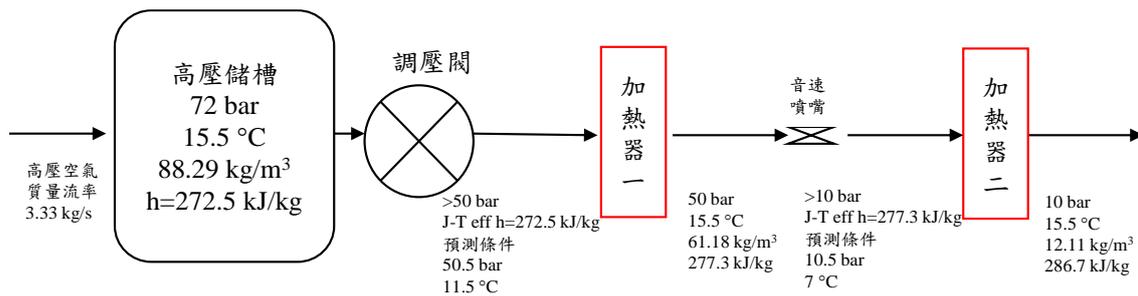


圖 1-3-20、高壓氣流溫控系統示意圖

b. 溫降因子系統評估

系統因第二個儲槽壓力隨校正流率不同，會有不同的蓄壓值，而且音速噴嘴及流量計處的設定壓力，也隨校正的案例不同而不同。對於加熱器而言，若要滿足所有的校正條件，加熱器的設定值就會變得很複雜。因此利用理論計算來初估加熱功率值，並藉由實際測試決定實際功率與理論功率的差異大小，將此差異回歸為質量流率的函數。每次要校正時，先計算理論功率與差異的大小，二者相加即代表該次校正所需設定加熱器的功率大小，而此差異所回歸的函數，稱為溫降因子函數。以噴嘴流率 200 m³/h、壓力 30 bar、常壓下流率 6000 m³/h，及流量計處壓力 6 bar，流率 1000 m³/h 條件下實測為例：

加熱器一：實際設定功率 9.5 kW(理論設定功率 7.9375 kW)

加熱器二：實際設定功率 13 kW(理論設定功率 9.96 kW)

噴嘴及流量計每分鐘溫降測試結果如表 1-3-22，流量計處每分鐘的溫降都小於 0.25 °C，小於原設定目標每分鐘 1 °C。

表 1-3-22、高壓氣流每分鐘溫降表(噴嘴流率 200 m³/h、壓力 30 bar)

時間	儲槽 1 前溫度	儲槽 1 後溫度	流量計 溫度	儲槽 2 前溫度	儲槽 1 後溫度	噴嘴 溫度
0 分鐘	25.3	30.38	30.44	22.43	26.7	28.09
溫降	1.32	-0.2	-0.1	0.76	0	0.44
1 分鐘	23.98	30.58	30.54	21.67	26.7	27.65
溫降	0.73	0.3	0.09	0.32	0.3	0.34
2 分鐘	23.25	30.28	30.45	21.35	26.4	27.31
溫降	0.44	0.3	0.13	-0.01	0.1	0.22
3 分鐘	22.81	29.98	30.32	21.36	26.3	27.09
溫降	0.22	0.2	0.12	-0.2	-0.4	-0.02
4 分鐘	22.59	29.78	30.2	21.56	26.7	27.11

加熱器一功率測試結果如下表：

表 1-3-23、不同質量流率下，加熱器一功率測試結果

質量流率 (kg/s)	理論功率 (kW)	實際功率 (kW)	差異(溫降因子) (kW)
0.5	2.525	3.775	1.25
1	3.2025	4.45	1.2475
2	7.9375	9.5	1.5625
4	19.25	21	1.75

由上表測試結果，加熱器一之溫降因子函數(圖 1-3-21)為 $y=0.1536x+1.1646$ ，其中 y 為溫降因子， x 為質量流率。

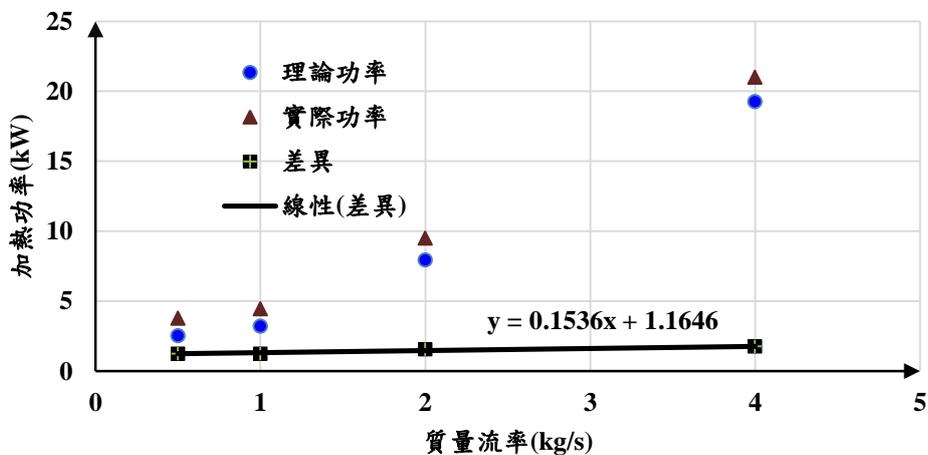


圖 1-3-21、加熱器一溫降因子函數圖

加熱器二功率測試結果：

表 1-3-24、不同質量流率下，加熱器二功率測試結果

質量流率 (kg/s)	理論功率 (kW)	實際功率 (kW)	差異(溫降因子) (kW)
0.5	2.3825	4.25	1.8675
1	5.055	7.05	1.995
2	9.96	13	3.04
4	22.915	30	7.085

由上表測試結果，加熱器二之溫降因子函數(圖 1-3-22)為 $y=0.3582x^2-0.1113x+1.8025$ ，其中 y 為溫降因子， x 為質量流率。

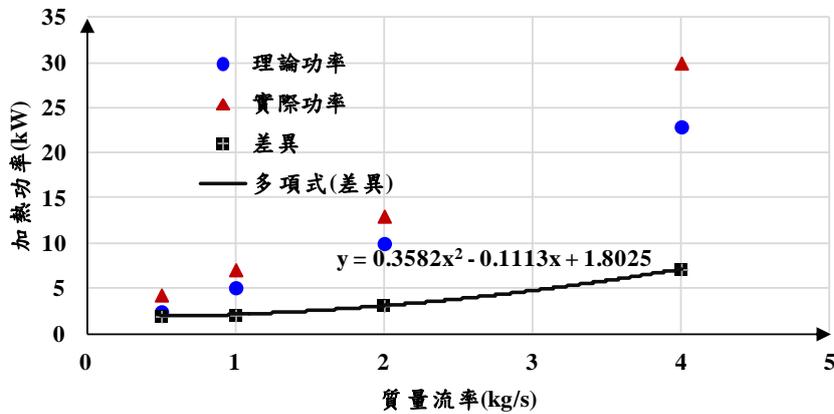


圖 1-3-22、加熱器二溫降因子函數圖

- 完成高壓氣體流量系統量測不確定度評估

系統不確定度評估結果如表 1-3-25 及表 1-3-26。

表 1-3-25、高壓氣體流量系統評估結果

項目	低流率(Case A)範圍	高流率(Case B)範圍
流量範圍	20%最大流率以下	20%最大流率以上
量測不確度	0.16%	0.16%

表 1-3-26、高壓氣體流量系統不確定度分量表

記號	不確定度說明	實際體積流率型 $q_{v, \text{nozzle}}$	實際體積累積型 V_{nozzle}	自由度
$\left[\frac{u(q_{m, \text{nozzle}})}{q_{m, \text{nozzle}}} \right]$	音速噴嘴質量流率	Case A : 0.068 %	Case A : 0.068 %	454
		Case B : 0.065 %	Case B : 0.065 %	851
$\left[\frac{u(P_m)}{P_m} \right]$	流量計量測壓力	Case A : 0.021 %	Case A : 0.021 %	57
		Case B : 0.026 %	Case B : 0.026 %	92
$\left[\frac{u(T_m)}{T_m} \right]$	流量計量測溫度	Case A : 0.025 %	Case A : 0.025 %	231
$\left[\frac{u(Z_m)}{Z_m} \right]$	氣體壓縮係數	0.02 %	0.02 %	∞
$\left[\frac{u(R)}{R} \right]$	氣體常數	0.00017 %	0.00017 %	∞
$\left[\frac{u(t)}{t} \right]$	校正累計時間		0.004 %	∞
$\left[\frac{u_c(V_{\text{nozzle}})}{V_{\text{nozzle}}} \right]$	體積累積型 組合標準不確定度		Case A : 0.080 %	814
			Case B : 0.079 %	1461
$\left[\frac{u_c(q_{v, \text{nozzle}})}{q_{v, \text{nozzle}}} \right]$	流率型 組合標準不確定度	Case A : 0.080 %		814
		Case B : 0.079 %		1461
k	涵蓋因子	1.96		
U	量測不確定度	Case A : 0.16 %	Case A : 0.16 %	
		Case B : 0.16 %	Case B : 0.16 %	

◆ 風速校正系統(F10)系統

近年來整體氣候環境及能源需求不斷的變遷，風速計的準確性已逐漸成為各行業通風檢測的重要工具，舉凡工業通風安全性能、住宅性能驗證、藥品製造及半導體無塵室等廠房風速控制的要求，均常使用熱線式及輪葉式風速計來測量室內通風性能要求以便掌握及瞭解環境通風改善作業情形。此外，各國對於極端氣候的威脅，氣象監測及預報更是攸關生命財產安全，使得氣象風速的量測成為氣象資訊檢測的重要參數，國內氣象局儀器檢校中心測風儀實驗室風速計校正範圍已至 30 m/s，未來校正能量甚至可達 60 m/s。本系統於 104 年度完成風速標準件雷射都卜勒測速儀之汰舊換新，105 年完成風洞改良及系統評估工作。

A.目標：

完成循環式風洞建立及風速校正系統評估

- 量測範圍：(0.2 ~ 60) m/s
- 量測不確定度：0.5 %
- 紊流強度 < 1 %

B.工作成果：

- 完成風洞系統設計

循環式風洞系統結構，主要利用計算流體力學分析工具，作為風洞系統結構設備的設計參考。風洞的設計採用圓形斷面的循環迴路，整個風洞系統風速範圍為0.2 m/s至60 m/s，包括整流段、漸縮段、測試段、擴張段等，整流段內設有整流器及阻尼網，引導氣流同時可抑制渦流產生，風洞設計漸縮段出口處最大風速為60 m/s，漸縮段出口口徑 $\Phi=350$ mm。

圖1-3-23為風洞設備設計架構，此外測試段主要是作為校正區域，要求氣流需分佈均勻且穩定的速度流動。圖1-3-24為風洞測試區內流場的校正需求，必需確認風洞內漸縮段噴嘴出口流場是否均勻且低紊流(low turbulence)強度，a及b為流場出口型態，通常與測試段邊界條件設計有關。

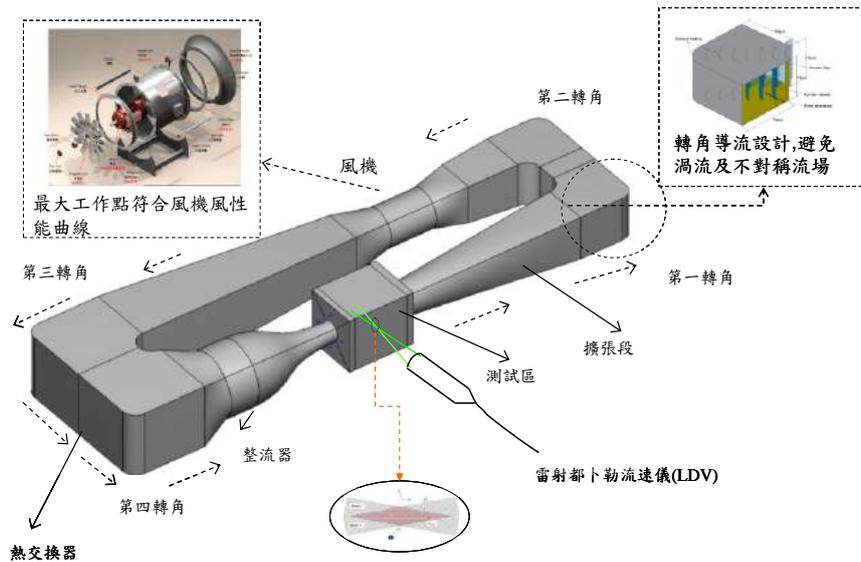


圖 1-3-23、風洞設計架構

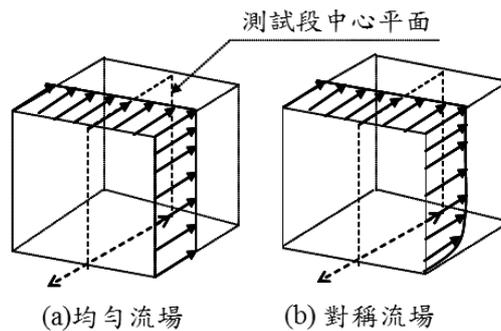


圖 1-3-24、為風洞測試區內流場的校正需求

- 完成循環式風洞設備與安裝測試，風速範圍為(0.2 ~ 60) m/s，紊流強度小於 1 %

循環式風洞設備採用包括五層可拆卸清洗之整流網及一層金屬蜂窩器，金屬蜂窩器為六邊形格子，整流網開口率約0.57~0.66，網孔均勻規則平整，可抽換清洗設計。圖1-3-25為循環式風洞設備測試區，測試段內風速出口直徑為350 mm，並設計不同直徑風速

計夾持機構，測試區上下板為壓克力製造，左右面為玻璃製造，厚度為5 mm，設計為透明視窗，可作為可視化觀察。



圖 1-3-25、循環式風洞設備測試區

循環式風洞風速範圍可達(0.2 ~ 60) m/s，圖示 1-3-26 風機頻率與漸縮段出口中心速度關係，風機頻率 42 Hz 左右時風洞內測試區中心速度為 60 m/s；圖 1-3-27 其流場具有較低的紊流強度，風洞除採用大收縮比(9.8 : 1)、多層阻尼網(5 層)等重要措施外，也在設計中運用計算流體力學，對各部段的設計進行分析，例如雙 3 次收縮段及設計風機動力系統位於轉角下游且以基底隔振及帆布阻隔風洞本體震動，風洞測試區紊流強度如圖 1-3-27 所示 < 0.7 %。

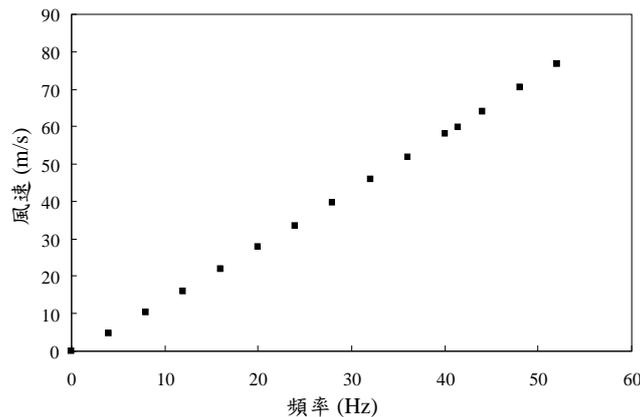


圖 1-3-26、風機頻率與漸縮段出口中心速度關係

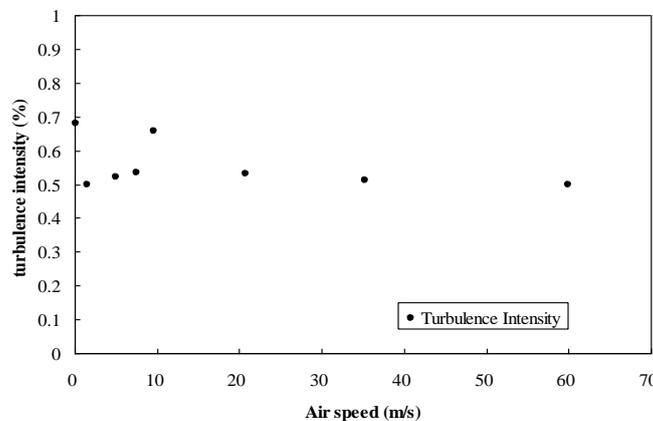


圖 1-3-27、漸縮段出口中心速度與紊流強度關係

• 完成量測系統評估

除了雷射都卜勒儀儀(Laser Doppler Velocimetry, LDV)量測系統本身的不確定度外，因為待校風速計需置放於標準系統的風洞內進行速度量測，所以風洞內流場狀況及風洞內速度的分佈也會形成不確定度的來源。LDV 在風洞內量測得到的風速為 V_{ldv} ，因為流場特性及風洞性能的影響修正為

$$V_{tunnel} = V_{ldv} \times \delta \times \varepsilon \quad (1-3-18)$$

其中 V_{ldv} ：LDV 量測系統量得的風速

V_{tunnel} ：LDV 量測系統修正後得到風洞內之風速

δ ：為流場特性影響所導入的修正因子

ε ：為風洞性能影響所導入的修正因子

實際應用時因為流場及風洞的影響都很小，所以可假設修正量 δ 及 ε 值都為 1。

依據上式方程式，LDV 量測系統在風洞內量得的風速其不確定度可表示為

$$\frac{u(V_{tunnel})}{V_{tunnel}} = \left(\left(\frac{u(V_{ldv})}{V_{ldv}} \right)^2 + \left(\frac{u(\delta)}{\delta} \right)^2 + \left(\frac{u(\varepsilon)}{\varepsilon} \right)^2 \right)^{1/2} \quad (1-3-19)$$

表 1-3-27 為量測距離噴嘴 200 mm 處之水平速度分佈，在量測範圍(0.2 ~ 60) m/s 之不同速度分佈，在位置 R = 0 至 80 mm 範圍內，其最大相對於流速之標準不確定度為 0.11 %。表 1-3-29 為量測距離噴嘴 200 mm 處之垂直速度分佈，在位置 R = 0 至 80 mm 範圍內，其最大相對於流速之標準不確定度為 0.14 %。

表 1-3-27、為量測距離噴嘴 200 mm 處之水平速度分佈

水平距離 mm	速度 1	速度 2	速度 3	速度 4
80	0.1942	0.645	4.965	59.935
60	0.194	0.645	4.966	59.906
40	0.1943	0.645	4.964	59.885
20	0.1938	0.645	4.964	59.886
0	0.1939	0.644	4.967	59.896
平均速度	0.194	0.645	4.965	59.902
標準差 (m/s)(r ≤ 80 mm)	0.00021	0.0002	0.0026	0.02
相對標準不確定度 %(r ≤ 80 mm)	0.11	0.03	0.052	0.03

表 1-3-28、為量測距離噴嘴 200 mm 處之垂直速度分佈

垂直距離 mm	速度 1	速度 2	速度 3	速度 4
80	0.1934	1.382	4.646	59.988
60	0.1938	1.381	4.645	59.99
40	0.1936	1.382	4.640	60.100
20	0.1934	1.383	4.639	60.122
0	0.1931	1.383	4.635	60.112
平均速度	0.1934	1.381	4.64	60.062
標準差 (m/s) ($r \leq 80$ mm)	0.00026	0.0006	0.0045	0.067
相對標準不確定度 % ($r \leq 80$ mm)	0.14	0.043	0.098	0.11

系統量測不確定度評估結果為 0.5 %，不確定度分量表如表 1-3-29。

表 1-3-29、風速流量系統不確定度分量表

不確定度來源		$u(x_i)/x_i$ (%)	v_x
LDV 風速量測系統		0.075	46
1	LDV 轉盤校正	0.046	10
2	長期穩定性	0.06	50
流場效應		0.024	1490
1	微粒遲滯效應	0	∞
2	速度偏差效應	0.021	∞
3	紊流強度效應	0.06	999
4	條紋偏差效應	0	∞
風洞效應		0.22	14
1	截面垂直速度分佈效應	0.14	4
2	截面水平速度分佈效應	0.11	4
3	軸向速度分佈效應	0.13	9
LDV 系統量測風洞內風速相對標準不確定度		0.234	18
涵蓋因子		2.10	
量測不確定度		0.50	

4. 系統設備汰換，共7套

(1)完成「高壓氣體流量系統」汰換後系統驗收

A.目標：

完成「高壓氣流溫控系統」設計、請購、組裝及驗收。

B.組裝及測試結果：

高壓氣流溫控系統測試結果如表 1-3-30。

表 1-3-30、高壓氣流溫控系統測試結果

驗收規格	測試/驗收結果
音速噴嘴上游段	
功率 ≥ 25 kW	功率 ≥ 25 kW
耐壓 ≥ 70 bar(需檢附 105 bar 耐壓測試報告)	水壓測試 105 kg/cm ² (bar)檢測報告
承受最大流率 300 m ³ /h(實際狀態下體積流率)	4"管線可承受最大流率 300 m ³ /h
音速噴嘴下游段	
功率 ≥ 50 kW	功率 ≥ 50 kW
耐壓 ≥ 50 bar(需檢附 75 bar 耐壓測試報告)	水壓測試 75 kg/cm ² (bar)檢測報告
承受最大流率 3000 m ³ /h(實際狀態下體積流率)	6"管線可承受最大流率 3000 m ³ /h

(2)完成「風速標準系統」汰換後系統驗收

A.目標：

完成「循環式風洞」設計、請購、組裝及驗收。

B.組裝及測試結果：

循環式風洞測試/驗收結果如表 1-3-31。

表 1-3-31、循環式風洞測試/驗收結果

驗收規格	測試/驗收結果
在風速(1 m/s 至 60 m/s)範圍內，風速均勻度在 0.25 % 以內，風速(0.2 m/s 至 1 m/s)範圍內，風速均勻度在 0.5 % 以內；且截面中心出口 20 cm 範圍內，沿軸向風速變化應在 0.2 % 以內。	風洞測試段內流場品質(軸向中心點出口 20 cm 範圍，直徑 150 mm 範圍內位置測試符合需求，風速均勻度在 0.2 %，軸向風速變化小於 0.2 %。
紊流強度需小於 1 %	紊流強度為 0.5 % 至 0.7 %
測試段平均風速範圍為 0.2 m/s 至 60 m/s	LDA 量測測試段風速範圍可達 0.2 m/s 至 60 m/s
為防止分離，漸擴段對角線擴張半角要在 $< 5^\circ$ 以內	依圖面製作要求為 5° 以內
漸擴比(出口截面積與進口截面積之比)約 0.68	依圖面製作，漸擴比 0.68

(3)完成「衝擊振動比較校正系統」汰換後系統驗收

A.目標：

完成「衝擊振動比較式系統」請購、組裝及驗收。

B.設計、組裝及測試結果：

衝擊振動比較式系統測試/驗收結果如表 1-3-32。

表 1-3-32、衝擊振動比較式系統測試/驗收結果

驗收規格	測試/驗收結果
衝擊峰值 200 m/s ² 至 100 000 m/s ² (至少須包含 200 m/s ² 、1 000 m/s ² 、2 000 m/s ² 、3 000 m/s ² 、4 000 m/s ² 、6 000 m/s ² 、8 000 m/s ² 、10 000 m/s ² 、20 000 m/s ² 、50 000 m/s ² 、100 000 m/s ²)，而實際衝擊值需在上述標稱值之正負 5 % 以內	實測衝擊值 200 m/s ² 為 4.5%，1 000 m/s ² 為 1%，2 000 m/s ² 為 2.5%，3 000 m/s ² 為 1.2%，4 000 m/s ² 為 0.03%，6 000 m/s ² 為 1.28%，8 000 m/s ² 為 0.29%，10 000 m/s ² 為 0.19%，20 000 m/s ² 為 1.1%，50 000 m/s ² 為 0.02%，皆在規定 5 % 以內
衝擊時間依不同衝擊值需介於 0.05 ms 至 3 ms	實測衝擊時間介於 0.134 ms 至 2.4175 ms
衝擊峰值重複性需 < 5 %。(重複性訂定在連續 10 次衝擊，最大與最小之差異)	實測衝擊峰值重複性 4 %
產生衝擊波，其側向加速度須 < 3 %	實測側向加速度須最大 2.96 %

(4)完成「交流電流量測系統」汰換後系統驗收

A.目標：

完成「交流電流輸出及量測系統」請購、組裝及驗收。

B.組裝及測試結果：

交流電流輸出及量測系統測試/驗收結果如表 1-3-33。

表 1-3-33、交流電流輸出及量測系統測試/驗收結果

驗收規格	測試/驗收結果
電流輸出：10 μA 至 2 A 頻率：20 Hz 至 10 k Hz 準確度：< 0.85 % (≤ 2 A)	電流輸出：10 μA 至 2 A 頻率：20 Hz 至 10 k Hz 準確度：≤ 0.072 % (≤ 2 A)
量測電壓：1 mV 至 1000 V 頻率：10 Hz 至 1 MHz 電壓輸入端：兩組 準確度：< 0.33 %	量測電壓：1 mV 至 1000 V 頻率：10 Hz 至 1 MHz 電壓輸入端：兩組 準確度：≤ 0.30 %

(5)完成「電磁場強度量測系統」汰換後系統驗收

A.目標：

完成「晶片式主動高功率放大器」請購、組裝及驗收。

B.組裝及測試結果：

晶片式主動高功率放大器測試/驗收結果如表 1-3-34。

表 1-3-34、晶片式主動高功率放大器測試/驗收結果

驗收規格	測試/驗收結果
使用頻段：4 GHz 至 8 GHz	使用頻段：4 GHz 至 8 GHz
額定輸出功率：120 W (Min.)	額定輸出功率：125.8 W (Min.)
在 1 dB 壓縮點時輸出功率：120 W (Typ.), 100 W (Min.)	在 1 dB 壓縮點時輸出功率：120 W (Typ.) 105.9 W (Min.)
2 階諧波與 3 階諧波失真情況：-20 dBc at 120 W (Max.)	2 階諧波與 3 階諧波失真情況：-29 dBc at 120 W (Max.)
3 階交調截取點：58 dBm (Typ.)	3 階交調截取點：(57.6~59) dBm (Typ.)

(6)完成「低頻加速規校正系統」汰換後系統驗收

A.目標：

完成「低頻加速規系統」請購、組裝及驗收。

B.組裝及測試結果：

低頻加速規系統測試/驗收結果如表 1-3-35。

表 1-3-35、低頻加速規系統測試/驗收結果

驗收規格	測試/驗收結果
垂直激振器最大承受力為 39 N	實測承受力為48.51 N
最大行程 255 mm	實測最大行程 300 mm
最大載重 2 kg	實測 3.35 kg 可正常運作
氣源壓力需求 4 bar 至 5.5 bar	實測供應氣源為 4.8 bar

(7)完成「奈米壓痕量測系統」汰換後系統驗收

A.目標：

完成「奈米壓痕量測系統」請購、組裝及驗收。

B.組裝及測試結果：

奈米壓痕量測系統測試/驗收結果如表 1-3-36。

表 1-3-36、奈米壓痕量測系統測試/驗收結果

驗收規格	測試/驗收結果
正向力 (Z 軸)：背景雜訊: < 30 nN	實測背景雜訊: 18 nN
正向位移 (Z 軸) • 背景雜訊: < 0.2 nm • 熱漂移: < 0.05 nm/sec	實測背景雜訊: 0.0712 nm 熱漂移: 0.0067 nm/sec
側向力 (X 軸)：背景雜訊: < 3.5 μ N	實測背景雜訊: 0.912366 μ N
側向位移 (X 軸)：背景雜訊: < 2 nm	實測背景雜訊: 1.06015 nm

5. 小型系統精進研究與改善，共8套

(1) 大水流量系統(F01)改善工作

- 系統待改善問題

電子秤原本以螺桿直接固定在支架上，支架受碰撞會影響電子秤量測穩定性，而且以螺桿調整水平不易。

- 解決方案

完成6000 kg稱重桶之電子秤支撐座修改，量測值穩定性顯著改善，大水系統查核件使用6000 kg稱重桶進行校正，與使用新建置的1500 kg稱重桶進行校正所得結果之差異甚小，不超過系統最小量測不確定度0.05 %的1/2。

(2) 液體流量系統(F01 ~ F04)改善工作

- 系統待改善問題

a. 監控電腦當機造成電子秤量測值無法監測而造成稱重桶滿溢的風險

b. 圖控程式系統為微軟Win XP系統

- 解決方案

完成液體流量系統監控設備之監控電腦以及圖控軟體更新，電子秤顯示器完成乙太網路卡加裝，並得以直接與多功能邏輯控制器連線，電子秤量測值得以直接由控制器進行資料擷取與邏輯控制，排除原本電子秤量測值無法監測而造成稱重桶滿溢的風險。圖控程式更新為微軟Win 7系統的圖控程式，其他電腦可藉由網路連線並以遠端操控方式進行系統監控。

(3) 低壓氣體流量系統-鐘型校正器(F07 & F08)改善工作

- 系統待改善問題

鐘形校正器在執行校正過程中，校正器與待校件、音速噴嘴串接，以調壓閥調節流率，待溫度及壓力穩定後，利用轉向器將旁通管路導入鐘形校正器內，此時隨著蒐集量增加，鐘罩則會上升。上述過程中，偶會發生因為人為疏失造成鐘罩碰撞

校正器之滑軌頂端，使鐘罩內壓力升高推擠密封槽之油體外溢，造成後續清理油體等問題。

- 解決方案

增設大小鐘形校正器安全機構。此安全機構可分為三個部件，分別為偵測鐘罩觸及之微動開關、控制旁通管路洩氣電磁閥之自保電路控制箱，以及利用氣動方式開啟洩氣口之洩氣閥。

- a. 微動開關

微動開關可由使用者調整欲設置之高度，當鐘罩因某些疏失造成持續上升時，鐘罩旁之滑軌塊會觸動微動開關，並接通自保電路內之繼電器。此微動開關經過鐘罩執行校正過程中之最高上升速度及最低上升速度之測試，皆能靈敏感應。

- b. 自保電路控制箱

當啟動此安全裝置，鐘罩因內部氣體洩出造成高度下降，造成微動開關觸發器回彈，則自保電路可持續使電磁閥保持開啟狀態。機殼外則設計手動之外部旋鈕控制系統開關，並有清楚標示開啟ON及關閉OFF之標示，另外旋鈕旁則有顯示燈號，當系統已預備則顯示綠燈，反之則熄燈。

- c. 洩氣閥

當微動開關造成自保電路鐘之電磁閥形成通路，利用氣動方式迅速將洩氣閥打開，使鐘罩下降，經過大小鐘形校正器之最高流及最低流測試，皆能使鐘罩下降。

(4) 低壓氣體流量系統(F12)-壓力容積溫度時間校正器(PVTt)改善工作

- 系統待改善問題

於104年度與美國國家標準與技術研究院(NIST)所進行的非正式雙邊比對，雖然整體的比對及輔助驗證結果顯示雙邊的系統具有一致性，但雙邊在某顆音速噴嘴傳遞標準件的校正結果確實並不一致。與NIST就系統狀況討論之後，NIST推測不一致或許來自於氣體溫度量測的問題，建議NML嘗試將管路內氣體溫度控制與室溫相同。

- 解決方案

在PVTt系統的兩道調壓閥間加裝熱交換器，熱交換器中氣體管路直徑為3/8”(9.52 mm)，材質為不銹鋼，管路浸於水浴中，側壁安裝一支溫度感測器做為溫度回饋裝置，並於底部安裝加熱器以提升水溫。目前水溫控制至略高於室溫1 °C以內，以補償氣體透過調壓閥降壓後所導致的溫降問題。水浴底部安裝一台小型的沉水幫浦使水流不斷循環，避免分層問題，水槽週邊以隔熱泡棉包覆，避免水浴溫度影響環境室溫。

加裝熱交換器後重新校正音速噴嘴，結果顯示加裝熱交換器對校正結果的影響程度不大，但目前熱交換器只有加熱功能而沒有冷卻功能，因此無法根據不同流率

對水浴溫度做適度的調整，控制效果也不還甚理想，無法將噴嘴上游溫度控制到與室溫一致的程度，後續將針對熱交換器的溫控能力做改進，或考量於自動壓力控制器(APC)下游增設一組銅線圈來加強熱交換效果。

(5) 大質量量測系統(M03)改善工作

- 系統待改善問題

- a. 1000 kg法碼校正須使用到天車輔助移動法碼，天車使用近26年因老舊操作異常，除影響到校正作業外且有安全上的疑慮，而異常故障的相關設備為搖控器故障；吊掛1000 kg法碼的掛勾損壞；天車鎖鏈老舊有安全上考量需更換；電動推車電池無法充電，需維護更換相關設備。

- b. 10 kg質量比較儀控制電腦故障，校正數據有定期備份，電腦中有環境監控及原廠授權質量比較儀控制軟體，必須由Sartorius德國原廠重置及安裝。

- 解決方案

- a. 天車搖控器異常處理，目前改以採取線控的方式執行校正，並進行年度天車保養檢查，保養結果可正常運作。因該機型已停產無法維修更換，目前找到相同型號的控制器替換使用，但此控制器亦老舊，已規劃於107年進行1000 kg量測系統相關設備汰換。

- b. 10 kg質量比較儀控制電腦故障處理，Sartorius香港分公司技師來查看表示需再與德國原廠討論，討論結果Sartorius臺灣代理商提供一台新的筆記型電腦，由德國原廠安裝及重置質量比較儀控制軟體後送來NML，Sartorius臺灣代理商測試軟體連線後正常，可控制質量比較儀執行量測。另完成環境監控軟體撰寫，可即時擷取數據及存檔，改善校正作業及數據處理之進行。

(6) 雷射干涉式微壓原級標準(P06)量錶校正改善工作

- 系統待改善問題

- a. 現有校正方法當壓力超過1 kPa到10 kPa，由於高度差較大，容易因手動加壓而使水銀面產生擾動，導致時雷射干涉訊號不穩定，一日之內無法完成一次加減壓的校正。

- b. 系統U型管高度僅17 cm，參考端抽真空時因為有水銀外洩的危險，故不易量測絕對壓力。

- 解決方案

- a. 改用非旋轉式大面積活塞來量測承受的力量，再換算成標準壓力，並由微小壓力自動控制器來加減壓力，在一日內即可完成2次加減壓力的校正，大幅縮短校正時間。

- b. 改善系統力平衡式活塞壓力計及待校件安裝方式，將參考端抽真空後，即可量測絕對壓力。由於FPG 8601絕對壓力量測較為複雜且須遵照一定的程序進行，經與美國

原廠專家討論後，已於本實驗室完成校正系統安裝及不確定度評估。量測不確定度經評估後為 $9 \text{ mPa} + 3.0 \times 10^{-5} \times P$ ， P 單位為 Pa，後續評估其穩定性，未來將可參加 1 Pa 到 10 kPa 的 APMP 國際比對。

(7) 輻射溫度計校正系統(T101)改善工作

- 系統待改善問題

輻射溫度計校正時須以眼睛作為偵測器進行高溫爐與溫度計間之對位，但此系統屬高溫範圍($800 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 2000 \text{ }^{\circ}\text{C}$)，溫度高於 $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上之亮度明顯影響人眼，長期校正下來導致恐導致乾眼症與白內障。

- 解決方案

針對系統量測需求，重新設計對位機構，輔以多維度調整座及電荷耦合元件 (Charge-coupled Device, CCD) 取代模擬人眼對位，並將 CCD 影像訊號傳輸至螢幕上，作為顯示。

對位光路設計上，輻射溫度計與 CCD 有獨立調整座，所以可直接調整輻射溫度計之角度，再調整 CCD 角度後，使得使用者可經由 CCD 看到輻射溫度計所讀到之影像，再將兩基座固定成為一個組合基台。校正時組合基台可在 X 軸方向移動，簡化量測調整步驟，縮短量測時間。

(8) 電阻溫度計校正系統(T04)改善工作

- 系統待改善問題

電阻溫度計係接觸式溫度領域中解析度與再現性最高者，業界或二級校正實驗室幾乎皆採用為其標準件，但目前 NML 電阻溫度計比較校正能量，受限於油槽的使用溫度所以最高只達 $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 並無法滿足應用上的需求。

- 解決方案

若採用能達較高溫之商業化鹽浴槽將有污染上的問題；採商業化乾式爐又有徑向不均溫的問題，因此藉由熱源模組與電路上的的組構以提高後者的徑向均溫性。後續尚需進行熱結構與電路的細部設計、調整、組構、測試，若由測試結果評估具可行性，始能有效解決 $>300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 能量提升需求。

二、產業計量技術發展分項

(一)、三維尺寸量測與技術

【全程技術建立時程】

	103 年度目標	104 年度目標	105 年度目標
技術指標或系統規格	<ul style="list-style-type: none"> 靜態三維尺寸量測技術，量測範圍：1 m×1 m×0.5 m，量測解析度：0.1 μm 建立雷射絕對測距技術，量測不確定度：1×10⁻⁶ L 雙軸旋轉追蹤機構 雙光梳絕對測距-窄線寬光梳技術：線寬 < 2 kHz 平面磨床工件尺寸量測技術 工件量測面積： (1×1) mm² ~ (4×4) mm² 量測解析度：0.1 μm 量測重複性：小於 1 μm 	<ul style="list-style-type: none"> CMM 校正系統，量測不確定度：0.4 μm + 0.7 × 10⁻⁶ L 自動追蹤雷射絕對測距技術： 雙軸旋轉追蹤機構旋轉徑向誤差小於 5 μm，軸向誤差小於 2 μm；雙光梳絕對測距量測不確定度：0.3 × 10⁻⁶ L。 線上音頻、振動量測技術開發：In-situ 動態旋轉軸偏擺量測技術：徑向誤差量測不確定度 ≤ 3 μm，軸向誤差量測不確定度 ≤ 2 μm。 	<ul style="list-style-type: none"> 三維尺寸標準件校正技術，階規校正： 量測範圍：(10 ~ 1000) mm 量測不確定度： 0.4 μm + 0.5 × 10⁻⁶ L 自動追蹤雷射絕對測距： 解析度：0.1 μm 量測不確定度： 0.5 μm + 1 × 10⁻⁶ L。 線上音頻、振動量測技術開發—In-situ 加工顫振檢測： 顫振位移解析量：8 μm 最大位移量：8 mm 頻率：20 Hz ~ 7 kHz

【本年度目標】

- 三維尺寸標準件校正技術：
階規校正，量測範圍：10 mm ~ 1000 mm
量測不確定度：0.4 μm + 0.5 × 10⁻⁶ L (L 為量測距離，單位為公尺)
- 自動追蹤雷射絕對測距技術：解析度：0.1 μm
量測不確定度：0.5 μm + 1 × 10⁻⁶ L
- 線上音頻、振動量測技術開發：
顫振位移解析量 8 μm，最大位移量 8 mm，頻率：20 Hz ~ 7 kHz。

【執行成果】

1. 三維尺寸標準件校正技術

繼 104 年度完成座標量測儀校正系統建置後，於 105 年建立階規校正系統，其標準件為雷射干涉儀，待校件為階規，追溯圖如圖 2-1-1 所示，系統說明如下：

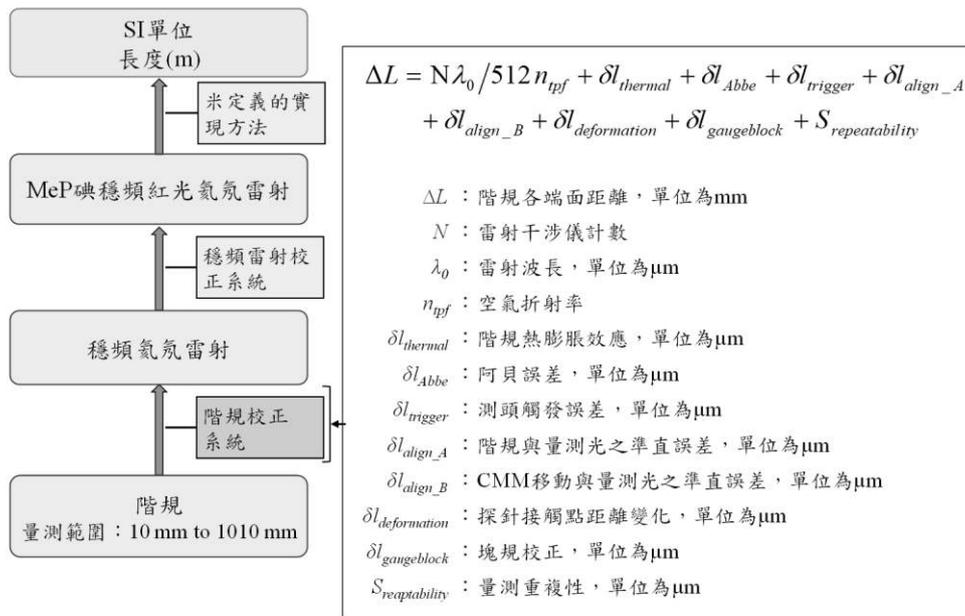


圖 2-1-1、階規校正系統追溯圖

(1) 階規校正系統規格：

- ✓ 量測範圍：10 mm ~ 1010 mm
- ✓ 最佳量測不確定度： $0.28 \mu\text{m} + 0.4 \times 10^{-6} L$
(L 為量測距離，單位為公尺，例如 1 公尺的量測不確定度為 $0.68 \mu\text{m}$)

(2) 階規校正系統架構

階規校正系統架構包含：已校正過的雷射光源(波長 633 nm, 2 mW)，兩個平面反射鏡、一干涉鏡組(包含極化分光鏡、角耦反射鏡、 $1/4\lambda$ 玻片)與自製探針(包含兩個三角反射鏡與一平面反射鏡)，其中兩個三角反射鏡、一平面反射鏡與探針組成一組探針模組。整個架構如圖 2-1-2 所示。本架構設計之特色在於可去除探針觸碰時，因角度變化所產生的阿貝誤差(如圖 2-1-2 上圖所示)，參考光(上方光束)與量測光(下方光束)與探針之間的距離皆為 a ，當探針觸碰到階規時，以探針頭位置為量測點，並令量測點至零點的距離為 L ，因為探針觸碰時所產生的角度 $\ll 1^\circ$ ，故量測光的光程(L_m)為 $L_m = 2(L + a\theta)$ ，參考光的光程(L_r)為 $L_r = (L + 2a\theta)$ ，將兩者相減後即為 L (其中 L 為量測距離； a 為兩道雷射光之間的距離與雷射光至探針之間的距離，在設計上兩者的距離相等； θ 為探針觸碰到加工件後所產生的微小角度位移；相關符號可參考圖 2-1-2)。由此可看出，這樣的光路設計確實有助於去除探針角度所造成的影響。

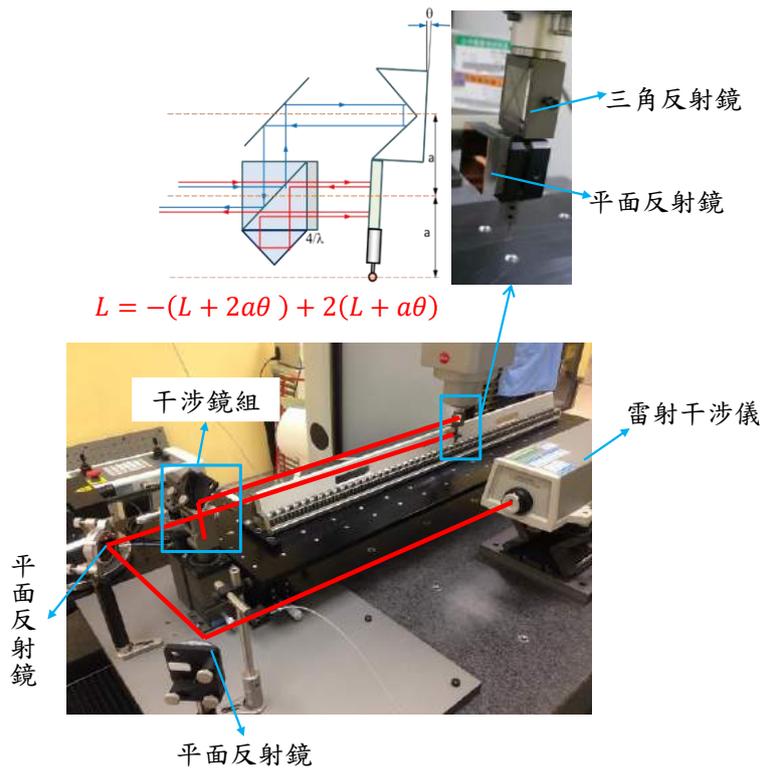


圖 2-1-2、階規校正系統架構

(3) 階規校正程序

階規校正系統以雷射干涉儀為參考標準件，以高準確度與精密度 CMM(Coordinate Measuring Machine, CMM)做為移動載具，校正程序如圖 2-1-3 所示。校正操作步驟可分為干涉儀軟體、座標量測儀設定、與數據計算三部分，其中干涉儀提供在量測階規期間 CMM 平台移動位移量。軟體設定第一步驟是選擇線性時間基準，點選後將開啟如圖 2-1-4(a)畫面與設定項目，包含計時間隔及總時間等設定項目，設定完後按確定，接著點選重新歸零，之後開始記錄並啟動 CMM 量測流程(程式)，完成量測後點選儲存原始資料；CMM 軟體設定主要用於規劃與編寫階規量測路徑程式，以供後續的量測與資料分析使用。CMM 軟體操作簡述如後，校正人員啟動座標量測儀操作軟體 QUINDOS 7.0，參考圖 2-1-4 (b)，配合座標量測儀的相對座標移動指令“MOVCM (TYP=DLT, DST=(, ,))”進行路徑規劃，其中路徑是在 Z 軸等值下來移動 Y 軸與 X 軸進行量測。完成量測後的數據計算為自行開發的軟體(參考圖 2-1-5)，軟體中設定量測階數及階級規格後，將量測數據載入軟體中進行計算，量測結果顯示於畫面最右邊。

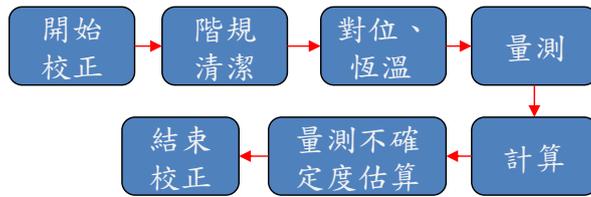


圖 2-1-3、階規校正程序



(a)干涉儀軟體

(b)座標量測儀

圖 2-1-4、階規校正軟體設定畫面軟體設定畫面

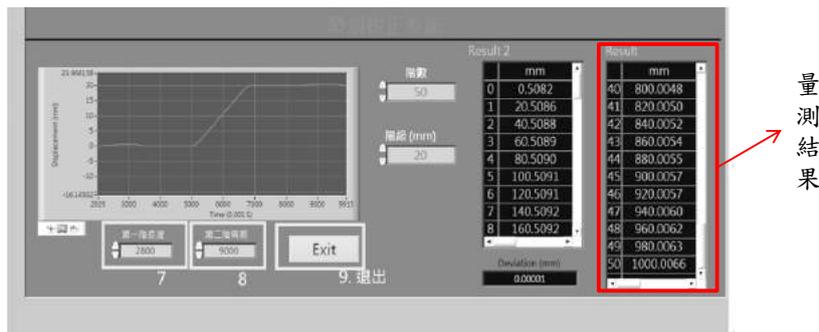


圖 2-1-5、數據分析軟體

(4) 量測不確定度評估

階規校正系統之量測不確定度評估結果如表 2-1-1 所示，其量測不確定度評估方程式為：

$$L_i = [1 + \alpha_s(20 - t_s)] \left(\frac{N\lambda_0}{512n_{air}} \right) + \delta_{L_abbe} + \delta_{L_probing} + \delta_{L_alignmentB} + \delta_{L_alignmentA} + \delta_{L_yposition} + s_{repeat} \quad (2-1-1)$$

其中：

- α_s ：階規熱膨脹係數；
- N ：干涉條紋計數數目；
- t_s ：校正時的環境溫度；

n_{air} ：校正時的空氣折射率；

δ_{L_abbe} ：探針觸碰時所產生的阿貝誤差；

$\delta_{L_probing}$ ：探針模組組裝誤差所造成的量測誤差；

$\delta_{L_alignmentB}$ ：光路未對準移動台所造成的餘弦(cosine)誤差(即 misalignment error)；

$\delta_{L_alignmentA}$ ：待測件未與光軸平行所造成的量測誤差；

$\delta_{L_yposition}$ ：y 軸定位誤差；

s_{repeat} ：校正系統之量測重複性。

表 2-1-1、階規校正系統之量測不確定度分量表

誤差因子	變異值	標準不確定度	靈敏係數	量測不確定度
雷射干涉儀計數(N)	1	0.57735	0.00123 μm	0.00071 μm
雷射波長(λ_0)	-	$7.91 \times 10^{-10} \mu\text{m}$	$1.58 \text{ L } \mu\text{m}^{-1}$	$1.25 \times 10^{-9} \text{ L}$
空氣折射率(n_{air})	-	1.59×10^{-7}	-0.9997 L	$1.59 \times 10^{-7} \text{ L}$
公式	-	1.00×10^{-8}	1	1.00×10^{-8}
溫度	$\pm 0.05 \text{ }^\circ\text{C}$	0.0289 $^\circ\text{C}$	$9.53 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	2.75×10^{-8}
壓力	$\pm 100 \text{ Pa}$	57.74 Pa	$2.68 \times 10^{-9} \text{ Pa}^{-1}$	1.55×10^{-7}
濕度	$\pm 5 \%$	2.887 %	$8.50 \times 10^{-9} \text{ \%}^{-1}$	2.45×10^{-8}
階規熱膨脹效應($\delta l_{\text{thermal}}$)	$1.08 \times 10^{-6} \text{ L}$	$3.12 \times 10^{-7} \text{ L}$	1	$3.12 \times 10^{-7} \text{ L}$
阿貝誤差(δl_{Abbe})	$2.91 \times 10^{-3} \mu\text{m}$	$8.40 \times 10^{-4} \mu\text{m}$	1	$8.40 \times 10^{-4} \mu\text{m}$
測頭觸發誤差($\delta l_{\text{probing}}$)	$6.00 \times 10^{-2} \mu\text{m}$	$1.34 \times 10^{-2} \mu\text{m}$	1	$1.34 \times 10^{-2} \mu\text{m}$
階規與量測光之準直誤差 ($\delta l_{\text{align}_A}$)	-	$6.22 \times 10^{-9} \text{ L}$	1	$6.22 \times 10^{-9} \text{ L}$
水平方向	$1.52 \times 10^{-8} \text{ L}$	$4.40 \times 10^{-9} \text{ L}$	1	$4.40 \times 10^{-9} \text{ L}$
垂直方向	$1.52 \times 10^{-8} \text{ L}$	$4.40 \times 10^{-9} \text{ L}$	1	$4.40 \times 10^{-9} \text{ L}$
CMM 移動與量測光之準 直誤差($\delta l_{\text{align}_B}$)	-	$1.95 \times 10^{-7} \text{ L}$	1	$1.95 \times 10^{-7} \text{ L}$
水平方向	$4.78 \times 10^{-7} \text{ L}$	$1.38 \times 10^{-7} \text{ L}$	1	$1.38 \times 10^{-7} \text{ L}$
垂直方向	$4.78 \times 10^{-7} \text{ L}$	$1.38 \times 10^{-9} \text{ L}$	1	$1.38 \times 10^{-7} \text{ L}$
探針接觸點距離變化 ($\delta l_{\text{deformation}}$)		$0.19 \mu\text{m}$	1	$0.19 \mu\text{m}$
距離變化	$0.66 \mu\text{m}$	$0.191 \mu\text{m}$	1	$0.191 \mu\text{m}$
塊規校正	$0.0393 \mu\text{m}/1.98$	$1.98 \times 10^{-2} \mu\text{m}$	1	$1.98 \times 10^{-2} \mu\text{m}$
量測重複性($s_{\text{repeatability}}$)	$0.05 \mu\text{m}$	$0.0289 \mu\text{m}$	1	$0.0289 \mu\text{m}$
量測再現性($s_{\text{reproducibility}}$)	$0.21 \mu\text{m}$	$0.21 \mu\text{m}$	1	$0.21 \mu\text{m}$
組合標準不確定度 ($k = 1$)	$0.28 \mu\text{m} + 0.4 \times 10^{-6} \text{ L}$ (L 為量測距離，單位為公尺)			

2. 自動追蹤雷射絕對測距技術

(1) 自動追蹤雷射絕對測距技術規格

- ✓ 兩軸旋轉治具：縱向旋轉範圍 -14° 至 $+85^{\circ}$ ，水平旋轉範圍 $\pm 180^{\circ}$ ，基準球的精密度為 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ ，基準球的固定支柱為鈦鋼材質，轉軸對心之徑向誤差小於 $5 \mu\text{m}$ 、軸向誤差小於 $2 \mu\text{m}$ ；
- ✓ 雙光梳絕對測距：偏差頻率線寬 $< 1 \text{ Hz}$ ，相對頻率擾動量約 0.64 MHz ，量測解析度 $0.1 \mu\text{m}$ ；
- ✓ 量測不確定度： $0.2 \mu\text{m} + 0.04 \times 10^{-6} \times L$ (L 為量測距離，單位為公尺)

(2) 自動追蹤雷射絕對測距技術架構

自動追蹤雷射絕對測距技術架構包含：雙光梳絕對測距與兩軸旋轉治具兩部份，其說明如下。

✓ 雙光梳絕對測距

完成一套小型化的雙光梳系統(如圖 2-1-6 所示，雷射頭尺寸 $274 \times 256 \times 60 \text{ mm}^3$)，其中一套採用非線性偏極旋轉鎖模，另外一套則是半導體飽和吸收鏡和非線性偏極旋轉的複合式鎖模，重複率約在 100 MHz ，彼此間相差 1.7 kHz ，輸出功率大於 90 mW ，最短脈衝寬度小於 60 fs ，約在雷射頭光纖接頭處，後續將用正色散補償光纖將脈衝壓縮至 $< 60 \text{ fs}$ 。

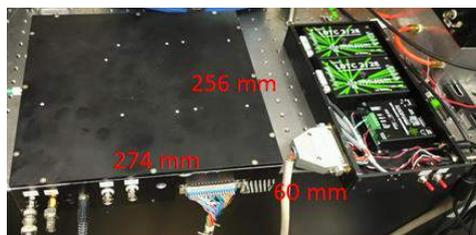


圖 2-1-6、小型化雙光梳的外觀，左邊為雷射頭、右邊為雷射驅動器

為提升雙光梳絕對測距**準確度**，雙光梳的相對頻率穩定度必須要小於其重複率的差值。為達此目的，本計畫以窄線寬雷射當作參考標準，試圖將雙光梳的相對頻率擾動控制在 4 kHz 以下(以重複率差值 5 kHz 為參考)，圖 2-1-7 顯示穩頻後的偏差頻率，約有 99% 的能量集中於中心的峰值，其線寬為 3.3 mHz (小於計畫目標值 1 Hz)。將一台光梳與窄線寬雷射拍頻，所測得的拍頻訊號線寬(FWHM)為 15 kHz ，窄線寬雷射的線寬規格為 700 Hz ，因此所測得的拍頻線寬主要是來自光梳的線寬，後續將持續開發飛秒光纖雷射及穩頻技術，將光梳的相對頻率擾動控制到 4 kHz 以下。

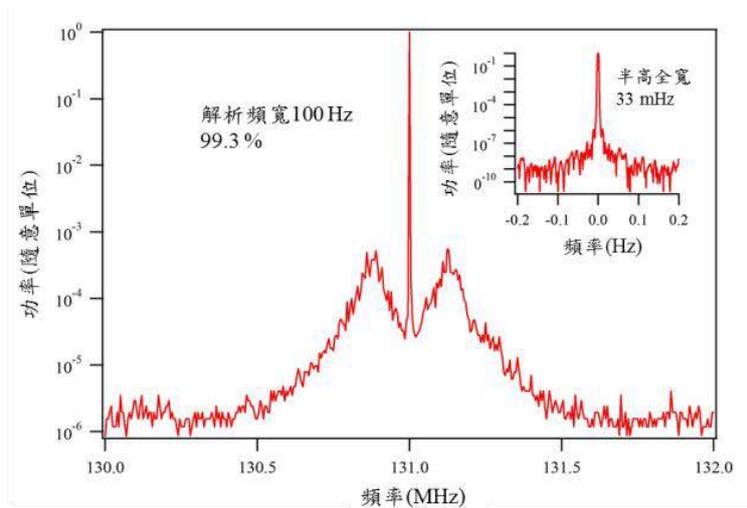


圖 2-1-7、穩頻後的偏差頻率，中心峰值線寬 3.3 mHz

先前研發的飛秒光纖雷射主要倚靠非線性偏極旋轉的技術，易受環境變化影響而無法鎖模，此次研發新型飛秒光纖雷射使用保偏光纖，圖 2-1-8 顯示保偏光纖鎖模雷射的架構，可以讓鎖模較容易啟動，鎖模重複率約為 50 MHz，輸出功率可達 14 mW。目前單一週期所產生的是多脈衝，初步推估這是由於共振腔的色散仍偏負值，後續將持續改進，以期能達到單一週期輸出單一脈衝。以光學桌上型的測距系統量測 1 m 距離，測距時間與標準不確定度如圖 2-1-9 所示，可以看出標準不確定度會隨著量測時間增加而減少，亦即量測點數愈多，標準不確定度愈低。當測距時間大於 7 秒後標準不確定度可小於 1 μm ；若想要將標準不確定度小於 0.1 μm ，量測時間需大於 100 秒。

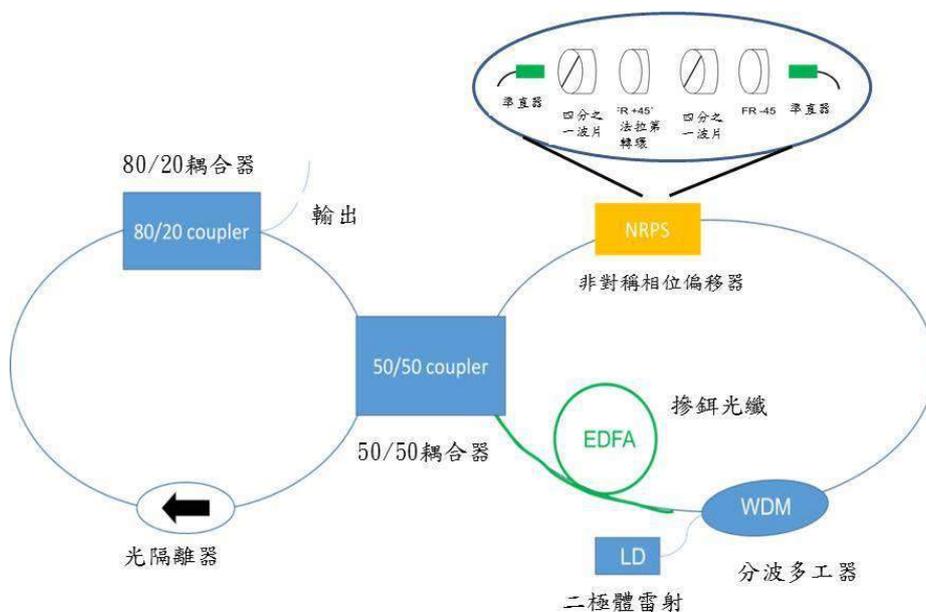


圖 2-1-8、全保偏光纖 8 字型鎖模光纖雷射架構圖

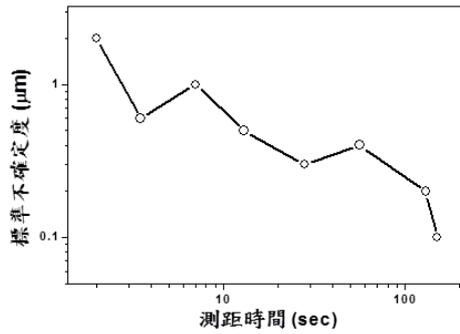


圖 2-1-9、桌上型雙光梳測距系統量測 1 m 之結果

在小型化測距系統方面，建構如圖 2-1-10 所示之系統，以商用偵測器偵測小型模組測距波形，以 FPGA 卡擷取並增加平均次數到 500 次(1 次取 25 萬筆數據)，估算小型化絕對測距系統量測不確定度可小於 0.5 μm。將 FPGA 卡與電腦擷取的結果作比較，當同樣為量測 1 m，測距平均值約為 0.95093 m，可得平均值之重複性標準不確定度約為 0.16 μm。為了比較方便，我們將 Allan deviation 橫軸轉換為量測次數，與 FPGA 量測結果比較，在平均次數少的情形(例如 5 次)與多次的情形(例如 500 次)，皆與 Allan deviation 計算結果接近。

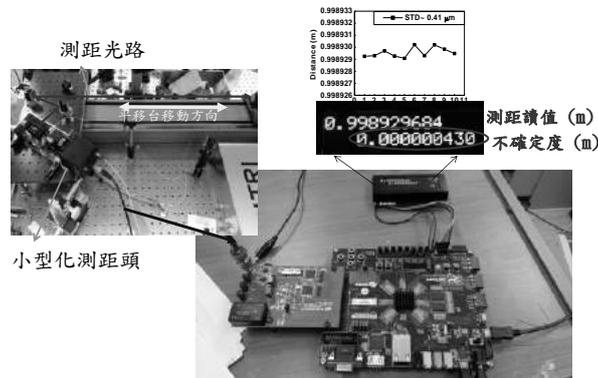


圖 2-1-10、小型化雙光梳絕對測距頭與擷取分析模組圖，右上角為測距結果

✓ 兩軸旋轉治具

兩軸旋轉治具架構如圖 2-1-11 所示(包含測距頭)，主要元件包括基座、下轉盤、上轉軸、雷射測距頭、參考圓球等。雙光梳絕對測距與兩軸旋轉治具整合之光路圖如圖 2-1-12 所示，其中波長 1550 nm 的雷射光用來進行絕對測距，波長 633 nm 的雷射則是用來進行自動追蹤，為整合兩種波長差異較大的雷射光源，使用的關鍵元件為二色分光鏡(Dichronic Beam Splitter)，該分光鏡的特色是可讓波長 1550 nm 的雷射光穿過，波長 633 的雷射光反射，利用其特性即可整合兩種不同光源。整合後的雷射頭細部設計圖如圖 2-1-13 所示。為確認兩軸旋轉治具可旋轉角度是否符合規

格，本計畫使用水平儀量測雷射頭的俯仰角度，經量測後得到雷射頭可轉動的俯角度為小於 -14° 、大於 $+85^\circ$ ，滿足規格所需 -10° 至 $+60^\circ$ 。至於水平旋轉角，因為沒有上固定座與上下轉盤在轉動時不會卡到機構，只需留意線材拉扯的問題，故旋轉角度可達 $\pm 180^\circ$ 。

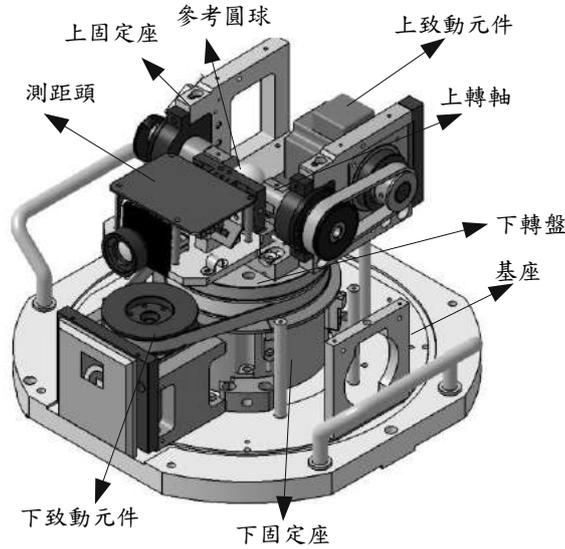


圖 2-1-11、雙光梳絕對測距與兩軸旋轉治具整合機構設計圖

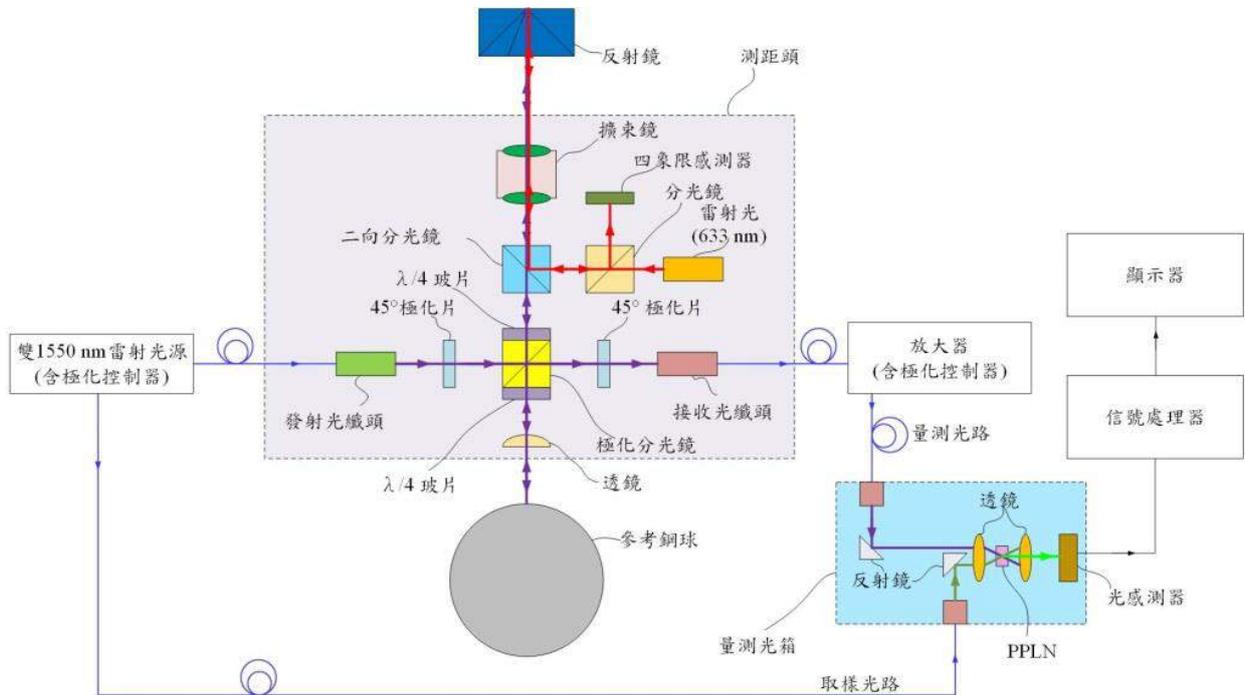


圖 2-1-12、雙光梳絕對測距與兩軸旋轉治具整合架構圖

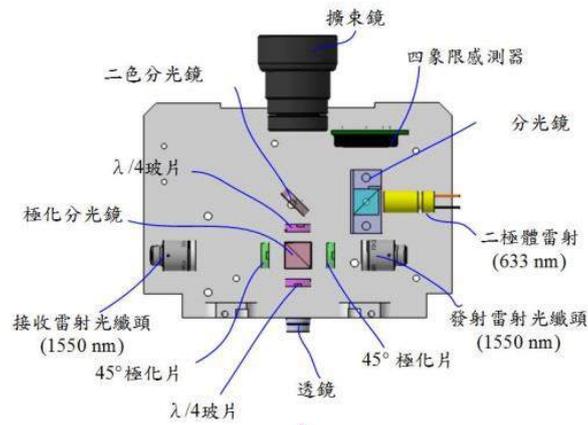


圖 2-1-13、雙光梳絕對測距之測距頭設計圖

(3) 量測不確定度評估：

自動追蹤雷射絕對測距技術之量測不確定度評估結果如表 2-1-2 所示，其量測不確定度評估方程式為：

$$\Delta L = S_{ADM} + S_{LMA} + S_{BF} + S_{TS} + S_{RF} \quad (2-1-2)$$

其中：

S_{ADM} ：雷射測距儀量測不確定度，將量測距離與標準不確定度的曲線進行線性擬合，標準不確定度可由 Allen Deviation 曲線得到，擬合後的標準不確定度為 $0.14 \mu\text{m} + 0.04 \times 10^{-6} L$ ；

S_{LMA} ：組裝與追蹤時，光束失準(未對準球心)所造成的量測不確定度，本計畫所使用的軸承為 P2 等級，軸向跳動誤差在 $\pm 2.5 \mu\text{m}$ 以內，若軸向對心偏差在 $\pm 5 \mu\text{m}$ ，則透過公式計算可得光程差的變異量小於 $0.003 \mu\text{m}$ ；

S_{BF} ：參考圓球球面形狀偏差，本計畫中所使用標準球之球半徑變異小於 $0.10 \mu\text{m}$ ，假設標準球形狀誤差所引起的不確定度為矩形分佈，則標準不確定度為 $0.029 \mu\text{m}$ ；

S_{TS} ：兩軸旋轉機構的結構熱膨脹效應，參考圓球材料為不鏽鋼，球徑約為 25.4mm ，熱膨脹係數為 $14.4 \times 10^{-6} \text{L} (1/\text{K})$ ，其中 L 為材料長度，單位為 m，K 為凱氏溫度(Kelvin)。參考圓球以一隻長度為 127mm 的鋼鋼圓棒支撐，其熱膨脹係數為 $1.2 \times 10^{-6} \text{L} (1/\text{K})$ 。假設在量測過程中溫度變化為 $\pm 0.5 \text{K}$ ，參考圓球因熱膨脹效應所造成的光程差變異量約為 $0.091 \mu\text{m}$ ，支撐棒長為 127mm ，熱膨脹效應所產生垂直方向(z 方向)的光程差變異量為 $0.076 \mu\text{m}$ ，兩軸旋轉治具的基座為碳鋼製，厚度為 25.5mm ，可計算參考圓球因基座熱膨脹效應所造成的光程差變異量為 $0.166 \mu\text{m}$ ；

S_{RF} ：貓眼反射鏡形狀誤差所造成的量測不確定度，按規格說明為 $0.170 \mu\text{m} (k=2)$ ，其量測不確定度為 $0.085 \mu\text{m}$ 。

表 2-1-2、自動追蹤雷射絕對測距技術之量測不確定度分量表

誤差因子	變異值	標準 不確定度	靈敏 係數	量測 不確定度
雷射測距儀(S_{ADM})	-	$0.14 \mu\text{m} + 0.04 \times 10^{-6} L$	1	$0.14 \mu\text{m} + 0.04 \times 10^{-6} L$
光束失準(S_{LMA})	0.003 μm	0.002 μm	1	0.002 μm
參考圓球	0.100 μm	0.029 μm	1	0.029 μm
球面形狀偏差(S_{BF})				
結構熱膨脹效應(S_{TS})	-	-	1	0.118 μm
參考圓球球徑	0.091 μm	0.053 μm	1	-
支撐棒	0.076 μm	0.044 μm	1	-
基座	0.166 μm	0.096 μm	1	-
貓眼反射鏡(S_{RF})	-	0.085 μm	1	0.085 μm
組合標準不確定度 (含絕對測距, $k = 1$)	$0.2 \mu\text{m} + 0.04 \times 10^{-6} L$ (L 為量測距離, 單位為公尺)			
組合標準不確定度 (不含絕對測距, $k = 1$)	0.13 μm			

3. 線上音頻、振動量測技術開發

工具機 in-situ 顫振檢測所使用是高指向性超音波測頭，量測方式如圖 2-1-14 所示，量測架構示意圖如圖 2-1-15 所示，詳細說明如下：

(1) 線上音頻、振動量測技術規格

- ✓ 量測頻率範圍：2 Hz ~ 7 kHz
- ✓ 最大量測位移量：4 μm ~ 8 mm
- ✓ 顫振位移解析量：4 μm

(2) 線上音頻、振動量測技術架構

線上音頻、振動量測技術採用高指向性超音波探頭髮射特定頻率超音波(40 kHz)至工具機加工刀具面，並線上即時接收反射之超音波訊號進行比對，利用時間飛行法(Time of Flight)計算感測器到目標刀具的距離再套用相位調變演算法提升振幅解析度到 4 μm 。

超音波於空氣中室溫(26 °C)情況下波速約為 346 m/s，套用時間飛行法，利用計時電路計算超音波發射到接收的時間，即可以推算出超音波感測器與刀具的距離，配合相位調變演算法，將反射訊號中相位變化轉換成顫振振幅，可提升量測解析度。當振動訊號鋒度值(Kurtosis)上升超過設定閾值(此處為 3)時，判斷為顫振訊號發生，同時軟體發出警示，並記錄顫振振幅與頻率。

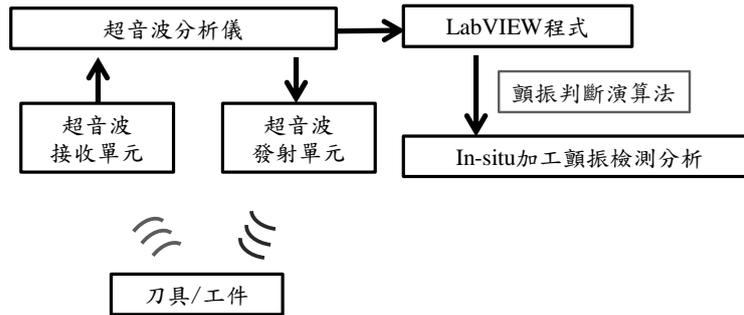


圖 2-1-14、工具機 In-situ 加工顫振檢測方法示意圖

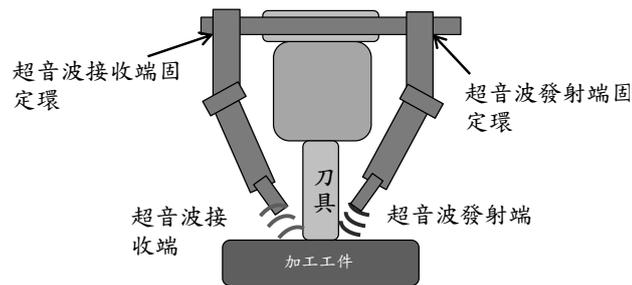


圖 2-1-15、工具機 In-situ 加工顫振檢測架構示意圖

(3) 相位解調演算法

採用訊號處理相位解調演算法，調製訊號相位 φ_{Mod} 可表示成下式

$$\varphi_{Mod} = \varphi_0 + \hat{\varphi}_M \cos(\omega t + \varphi_s) \quad (2-1-3)$$

$$\hat{\varphi}_M = \frac{4\pi\hat{s}}{\lambda} \quad (2-1-4)$$

其中

φ_0 ：初始相位；

φ_s ：解調相位，調製訊號大小；

\hat{s} ：位移大小；

λ ：超音波波長。

以相同的時間 t_i 採樣，對於 $n+1$ 個調相值 $\varphi_{Mod}(t_i)$ ，可以得到 $n+1$ 個方程組成的線性方程組：

$$\varphi_{Mod} = A \cos(\omega t_i) - B \cos(\omega t_i) + C_i \quad (2-1-5)$$

$$A = \hat{\varphi}_M \cos \varphi_s \quad (2-1-6)$$

$$B = \hat{\varphi}_M \sin \varphi \quad (2-1-7)$$

$$\varphi_s = \tan^{-1} \frac{A}{B} \quad (2-1-8)$$

上式中，使用三組以上的數據聯立求出 A 、 B 、 C_i 的數值後，可計算出解調相位 φ_s ，解調相位值即為顫振位移。

(4) 實機量測結果

量測時採用已校正的加速規進行比對。利用激振器作為顫振訊號模擬器，實驗架構如圖 2-1-16 所示，提供 2 Hz 到 7 kHz 的振動訊號，同時使用已校正之加速規與超音波顫振檢測模組進行比對。訊號產生器提供訊號給激振器進行振動，利用頻譜分析儀量測加速規與超音波顫振檢測模組的顫振訊號，並輸出至電腦進行繪圖，加速規與超音波顫振檢測模組量測差異結果如圖 2-1-17 與圖 2-1-18 所示。顫振檢測模組頻域響應實驗結果如圖 2-1-19 所示，可量測信號頻率為 2 Hz ~ 7 kHz，由於 7 kHz 未達 -3 dB，故實際頻寬大於 7 kHz。實際顫振檢測模組與加工刀具工件照片如圖 2-1-20，本計畫開發之顫振檢測模組可以藉由設計的彈性式夾治具固定於加工機上方，配合位置調整機構與超音波探頭角度調整之萬向接頭，可以將高指向性超音波探頭對準加工刀具與工件處進行線上檢測，並進行分析。

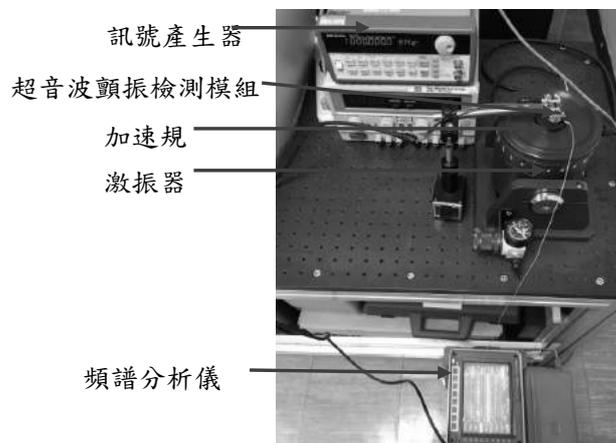


圖 2-1-16、超音波顫振檢測模組與加速規比對實驗架構

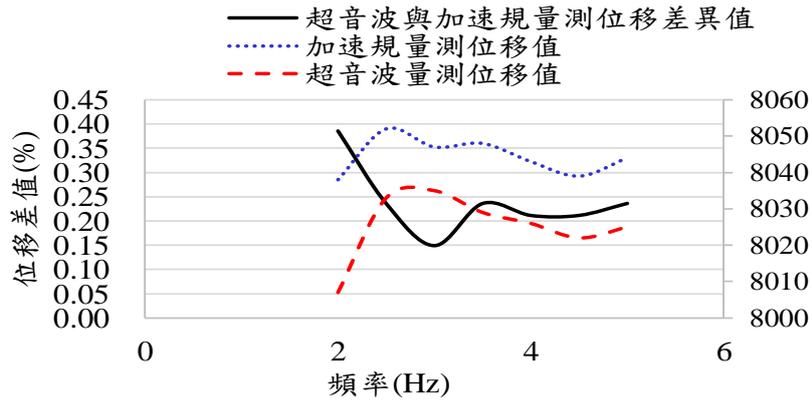


圖 2-1-17、頻率範圍(2 ~ 5) Hz 之超音波顫振檢測模組與加速規比對實驗結果
(位移差值=(超音波-加速規))

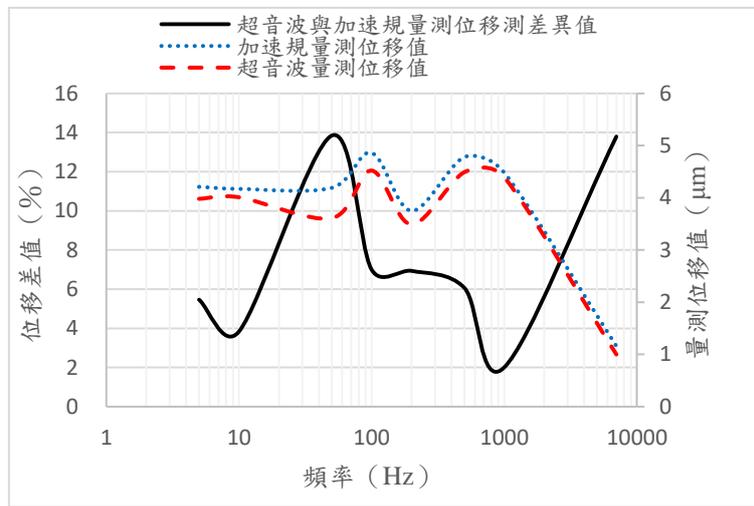


圖 2-1-188、頻率範圍(5 ~ 7000) Hz 之超音波顫振檢測模組與加速規比對實驗結果
(位移差值=(超音波-加速規))

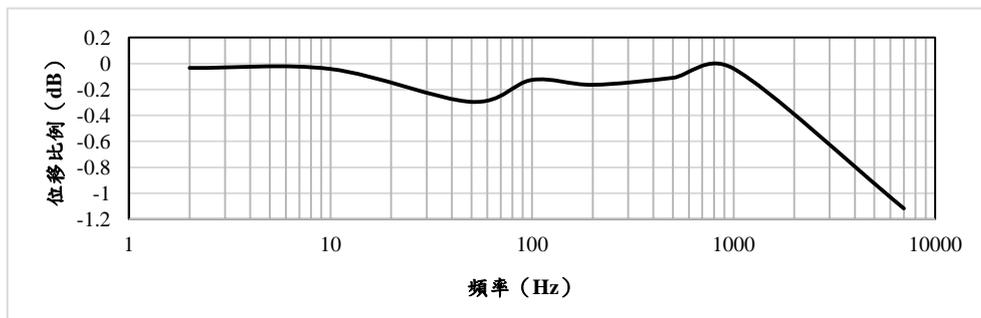


圖 2-1-199、顫振檢測模組頻域響應圖(位移比例=20log(超音波/加速規))

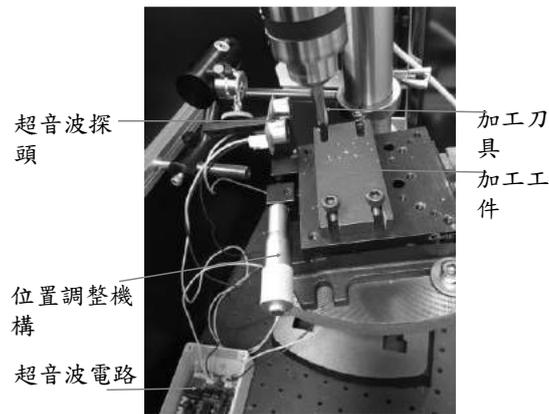


圖 2-1-20、顫振檢測模組與加工刀具工件

【未來推廣應用/效益】

1. 三維尺寸標準件校正技術

台灣目前工業界所使用的座標量測儀(Coordinate Measuring Machine, CMM) 超過二千台以上，是許多精密製造產業執行廠內零組件尺寸檢測的重要標準設備，根據 CMM 國際規範 ISO 10360-2 建議檢測 CMM 使用的標準件包括雷射干涉儀、長塊規組、ball plate(球盤)、hole plate(洞盤)及階規等；同時考量儀器價錢與使用上的便利性，國內目前超過 90% 以上的 CMM 都是使用階規作為檢測標準設備，但是目前國內二級實驗室的階規校正技術，不能滿足 CMM **高準確度及精密度** 的要求；有鑑於此，本計畫建立階規校正技術，乃以雷射干涉儀作為標準件，利用 CMM 為載台，配合調整治具與自製探針，量測階規的尺寸並計算階規之器差值，並依照 ISO GMM 指引完成階規校正系統的不確定度評估，求出系統之有效自由度，取 95% 之信賴水準訂定系統之量測不確定度；建立之階規校正系統的最大量測範圍為 1m，此校正技術的完成，將可協助達成 CMM 標準追溯的需求，提升國內精密製造產業的產品品質，增加國際市場的競爭性。

2. 自動追蹤雷射絕對測距技術

雷射追蹤技術有快速、方便、量測不確定度低等優點，除可提供機台綜合空間準確度量測外，配合高階控制器可發揮最佳控制與補償效果，透過體積誤差補償將可提升機台準確度至少 2 倍，並大幅減少機台誤差量測所需時間，以三軸工具機為例，約半天就能完成 21 項誤差修正參數(不含安裝設定所需時間)。雷射追蹤技術可讓大型工具機不用再準備雷射干涉儀或大型標準件(如直角規)，解決以往工具機在空間移動時，因重力、慣性變形或熱變形等所產生的量測誤差。一般雷射干涉儀屬於積分型式的量測，量測過程中若是光路被遮斷或訊號中斷，整個量測數據即為失效，雙光梳絕對測距可徹底解決此問題與自動追蹤技術整合搭配，不但可解決傳

統積分式雷射干涉儀量測不可中斷的問題，並可簡化數學運算複雜度。除工具機外，也能應用航太級加工設備檢測需求(大型物件與高準確度及精密度)、機器手臂或3D列印等多軸運動載具定位檢測等場合。

3. 線上音頻、振動量測技術開發

超音波顫振檢測模組具有安裝彈性、簡便，檢測頻率寬、低頻響應佳等優點，更可以於線上安裝，即時檢測工具機加工時的顫振情況，並提供警示，降低加工時因顫振造成人力、物力的損耗。過去加工常為加快生產效率，因增加切削深度及刀具進給量，進而產生顫振，此造成工件表面粗糙，加速進刀常使切削過程刀具損壞，刀具更換過程及機械原點校正造成時間成本的增加。近年來，政府致力於航太產業的發展，對於加工件的需求是更輕薄，也更易導致薄壁工件和刀具的顫振。超音波顫振訊號監測可即時且持續地偵測、顯示目前振動與顫振的情況，在必要時進行警示，進而把工件物料的浪費降到最低，也可避免傷害刀具與機台，提高加工效率、產能與良率，未來推廣此量測技術加入與刀具刀座整合，作為工具機的訊號回授控制，促使國內工具機產業進入高效率時代。

(二)、半導體多維參數量測標準技術

【全程技術建立時程】

	103 年度目標	104 年度目標	105 年度目標
技術指標或系統規格	<ul style="list-style-type: none"> •3D 鍵合疊對量測標準技術建立 疊對量測標準方法評估 疊對量測不確定度：$\leq 0.5 \mu\text{m}$ @圖案尺寸 $100 \mu\text{m}$ •矽穿孔深度量測標準技術建立 矽穿孔量測標準方法評估 孔深量測範圍：$5 \mu\text{m}$ 至 $100 \mu\text{m}$ 孔深量測不確定度：$\leq 0.5 \mu\text{m}$ @孔深 $100 \mu\text{m}$ 	<ul style="list-style-type: none"> •高深寬比 TSV 量測標準技術建立 孔深寬比 $\geq 15:1$ @孔徑 $5 \mu\text{m}$ 孔深量測不確定度：$\leq 0.2 \mu\text{m}$ •μBGA 形貌量測標準技術建立 球體直徑：$250 \mu\text{m}$ 直徑量測不確定度：$\leq 2.0 \mu\text{m}$ 高度量測不確定度：$\leq 2.5 \mu\text{m}$ 	<ul style="list-style-type: none"> •μBump 形貌量測標準技術建立 球體直徑：$20 \mu\text{m}$ 直徑量測不確定度：$\leq 0.2 \mu\text{m}$ 高度量測不確定度：$\leq 0.3 \mu\text{m}$

【本年度目標】

- μBump 形貌量測標準技術建立
- 球體直徑： $20 \mu\text{m}$

直徑量測不確定度：0.2 μm

高度量測不確定度：0.3 μm

【執行成果】

1. 白光輪廓量測標準技術

(1) 白光輪廓量測系統原理與架構

白光輪廓量測技術是透過寬頻波段的光源進而產生光干涉條紋，由各個波段光源的干涉訊號疊加之後會產生干涉峰包訊號，在零光程差位置的干涉訊號為最強，因此量測時透過垂直掃描方式找尋出各個量測點的零光程差高度位置，進而求出高度資訊。白光輪廓量測技術能透過垂直掃描獲得大深度範圍的形貌尺寸。寬頻光是由各單波段組合而成之光，寬頻光合成之波振幅在相位差等於零之地方(相位相同處)出現最大值，波振幅以零相位差之地方為中心向兩邊衰減，出現了干涉封包(Envelop)之現象，如圖 2-2-1 所示。

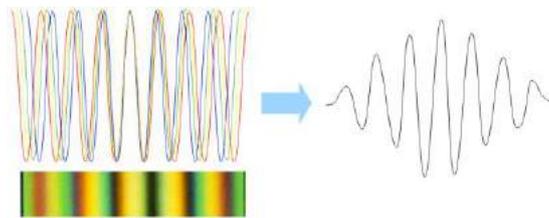


圖2-2-1、由各單波波段組合而成之寬頻光

干涉光訊號如下所示

$$I_{x,y} = I_0(\delta) + I_{AC}(\delta - h_{x,y})\cos[K_0(\delta - h_{x,y})] \quad (2-2-1)$$

其中，

$I_{x,y}$ ：影像中各個像素點得到的光強值；

I_0 ：背景光強度，在重建形貌時須先以濾波方式進行濾除；

I_{AC} ：干涉訊號峰包訊號，在量測後由此光強值進行演算求出量測高度；

δ ：干涉條紋相位值；

K_0 ： $K_0 = 2\pi/\lambda$ ， λ 為光源的平均波長；

$h_{x,y}$ ：待測物體距離物鏡的相對高度。

白光輪廓量測系統(如圖 2-2-2 與圖 2-2-3)是以白光干涉三維檢測技術基礎，其組成包含顯微鏡成像鏡組、白光光源以及取像組件(相機和干涉物鏡鏡頭)，其規格如表 2-2-1 所示，主要功能為提供干涉資訊的建立及影像擷取。垂直掃描部分由壓電陶瓷位移器(Piezoelectric Translator, PZT)及驅動控制器所構成，其功能為驅動干涉物鏡進行垂直

掃描。系統中出現的干涉條紋是透過 Mirau 干涉物鏡產生，透過物鏡中的反射參考鏡的反射光與待測物體的反射光產生光干涉現象；光干涉現象會隨著距離而產生干涉條紋的強度變化。利用寬頻光源干涉波包極短的優點，提供奈米解析的能力。

表 2-2-1、白光輪廓量測系統物件與規格

項次	物件名稱	規格內容		
1	物鏡倍率	50X		
2	顯微鏡組倍率	0.5X	0.75X	1.0X
3	視野大小(μm)	194*146	129*97	97*73
4	垂直掃描範圍	100 μm		
5	高度量測重複性	< 10 nm@1σ		

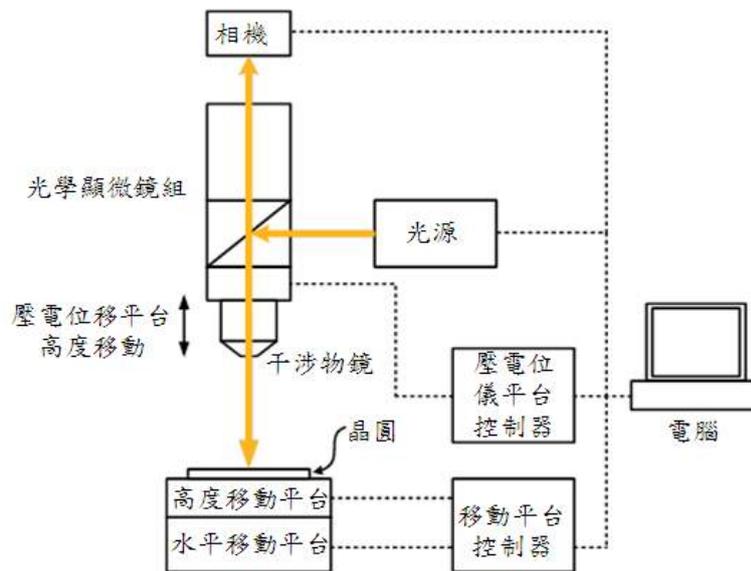


圖2-2-2、白光干涉三維檢測系統示意圖



圖 2-2-3、白光干涉模組設計機構圖面與實體裝置圖

量測時，藉由干涉物鏡模組整個垂直位移，調整測物光之光程，找出不同深度影像中同一像素點之光強度並求得其最高峰值(Peak Value)，藉由峰值所對應之深度，即為該像素之形貌高度值。由光機電整合所組成的白光干涉三維檢測系統，經由校正後，即可透過垂直掃描技術擷取晶圓表面凸塊的三維輪廓，同時亦可進行相關尺寸檢測，量測流程如圖 2-2-4 所示。

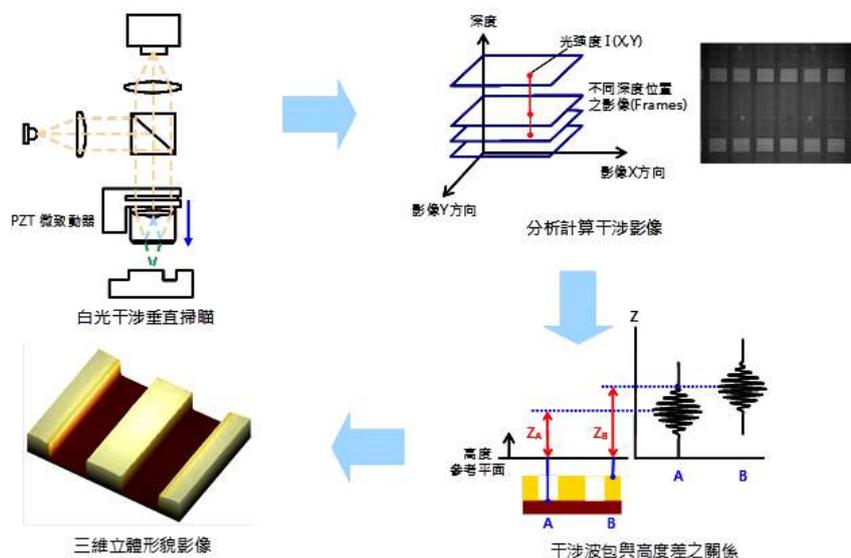


圖2-2-4、垂直掃描量測流程圖

(2) 白光干涉形貌量測系統量測結果

量測系統使用階高標準件進行水平與高度準確度測試，利用 VLSI Standards 公司所製作的標準片(SHS-8.0QC)高度為 $8.050\ \mu\text{m}$ 及 50X 白光干涉物鏡進行 30 次重複量測，做為系統水平與垂直量測準確度評估之依據；水平部份使用標準片中的水平週期 $100\ \mu\text{m}$ 變化區域進行量測，其 30 次重複量測平均值為 $100.017\ \mu\text{m}$ ，標準差為 $0.125\ \mu\text{m}$ ；高度部分使用標準片的高度區域為 $8.050\ \mu\text{m}$ ，其 30 次重複量測平均值為 $8.062\ \mu\text{m}$ ，標準差為 $0.003\ \mu\text{m}$ 。其形貌量測結果如圖 2-2-5 及圖 2-2-6 所示。

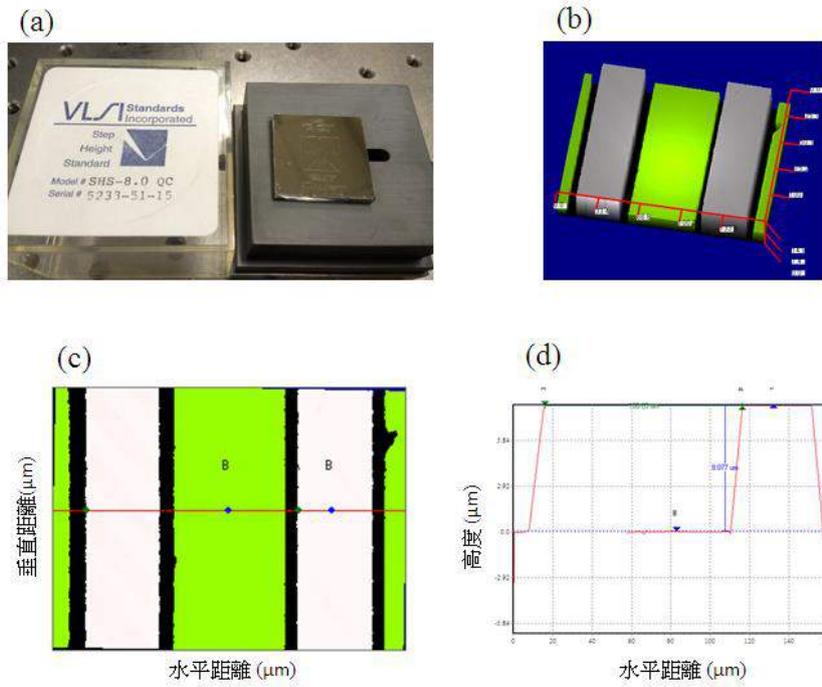


圖2-2-5、標準線寬量測結果：(a) VLSI 標準塊；(b) 三維形貌量測結果；
(c) 量測結果上視圖；(d) 量測結果剖線資訊

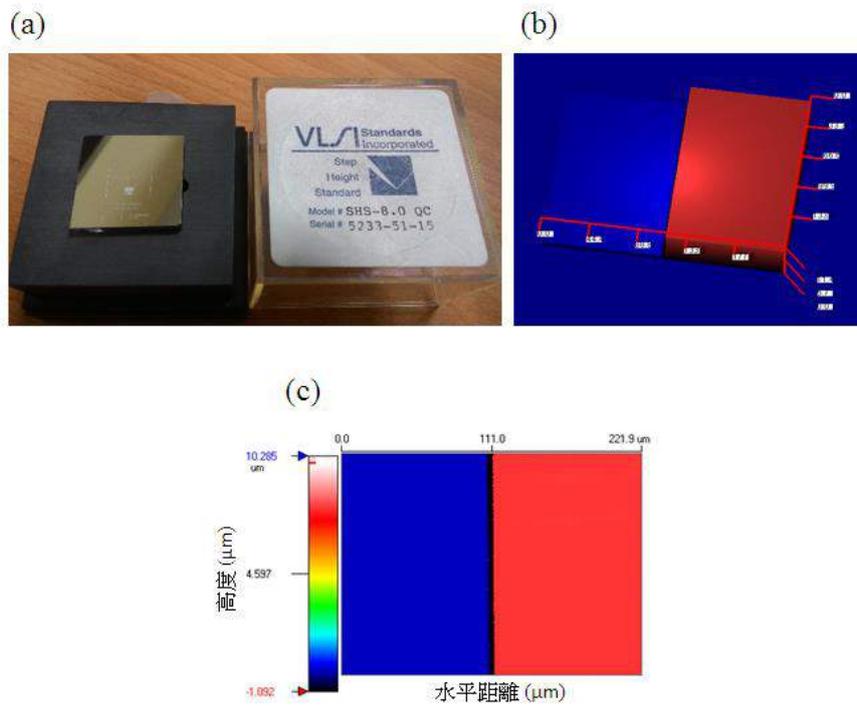


圖 2-2-6、標準階高量測結果：(a) VLSI 標準塊；(b) 三維形貌量測結果；
(c) 量測結果上視圖

另外，本計畫分別設計 20 μm 、30 μm 與 40 μm 的 $\mu\text{-Bump}$ 半球型標準件，利用**熱融方式(Thermal Reflow Process)**製作於晶圓表面上，製作完成後樣品形狀為半球體，再利用白光干涉形貌量測系統分別進行 30 次重複量測測試，使用 50X 干涉物鏡與白光光源進行量測，垂直掃描間距為 0.1 μm ，其量測結果與分析資料如圖 2-2-7 所示：

- ✓ 20 μm 量測結果：平均高度為(12.482 \pm 0.006) μm 、直徑為(19.167 \pm 0.155) μm ；
- ✓ 30 μm 量測結果：平均高度為(15.965 \pm 0.004) μm 、直徑為(23.696 \pm 0.181) μm ；
- ✓ 40 μm 量測結果：平均高度為(19.307 \pm 0.007) μm 、直徑為(36.068 \pm 0.163) μm 。

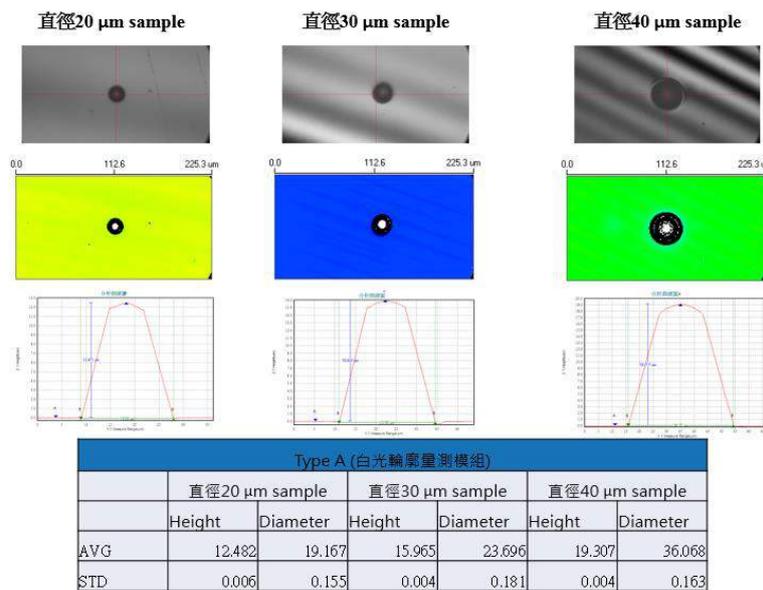


圖 2-2-7、半球型標準件量測測試結果

使用廠商所提供的 12 吋晶圓(wafer)測試片，進行晶圓結構(Under Bump Metallurgy, UBM)的高度與直徑**重複性**測量，使用 50X 干涉物鏡搭配 1X 倍鏡，掃描全行程為 25 μm ，掃描間距為 0.1 μm ，定點重複量測 30 次，移動往返一次再**重複**量測，形貌量測結果如圖 2-2-8 所示，量測結果分析結果如表 2-2-2 與表 2-2-3 所示，高度量測之**重複性**< 6 nm (1σ)與直徑量測之**重複性**< 30 nm (1σ)的規格，可證明系統針對半導體樣品量測可達**高準確度**且高穩定度之量測結果，符合工業使用需求規格。

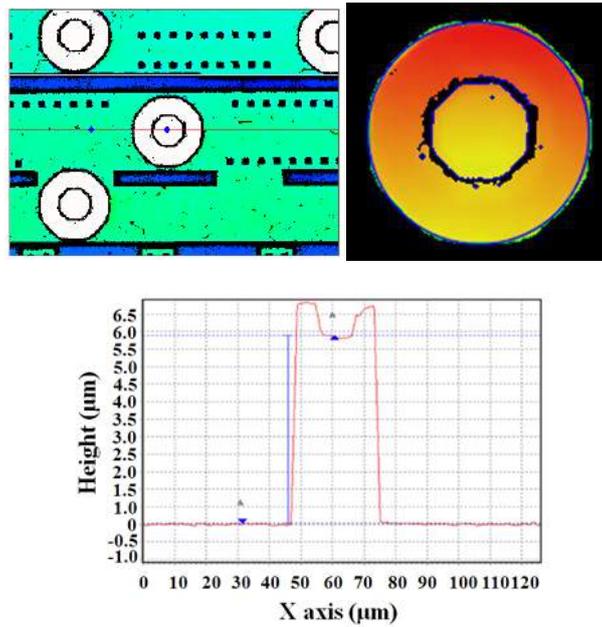


圖 2-2-8、UBM 量測形貌結果高度與直徑分析

表 2-2-2、UBM 量測形貌結果-高度與直徑量測數值

		高度量測值 (μm)									
量測資料		4.753	4.755	4.761	4.751	4.761	4.758	4.76	4.757	4.761	4.759
		4.763	4.753	4.754	4.758	4.765	4.763	4.761	4.757	4.765	4.756
		4.758	4.754	4.752	4.754	4.752	4.752	4.763	4.75	4.755	4.761
		X方向寬度量測值 (μm)									
量測資料		25.982	25.984	25.986	25.952	25.971	25.967	25.963	25.977	25.958	25.979
		25.959	25.938	25.966	25.957	25.989	25.986	25.976	25.972	25.975	25.945
		25.96	25.971	25.987	25.977	25.979	25.984	25.954	25.953	25.957	25.965
		Y方向寬度量測值 (μm)									
量測資料		26.667	26.74	26.725	26.693	26.718	26.705	26.721	26.701	26.685	26.684
		26.71	26.731	26.707	26.724	26.715	26.706	26.697	26.714	26.667	26.673
		26.678	26.686	26.756	26.701	26.709	26.691	26.705	26.693	26.697	26.694

表 2-2-3、UBM 量測形貌結果-高度與直徑分析數值表

	高度(μm)	X方向寬度(μm)	Y方向寬度(μm)
平均值	4.757	25.969	26.703
標準差	0.004	0.014	0.021

(3) 白光輪廓儀量測不確定度評估：

白光輪廓儀之高度量測不確定度評估結果如表 2-2-4 所示，其量測不確定度評估方程式為：

$$L_i = s_{repeat} + \delta_{L_resolution} + \delta_{L_zposition} + \delta_{L_s} \quad (2-2-2)$$

其中：

s_{repeat} ：白光輪廓儀之高度量測重複性；

$\delta_{L_resolution}$ ：系統之量測解析的量測誤差；

$\delta_{L_zposition}$ ：Z 軸定位誤差；

δ_{L_s} ：標準件的高度誤差。

表 2-2-4、白光輪廓儀高度量測之不確定度評估表

不確定度源 x_i	標準不確定度 $u(x_i)$	靈敏係數 c_i	不確定度分量 $ c_i \cdot u(x_i)$
白光輪廓儀高度量測數值	0.0034 μm	1	0.0034 μm
• 重複性(s_{repeat})	0.0018 μm	1	0.0018 μm
• 解析度($\delta_{L_resolution}$)	0.0029 μm	1	0.0029 μm
Z 軸平台高度定位不確定度($\delta_{L_zposition}$)	0.0035 μm	1	0.0035 μm
標準件高度(δ_{L_s})	0.0136 μm	1	0.0136 μm
量測不確定度 = 0.0144 μm			

白光輪廓儀之寬度量測不確定度評估結果如表 2-2-5 所示，其量測不確定度評估方程式為：

$$L_i = s_{repeat} + \delta_{L_resolution} + \delta_{L_xposition} + \delta_{L_yposition} + \delta_{L_s} \quad (2-2-3)$$

其中：

s_{repeat} ：白光輪廓儀之寬度量測重複性；

$\delta_{L_resolution}$ ：系統之水平解析的量測誤差；

$\delta_{L_xposition}$ ：x 軸定位誤差；

$\delta_{L_yposition}$ ：y 軸定位誤差；

δ_{L_s} ：標準件的寬度誤差。

表 2-2-5、白光輪廓儀寬度量測之不確定度評估表

不確定度源 x_i	標準不確定度 $u(x_i)$	靈敏係數 c_i	不確定度分量 $ c_i \cdot u(x_i)$
白光輪廓儀寬度量測數值	0.0841 μm	1	0.0841 μm
• 重複性(s_{repeat})	0.0724 μm	1	0.0724 μm
• 解析度($\delta_{L_resolution}$)	0.0427 μm	1	0.0427 μm
X 軸移動平台不確定度($\delta_{L_xposition}$)	0.0076 μm	1	0.0076 μm
Y 軸移動平台不確定度($\delta_{L_yposition}$)	0.0192 μm	1	0.0192 μm
標準件寬度(δ_{L_s})	0.1616 μm	1	0.1616 μm
量測不確定度 = 0.1824 μm			

(4) μBump 標準件量測不確定度評估：

透過白光輪廓儀進行 μBump 標準件量測， μBump 標準件之高度量測不確定度評估結果如表 2-2-6 所示，其量測不確定度評估方程式為：

$$L_i = s_{repeat} + \delta_{L_system} \quad (2-2-4)$$

其中：

s_{repeat} ： μBump 標準件之高度量測重複性；

δ_{L_system} ：白光輪廓量測儀之高度量測誤差。

表 2-2-6、 μBump 標準件高度量測之不確定度評估表

不確定度源 x_i	標準不確定度 $u(x_i)$	靈敏係數 c_i	不確定度分量 $ c_i \cdot u(x_i)$
白光輪廓儀量測不確定度(δ_{L_system})	0.0144 μm	1	0.0144 μm
μBump 標準件高度量測重複性(s_{repeat})	0.0061 μm	1	0.0061 μm
量測不確定度 = 0.016 μm			

μBump 標準件之直徑量測不確定度評估結果如表 2-2-7 所示，其量測不確定度評估方程式為：

$$L_i = s_{repeat} + \delta_{L_system} \quad (2-2-5)$$

其中：

s_{repeat} ： μBump 標準件之直徑量測重複性；

δ_{L_system} ：白光輪廓量測儀之寬度量測誤差。

表 2-2-7、 μ Bump 標準件直徑之量測不確定度評估表

不確定度源 x_i	標準不確定度 $u(x_i)$	靈敏係數 c_i	不確定度分量 $ c_i \cdot u(x_i)$
白光輪廓儀量測不確定度 (δ_{L_system})	0.1824 μm	1	0.1824 μm
μ Bump 標準件高度量測重複性 (s_{repeat})	0.0089 μm	1	0.0089 μm
量測不確定度 = 0.19 μm			

2. 白光光譜反射量測標準技術

(1) 量測方法

光譜反射式膜層厚度檢測設備，依據檢測光點大小及需求，可以分為大光點式及顯微式。大光點式係利用光纖探管與光譜儀結合，利用光纖束的共同端將光源由光纖束入射至樣品上，光纖束包含幾個照射光纖及一個讀取光纖，由光纖束中的讀取光纖接收反射光，然後透過分支輸入到光譜儀中，測量樣品的反射光譜，進而由演算法算出膜層的折射率、消光係數與厚度。相對於大光點式反射儀使用光纖為介面來收發光線，顯微鏡式反射儀具有小檢測光點的優點，可以用來檢測結構細微的膜層。如圖 2-2-9 所示，光源(Light source)經過準直鏡(Collimator)調整後，由第一個分光鏡(Beam Splitter)透過顯微物鏡(Objective)入射於樣品上，其反射光由第二個分光鏡分成兩道光束，一道由影像偵測器(Camera)所接收，可即時觀察待測點位置；另外一道入射至光纖(Fiber)導至光譜儀(Spectrometer)接收而取得反射光譜，進而計算出樣本的光學特徵參數。因此，本計畫使用之光譜反射儀為顯微式，檢測區域面積為 30 μm 。

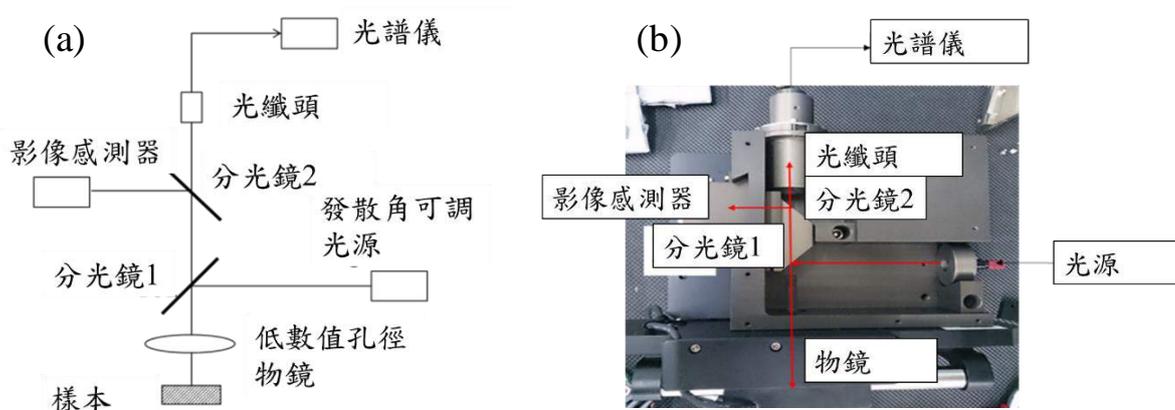


圖 2-2-9、(a)反射儀模組光路圖與(b)模組外觀

(2) 反射儀原理

量測樣本採用之微結構，為在矽晶圓上製作的二維週期性排列矽通孔結構，如圖 2-2-10。由於其排列週期大於可見光入射波長的十倍以上，不會產生顯著的繞射現象，故不採用大計算量的耦合波理論來分析。此時採用側向干涉理論(Lateral Interference Theory)，也就是說不同區域的反射電場和區域的面積與入射光束截面積的比例成正比；換句話說矽通孔開口面積相對於入射光束的截面積越大，從矽通孔反射回來光的電場振幅越大。並且矽通孔底部的反射光與頂部的反射光互相干涉，由於不同區域反射光的相位項各自帶著反射光所走的光程差資訊，這兩個區域反射光干涉的結果，總反射光譜經過推導可以得到三項總合，如下式所示：

$$\begin{aligned}
 R(k) &= (R_{via} + R_{film}) + [2 \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{R_{via} R_{fn}} \cos(2kd_{via} - \delta_n)] \\
 &= (R_{via} + \sum_{n=1}^N R_{fn}) + [\sum_{n \neq m=1}^N \sqrt{R_{fn} R_{fm}} \cos(2k(d'_n - d'_m))] + [2 \sum_{n=1}^N \sqrt{R_{via} R_{fn}} \cos(2k(d_{via} - d'_n))]
 \end{aligned}
 \tag{2-2-6}$$

第一項是與光程差無關，為直流項。第二項是若表面有氧化層時的薄膜干涉項，由入射光在氧化層間來回多次反射與透射造成的結果；第三項是矽通孔反射光與氧化層反射光互相干涉的結果，隱含矽通孔的深度。從反射儀量到的反射光譜可以藉由與反射數學模型的差異程度做曲線擬合，進而推得膜層的厚度。反射光譜在光程差越大的狀況下，其曲線會越來越密，矽通孔深度在數十微米左右，可以預期第三項干涉項在反射光譜中有較密集的極值。可以對反射光譜做離散傅立葉轉換求得矽通孔深度。

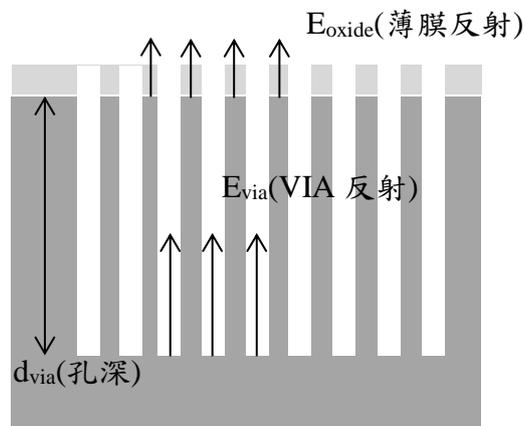


圖 2-2-10、干涉示意圖

(3) 系統特色

本量測系統特色為 1). 有限顯微架設，具有較少的光學組件，可以得到較高的光學強度；2). 發散角可調整光源，適合各種樣本的撓曲(Flexible)；3). 低收光角的物鏡，接收低角度反射光，提高訊雜比。

(4) 系統評估

目前系統光源採用鹵素光源，配合 400 nm ~ 850 nm 的光譜儀、2.2 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ 的影像感測器、放大倍率為 4 倍之物鏡，矽通孔量測樣本直徑開孔為 5.05 μm ，深度為 80.1 μm ，PET 厚膜樣本厚度為 106.6 μm ，氧化矽薄膜樣本為 101.4 nm。量測點(Spot Diameter)大小的計算過程如下：

$$\text{Spot Diameter} = 50 (\text{pixels}) \times 2.2 (\mu\text{m}/\text{pixel}) / 4 \times (\text{objective magnification}) = 27.5 \mu\text{m}$$

量測點大小如圖 2-2-11 所示。依照系統的量測記錄，平均每秒量測 7 次，依此計算可得平均量測速度為 142 ms。在矽通孔深度量測方面，如圖 2-2-12 所示，經實際系統 30 筆數據可以計算出平均值為 79.9 μm ，標準差為 0.007 μm 。而在矽通孔孔徑量測方面，如圖 2-2-13 所示，30 筆數據計算可得平均值為 5.32 μm ，標準差為 0.29 μm 。目前 CCD Size 為 2048 \times 1056 pixels、pixel size = 2.2 μm ，且使用 4 倍物鏡，故量測範圍可達 1126 $\mu\text{m} \times$ 580 μm 。PET 膜厚度量測方面，如圖 2-2-14 所示，30 筆數據可得平均值為 106.6083 μm ，標準差為 0.0004 μm 。氧化矽膜厚度量測方面，如圖 2-2-15 所示，30 筆數據可得平均值為 101.52 nm，標準差為 0.01 nm。



圖 2-2-11、量測點大小

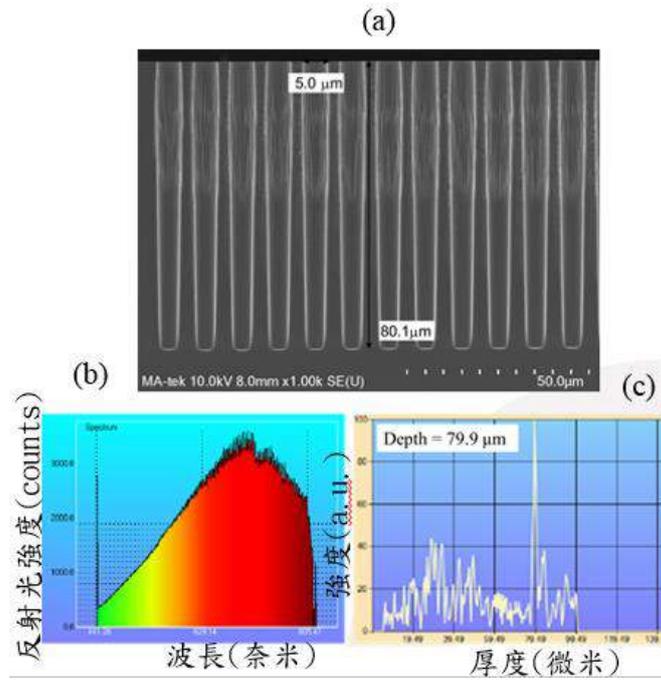


圖 2-2-12、(a)TSV 電子掃描顯微鏡切片量測影像 (b)TSV 深度量測原始光譜資料
(b)傅立葉轉換結果

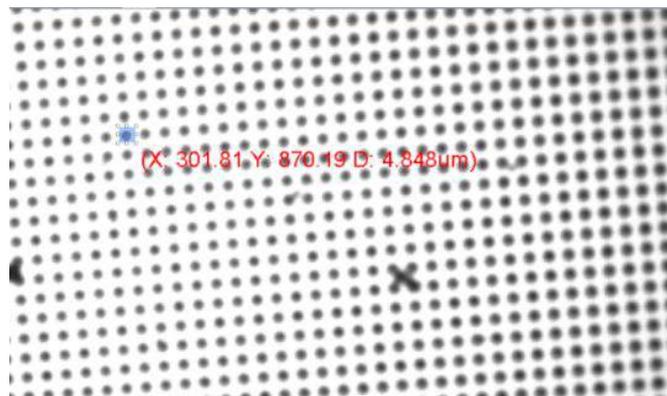


圖 2-2-13、TSV 孔徑量測

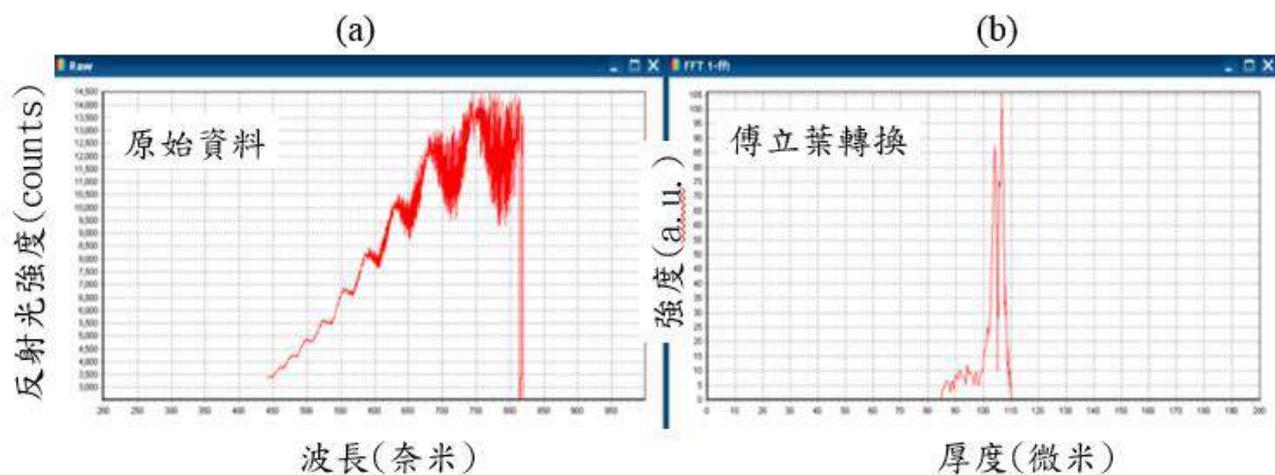


圖 2-2-14、PET 厚度量測原始資料

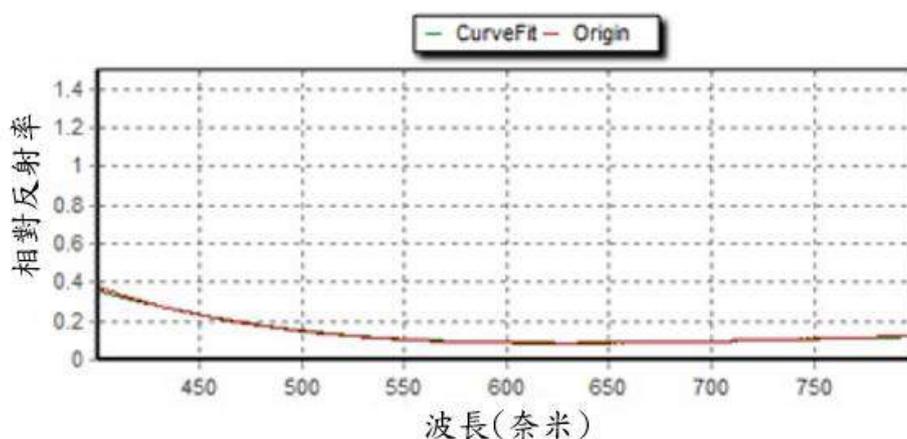
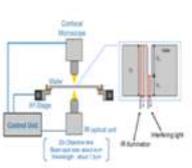
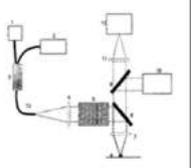
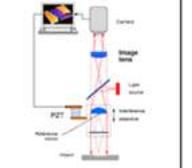


圖 2-2-15、氧化矽厚度量測原始資料

(5) 國內外產業現況、發展趨勢

矽穿孔蝕刻製程是矽穿孔製作中一個重要的環節，它的幾何特徵參數，如深度、開口大小是檢測的重點；相較於掃瞄電子顯微鏡(SEM)屬於後製檢測，並且有著昂貴、破壞性且過程耗時的缺點；而光學式檢測蝕刻深度，有著非接觸、非破壞、快速、低成本的優點，並且易於與其他系統整合，可發展成線上即時量測深度的工具。目前市面上針對 TSV 深度量測的光學檢測機台，如表 2-2-8 所示。從表 2-2-8 得知，本計畫建置之白光光譜反射量測技術於量測模式、速度及解析度等項目可媲美國外機台，可與國外機台進行市場競爭。

表 2-2-8、TSV 深度量測國內外技術比較

規格 \ 產品	Lasertec (TSV300-IR)	Rudolph(NSX 320 TSV)	Nanometrics (UniFire 7900-TSV)	SCI (FilmTek 2000M)	ITRI (TSVCheck)
系統示意圖					
原理	雷射共焦法	紅外彩色共焦法	白光干涉法	光譜反射法	光譜反射法
波長	1.3 微米	1.0 微米~1.7 微米	0.4 微米~0.7 微米	0.65 微米~0.95 微米	0.45 微米~0.80 微米
量測點大小	4.0 微米	5.0 微米	面積(影像)	10 微米	30 微米
模式(單孔/多孔)	單孔	單孔	多孔	多孔	多孔
深寬比@5 微米	20:1	10:1	15:1	9:1	16:1
量測速度	~1.0 秒	~0.3 sec	~1.0 sec	~1.0 sec	~0.2 sec
縱向解析度	0.1 微米	0.3 微米	50 奈米	0.1 微米	0.1 微米

【未來推廣應用/效益】

1. 為滿足高深寬比 TSV 深度量測，本團隊使用光譜式反射儀(Spectroscopic Reflectometry)作為檢測工具，開發反射儀的另一項應用，建立理論模型對高密度、小孔徑、高深寬比的矽穿孔進行蝕刻深度研究，以符合矽穿孔未來朝向小孔徑、高密度發展之趨勢。此架構的優點為量測系統簡單及具有良好的 TSV 深度解析度，且具有快速量測的優勢，適合做線上全檢的應用。
2. 透過利用白光輪廓量測 (White Light Interferometers)技術，來取代目前破壞性的電子顯微鏡切片檢測方法，進一步提昇量測的精確度應用此方法可量測 μ Bump 形貌，並分析出 μ Bump 高度。運用計畫產出能使國內自動光學檢測(Automated Optical Inspection, AOI)廠商能力升級到高規格要求的晶圓檢測等級，提升產品競爭力。

(三)、氣膠粒子量測標準技術

【本年度目標】

- 霧化器模組，霧化範圍 10 nm ~ 300 nm
- 凝結粒子技術，可凝結至 10 nm 之粒子
- 標準粒子濃度產生模組設計與開發，範圍 60 nm 至 100 nm；量測不確定度 $\leq 15\%$

【執行成果】

1. 氣膠粒子量測技術應用於溶液中粒子量測

(1) 量測系統之建立

本技術主要係利用氣霧化溶液方法，將溶液中粒子氣霧化為空氣中漂浮的粒子，並可以搭配後續之差分電移動度分析儀(Differential Mobility Analysis, DMA)及凝結粒子計數器(Condense Particle Counter, CPC)量測奈米粒子之粒徑及數量濃度分布。霧化技術部分利用伯努力原理造成氣壓差的方式將待測溶液抽取出來，如圖 2-3-1 所示之推動力(Driving Force)，並以結構設計對氣膠液滴進行衝擊。待測之微小粒子則因載流攜帶往上飄至其後之元件和 DMA 及 CPC 中，再進行量測。此外，為考慮此技術亦可為複雜樣品之量測使用，在霧化器之設計上，抗酸鹼和腐蝕也會是一重要考量，故在此選用抗酸鹼腐蝕之聚醚醚酮(Polyether Ether Ketone, PEEK)作為霧化器之材料。如圖 2-3-1 所示。此外在霧化之過程中因所使用之噴霧器飽含水蒸汽，使得氣霧化後的粒子上吸附有一層水膜。為使得所量測之奈米粒子粒徑不受此層水膜影響，量測系統內將加入一加熱乾燥系統(Heater and Dryer)，藉以除去水膜。量測系統架設如圖 2-3-1 所示。

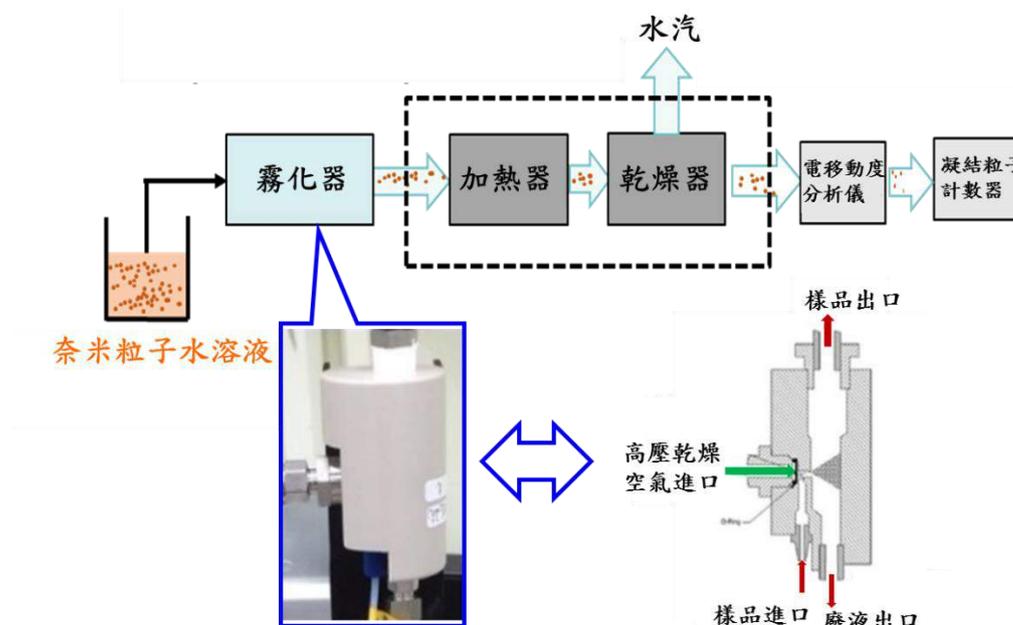


圖 2-3-1、氣霧化粒子粒徑及濃度量測系統架設示意圖

(2) 不同粒徑(10 nm ~ 300 nm)奈米粒子之霧化與量測

本計畫亦藉由利用不同粒徑(10 ~ 300) nm 之奈米粒子以測試此技術之霧化與量測能力範圍，並將霧化後之氣膠粒子藉由 DMA 與 CPC 量測到粒徑及數量濃度之分布，結果如圖 2-3-2 及表 2-3-1 所示。此結果亦證明此量測系統之霧化及量測能力可適用於(10 ~ 300) nm 之奈米粒子。

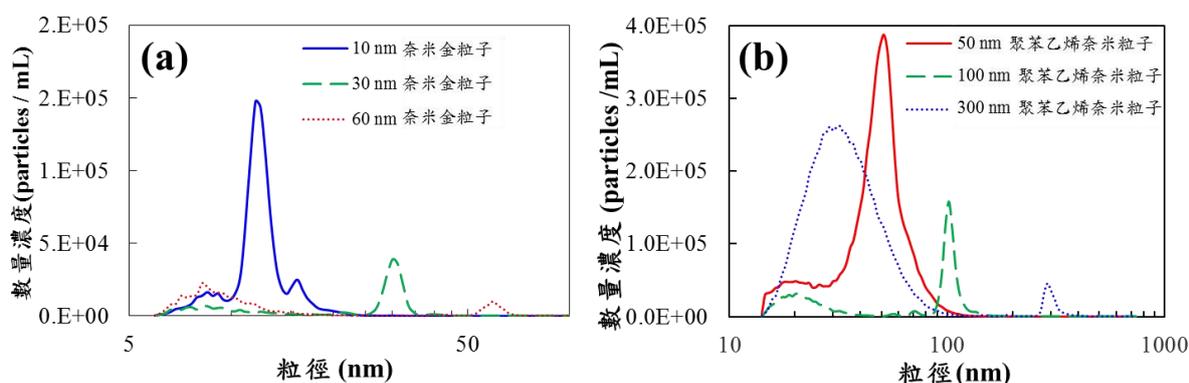


圖 2-3-2、霧化器模組搭配 DMAS 量測不同粒徑奈米粒子之粒徑與數量濃度分布圖

表 2-3-1、霧化器模組搭配 DMAS 量測不同粒徑奈米粒子之標定粒徑與量測峰值粒徑

奈米金粒子 標定粒徑 (nm)	奈米金粒子 量測粒徑 (nm)	聚苯乙烯奈米粒子 標定粒徑 (nm)	聚苯乙烯奈米粒子 量測粒徑 (nm)
9.4	11.88 ± 0.18	46	51.40 ± 0.00
29.6	31.1 ± 0.00	102	101.8 ± 0.00
59.4	59.4 ± 0.00	296	289.0 ± 0.00

A. 奈米粒子之數量濃度量測效率計算

在量測過程中，奈米粒子會因氣霧化過程而導致其數量濃度改變，此外乾燥後之氣膠粒子會因靜電吸附而耗損在管件傳輸上，因此本技術所監測之粒子數量濃度為溶液中粒子經氣霧化後之氣膠粒子濃度，而其與原始樣品之溶液中粒子數量濃度極為不同。為了解原始樣品於溶液中之粒子數量濃度與所量測之氣膠粒子數量濃度差異，我們使用聚苯乙烯乳膠(Polystyrene Latex, PSL)，粒徑分別約為 50 nm、100 nm 以及 300 nm 之標準粒徑奈米粒子，並同時委託工研院材化所，以熱重量分析法(Thermogravimetric Analysis, TGA)重複 5 次測試 PSL 固含量，以計算原始溶液中之奈米粒子數量濃度，再與利用溶液中粒子監控系統所量測之粒子數量濃度進行比較，並進行粒子濃度量測效率之計算，以提供此監控系統於未來對產業服務時的依據。在此我們將系統濃度量測效率(η)定義為量測到特定標準品之霧化後氣膠奈米粒子數量濃度($C_{aerosol}$)與待測樣品濃度(水溶液中粒子數量濃度， $C_{colloid}$)之比值(%), 如式(2-3-1)所示，此比值將可做為此系統用於溶液中粒子量測之濃度校正用。不同粒徑 PSL 標準溶液之量測與計算值如表 2-3-2 所列。

$$\eta = \frac{C_{aerosol}}{C_{colloid}} \% \quad (2-3-1)$$

表 2-3-2、不同粒徑 PSL 標準溶液之粒徑、數量濃度量測值與效率計算值

樣品名稱	Thermo 50 nm PSL	Thermo 100 nm PSL	Thermo 300 nm PSL
標示之粒徑值(nm)	46.0 ± 0.0	102.0 ± 3.0	293 ± 6.0
量測之粒徑值(nm)	51.4 ± 0.0	101.8 ± 0.0	289.0 ± 0.0
C _{colloid} (#/mL)	(4.14 ± 0.08) × 10 ¹⁰	(3.70 ± 0.07) × 10 ⁹	(2.36 ± 0.02) × 10 ⁷
C _{aerosol} (#/mL)	(3.20 ± 0.09) × 10 ⁶	(6.32 ± 0.09) × 10 ⁵	(1.70 ± 0.07) × 10 ⁵
η (%)	0.0077 ± 0.0002	0.0171 ± 0.0002	0.0108 ± 0.0004

B. 10 nm 之奈米粒子之量測與偵測極限計算

此外，產業界之需求，冀能量測尺寸至 10 nm 左右之溶液中粒子。因此，本研究使用由 BB International (BBI)公司所生產粒徑為 10 nm，原始數量濃度及重量濃度分別為 5.70×10^{12} #/mL 及 5.76×10^{-5} g/mL 的奈米金粒子，將其稀釋成 5 組不同濃度，其稀釋後濃度如表 2-3-3 所列，利用上述技術量測，得其粒徑與數量濃度分布圖(如圖 2-3-3 所示)，進行量測技術於小粒徑奈米粒子量測能力與極限實驗。藉由已知原始濃度與稀釋倍率，以及氣膠粒子數量濃度值，可建立一檢量線(如圖 2-3-4 所示)，其可表示為 $y = 9017.9 + 8.29 \times 10^{-5} \cdot x$ ，線性相關係數(Correlation coefficient) R^2 為 0.9979。藉由式(2-3-2)及式(2-3-3)計算出其偵測極限(Limit of Detection, LOD)與定量極限(Limit of Quantitation, LOQ)，計算結果分別為 9.90×10^8 #/mL 及 3.30×10^9 #/mL。

$$LOD = 3S_a / b \quad (2-3-2)$$

$$LOQ = 10S_a / b \quad (2-3-3)$$

其中

S_a 為檢量線之截距標準差 (值為 2.74×10^4)

b 為檢量線之斜率 (值為 8.29×10^{-5})

表 2-3-3、10 nm 奈米金粒子經不同稀釋倍率稀釋後之濃度

名稱	稀釋倍率	稀釋後重量濃度(g/mL)	稀釋後數量濃度(#/mL)
100X	100	5.76E-07	5.70E+10
500X	500	1.15E-07	1.14E+10
1000X	1000	5.76E-08	5.70E+09
5000X	5000	1.15E-08	1.14E+09
10000X	10000	5.76E-09	5.70E+08

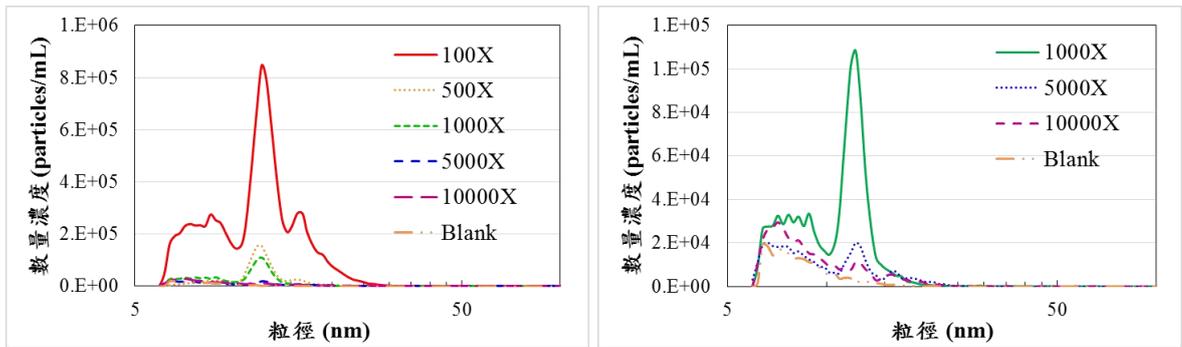


圖 2-3-3、霧化器模組搭配 DMAS 量測不同濃度 BBI 10 nm 奈米金粒子之粒徑與數量濃度分布圖

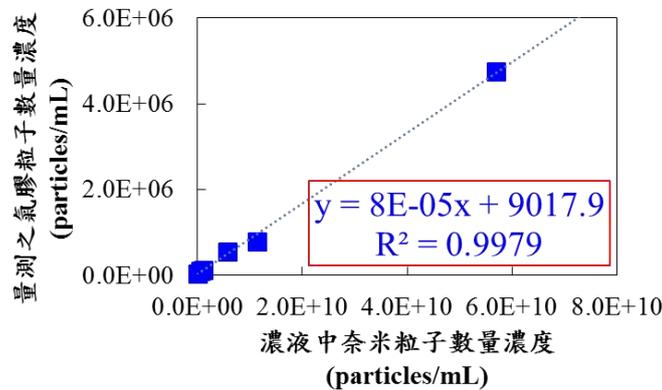


圖 2-3-4、氣霧化奈米粒子量測系統量測不同濃度 10 nm 奈米金粒子之檢量線

此結果可證明本研究所建立之量測系統，可霧化且偵測奈米粒子最小粒徑為 10 nm，且可鑑別奈米金粒子之最低數量濃度為 $9.90 \times 10^8 \text{ \#}/\text{mL}$ ，重量濃度約為 $1.00 \times 10^{-8} \text{ g}/\text{mL}$ 。

2. 凝結粒子技術

(1) 奈米粒子凝結成長理論分析

為開發奈米粒子凝結模組，首先須對微粒凝結成長機制進行了解。一般粒子之凝核成長主要基於有核凝結，其可概分為兩步驟：凝核與成長。凝核(Nucleation)或稱核化凝結(Nucleated Condensation)指的是由蒸氣形成粒子的過程。在純粹只有蒸氣分子存在的空間中，因分子間的相互作用較小，即便在飽和蒸氣之環境下，分子亦很難相互凝聚成為液態，此時若有恰當之固態表面則可以做為媒介使表面上聚集之蒸氣分子間產生較大之作用並且持續和氣態分子作用而造成冷凝，若此固體為微小之顆粒，則水之冷凝發生於顆粒之表面上並且快速將顆粒包裹而成為微小液滴。以氣膠奈米粒子為例，當氣膠奈米粒子進入一充滿過飽和蒸氣(可為水或有機溶劑)之腔室，此粒子將成為凝結之核心，過飽和之蒸氣將以此粒子為中心凝結成液滴。若此時再將溫度

調降，則會造成更多之蒸氣分子凝結於小液滴上，促成液滴粒徑之成長(Growth)。

因此，為進行奈米粒子之凝結成長，奈米粒子凝結模組會包含兩主要組件，分別為一位於前段且相對高溫以產生飽和蒸氣，並讓其吸附並凝核於奈米粒子上之飽和腔(Saturator);及一位於後段但相對低溫以利飽和蒸氣持續凝結並促成液滴粒徑之增長之凝結腔(Condenser)。又因液滴粒徑與凝核粒子於各腔室內之滯留時間(亦即與其流速相關)，及各腔室之溫度相關。於此我們針對各腔體之溫度、奈米粒子之流率及粒子在腔體中之凝結位置，進行奈米粒子凝結成長模型計算，以求得最佳凝結成長參數。

在此，我們設定凝結管半徑為 2.0 mm，長度為 80 mm，所用之蒸氣為正丁醇(N-Butanol)蒸氣。假設由飽和腔所導入之蒸氣皆已達均勻的超飽和狀態(Super-Saturation)，且流率設定為 0.3 lpm。流率、溫度與超飽和之輪廓圖皆以 COMSOL 多物理量耦合分析(Multiphysics)軟體進行計算分析。另採用那維爾-史托克(Navier - Stokes)方程式之層流(Laminar Flow)模型，且包含熱導、熱對流與擴散之 COMSOL 計算流體力學軟體，來模擬凝結器中之流場與熱傳輸、質(蒸氣)傳輸現象。凝結器中計算超飽和輪廓過程，假設已達設定溫度之凝結管中具有相同飽和比之蒸氣。正丁醇工作液熱力學特性採用 2003 年 Magnusson 等人之發表之數值，而所得之超飽和場進一步可用來計算異質成核(Heterogeneous Nucleation)的機率。為了建立異質成核模型，將“溫度超飽和”模型切割成軸向(850 點)與徑向(超飽和場模型 75 點、異質成核模型 300 點)，再將流率加入計算之後將可得到流場通過兩點間的時間。有了這個資訊，將可得知異質成核發生時的位置與時間點，並藉由改變飽和器和凝結器的溫度來降低工作液之均質成核(Homogeneous Nucleation)現象以降低截止粒徑。

圖 2-3-5 為 10 nm 粒子於凝結器內凝結成長趨勢圖。由圖中曲線圖可觀察到，於凝結器入口處之 10 nm 粒子，隨著通過凝結器的過程，工作液蒸氣漸漸藉由異質凝核凝結於粒子表面，當通過凝結器出口時，已被工作液包覆形成大於 6 μm 之液滴，此粒徑大小之微粒已遠大於一般光學粒子計數器之粒徑偵測下限，因此可以為市售之光學粒子計數器所偵測。由圖中亦可觀察到，由於相較於管子中心，接近凝結器管壁之溫度相對較低，因此凝結之現象相對較旺盛，凝結後之液滴粒徑相對較大。

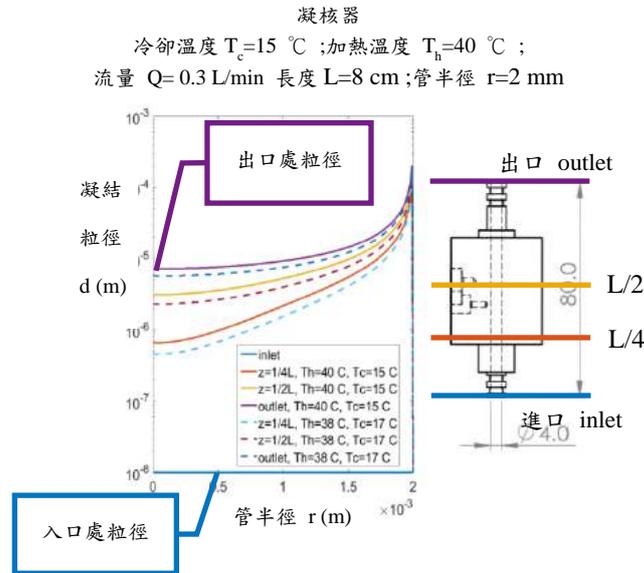


圖 2-3-5、10 nm 粒子於凝結器內凝結成長趨勢圖

(2) 奈米粒子凝結模組設計與製作

基於奈米粒子凝結成長理論分析所採用之尺寸、溫度與流量等參數，本計畫設計並採用鋁合金材質製作奈米粒子凝結模組(如圖 2-3-6)，利用加熱貼片進行飽和器腔體加熱，將正丁醇(N-Butanol)工作液氣霧化成飽和蒸氣，再以致冷器冷卻凝結器腔體以啟動成核機制。為避免腔體與外界熱交換，並避免飽和器與凝結器之溫度彼此干擾，以維持凝結模組整體之溫度穩定性，凝結模組外壁及飽和器與凝結器之間皆披覆保溫材料，並於凝結器之致冷器外加導熱管，將致冷器熱端之高溫快速導至散熱鰭片，再以氣冷風扇之高壓氣流吹向散熱鰭片以將熱源迅速排除，以維持致冷器之性能。

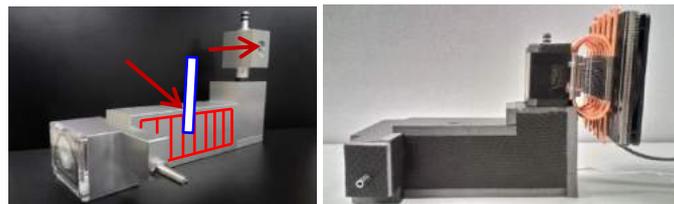


圖 2-3-6、奈米粒子凝結模組示意圖

(3) 奈米粒子凝結模組凝結性能測試

圖 2-3-7 及表 2-3-4 分別為奈米粒子凝結模組性能測試圖與奈米粒子經凝結模組凝結後之粒徑濃度分布表。如圖 2-3-7 所示，10 nm Au 粒子遠小於光學粒子計數器之粒徑偵測下限，因此，即使將 BBI 10 nm Au 粒子藉由電噴灑氣霧化並導入光學粒子計數器，光學粒子計數器讀數，不管是任何粒徑之區段，幾乎皆顯示為 0。接下來，將奈米粒子凝結模組接續於電噴灑霧化器與光學粒子計數器之間，並將飽和器與凝結

器之腔體維持室溫，因此雖導入 BBI 10 nm Au 粒子，卻不會啟動凝核機制，因此光學粒子計數器讀數仍維持 0。最後，將奈米粒子凝結模組之飽和器與凝結器分別設定於 40 °C 與 15 °C，量測結果顯示偵測到濃度相當高之大於 2 μm 的微粒，證明 BBI 10 nm Au 粒子已成功藉由正丁醇而凝結成數 μm 之液滴。

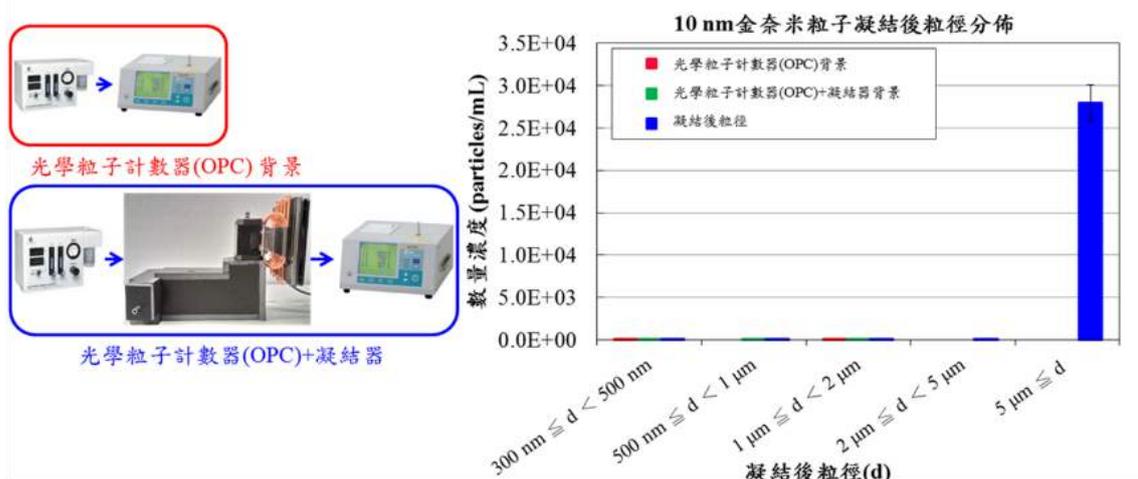


圖 2-3-7、奈米粒子凝結模組性能測試圖

表 2-3-4、奈米粒子經凝結模組凝結後之粒徑濃度分布表

凝結後粒子粒徑(d)	300 nm ≤ d < 500 nm	500 nm ≤ d < 1 μm	1 μm ≤ d < 2 μm	2 μm ≤ d < 5 μm	5 μm ≤ d
光學粒子計數器(OPC)背景值(#/mL)	0.09 ± 0.48	0.01 ± 0.07	0.02 ± 0.15	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
光學粒子計數器(OPC)+凝結器背景值(#/mL)	0.01 ± 0.04	0.01 ± 0.09	0.01 ± 0.09	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
經凝結後粒子濃度(#/mL)	0.20 ± 0.13	0.44 ± 0.27	0.31 ± 0.16	5.59 ± 1.89	27988.56 ± 2114.30

(4) 奈米粒子凝結模組偵測效率測試

奈米粒子凝結模組偵測效率測試方式為量測 BBI 10 nm Au 粒子，每次偵測時間為 5 分鐘，並以市售凝結粒子計數器(Condensed Particle Counter, CPC, 產牌型號：TSI 3776)做為標準件，進行每 5 分鐘之奈米金粒子數目濃度比對量測偵測效率比對(如圖 2-3-8)。偵測效率測試共進行 9 次，量測結果顯示平均偵測效率於 44.22 % 至 68.36 %

之間變化，9 次量測之平均偵測效率為 57.9 %，達成 10 nm Nanoparticle 偵測效率 \geq 50 %之目標。

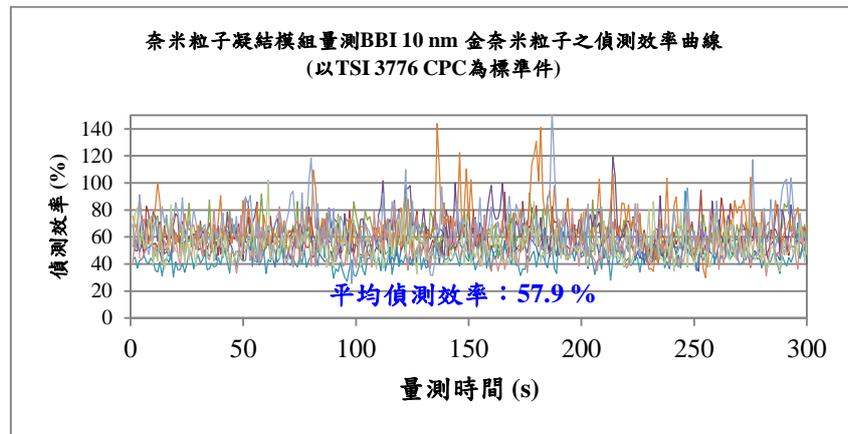


圖 2-3-8、奈米粒子凝結模組偵測效率測試圖

3. 標準粒子濃度產生模組設計與開發

本計畫標準粒子濃度產生模組，產生粒徑 60 nm 至 100 nm，濃度範圍為 10^2 #/mL 至 10^3 #/mL 之粒子，提供監控儀器的能力檢測與調校技術，可快速定量取樣及達成高倍率之稀釋比，並連續與穩定供應給測試機台。本設計可完全自動管線清洗、排空功能與自動進料與混合，供應標準粒子濃度予機台測試。並考量可攜性、操作方便與避免污染等，將所有裝置與程序簡化，整合於機箱中，開發成模組。內部包括注射針 (Syringe)、混合器 (Mixer)、流量針閥控制器與其他閥件等，系統的設計與內部構造如圖 2-3-9。

為驗證模組功能，計畫以標準粒子 Thermo 50 nm、100 nm 與 300 nm 之 PSL 奈米粒子，測試稀釋比例、輸出濃度等性能與不確定度評估等。首先，標準粒子以熱重量分析法 (Thermogravimetric Analysis, TGA) 進行固含量量測。TGA 之固含量量測原理係利用內建之天平量測隨溫度增高之樣品的重量變化。由於樣品內溶劑與固體成分之沸點溫度不同，透過溫度升高後，樣品因溶劑揮發後重量的減少量，便可估算樣品內之固含量比例。所使用之 TGA 為 TA 儀器公司所出產的 Discovery TGA。為了量測之可追溯性，其內建天秤以經 NML 校正過的標準法碼進行校正與追溯。儀器設定參數為 (a) 升溫速率： $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 、(b) 測試溫度： $900\text{ }^\circ\text{C}$ ；(c) 使用加熱盤：密封陶瓷盤；(d) 製樣方式：測試前方進行樣品密封。其結果如圖 2-3-10 所示，其測得之樣品固含量分別為 50 nm： $(1.070 \pm 0.002)\%$ 、100 nm： $(1.070 \pm 0.002)\%$ 與 300 nm： $(1.040 \pm 0.020)\%$ 。

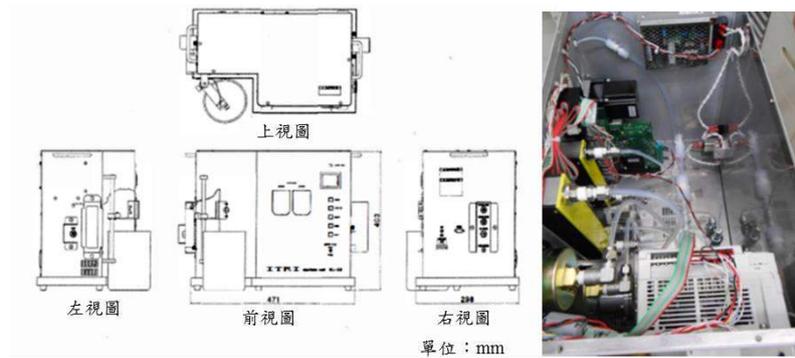


圖 2-3-9、標準粒子濃度產生模組設計圖(左)與內部配置(右)

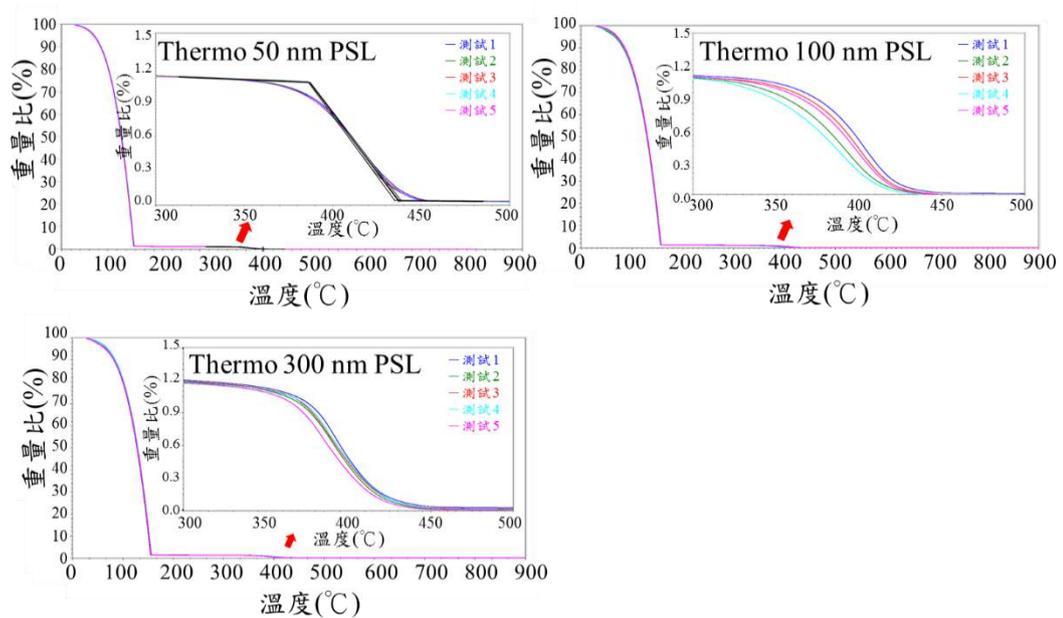


圖 2-3-10、TGA 測試 Thermo 50 nm、100 nm 及 300 nm PSL 溫度與樣品重量變化分析圖

本計畫亦將模組搭載商用計數器(廠牌/型號為 RION/KS-42B)進行整合與測試。模組輸出濃度約(1000~3000) #/mL，計數器對不同粒徑之 PSL 奈米粒子其濃度量測變異量 CV % 分別為 50 nm：2.52 %、100 nm：0.83 % 與 300 nm：1.20 %，時間與輸出濃度結果如圖 2-3-11 所示。

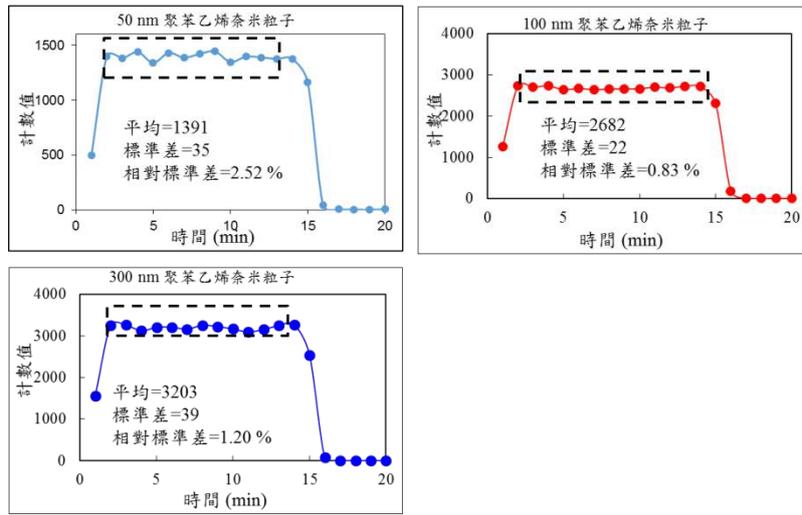


圖 2-3-11、分別以 Thermo 50 nm (左上)、100 nm (右上)與 300 nm (左下) 驗證膜組粒子濃度輸出結果圖

此外，此標準濃度產生系統亦可用於評估溶液中粒子計數器之計數重複性與不確定度，計畫根據 SEMI C77 中的原理說明與 ISO GUM 的建議評估程序，進行量測不確定度計算。液體粒子計數器的計數效率 η 可由方程式表示：

$$\eta = \frac{N}{N_2} \quad (2-3-4)$$

N 為待測設備(在此使用商用之粒子計數器，其廠牌/型號分別為 RION/KS-19F 及 KS-42B)在 n 次重複測量中所獲得的測試懸浮液粒子數目濃度的數值， N_2 為標準粒子濃度產生模組所產生的粒子數目濃度的數值。其值可由式(2-3-5)求得

$$N_2 = N_0 \times r_1 \times r_2 = N_0 \times \frac{V_0}{(V_0 + V_1)} \times \frac{U_1}{(U_0 + U_1)} \quad (2-3-5)$$

其中 N_0 為原始數量濃度，可由原液的質量濃度(C_M)與粒子密度 ρ_p 以及原始濃液密度 ρ_0 等估算得之，如式(2-3-6)所示。其中 V_p 為 PSL 之體積，可由樣品之平均粒徑 D_0 求得。

$$N_0 = \frac{C_M \rho_0}{V_p \rho_p} = \frac{C_M \rho_0}{\frac{\pi D_0^3}{6} \rho_p} = \frac{6 C_M \rho_0}{\pi D_0^3 \rho_p} \quad (2-3-6)$$

r_1 和 r_2 各自表示初級和次級稀釋懸浮液製備時的稀釋比，定義如下：

$$r_1 = \frac{V_0}{V_0 + V_1} \quad (2-3-7)$$

$$r_2 = \frac{U_1}{U_0 + U_1} = \frac{U_1}{U_2 + U_3} \quad (2-3-8)$$

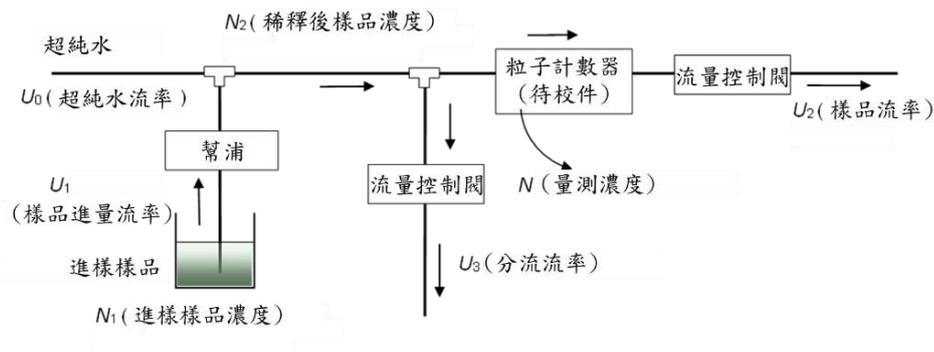


圖 2-3-12、粒子濃度輸出模組工作示意圖

因此，第一階段與第二階的稀釋比例與取樣參數可以代入公式(2-3-7)與(2-3-8)計算，實驗參數計算範例如下：

- V_0 : 1 $\mu\text{L}/\text{min}$ (第一階樣品取樣量)
- V_1 : 1000 mL/min (第一階稀釋超純水量)
- U_0 : 1000 mL/min (第二階稀釋超純水量)
- U_1 : 50 $\mu\text{L}/\text{min}$ (第二階取樣量)
- U_2 : 20 mL/min (第二階稀釋超純水量)
- $N_2 = 7.8 \times 10^{13} \times (0.001 / (1000 + 0.001)) \times (0.05 / (1000 + 20)) = 3900 \text{ \#}/\text{mL}$

將式 (2-3-4)代入 ISO GUM 的建議評估程序中，可得相對組合標準不確定度如下：

$$\frac{u_c(\eta)}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{u(N)}{N}\right)^2 + \left(\frac{u(N_2)}{N_2}\right)^2} \quad (2-3-9)$$

$u(N)$ 為重複測量之不確定度，其計算方式如下：

$$u(N) = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2-3-10)$$

其中 S 代表集合中的標準差。

$u(N_2)$ 為奈米粒子標準濃度產生之不確定度，因此，將式(2-3-5)至式(2-3-8)帶入計算可得：

$$\frac{u(N_2)}{N_2} = \sqrt{\left(\frac{u(C_M)}{C_M}\right)^2 + \left(\frac{u(\rho_0)}{\rho_0}\right)^2 + \left(\frac{u(\rho_p)}{\rho_p}\right)^2 + \left(3 \frac{u(D_p)}{D_p}\right)^2 + \left(\frac{u(r_1)}{r_1}\right)^2 + \left(\frac{u(r_2)}{r_2}\right)^2} \quad (2-$$

3-11)

此方程式右邊每個不確定源的構成項，對各參數對量測結果可能產生的誤差；其分析與標準不確定度計算結果如下表：

表 2-3-5、商用粒子計數器 RION/KS-19F 量測 50 nm PSL 之計數效率不確定度分量表

不確定度源	相對標準不確定度	靈敏係數	不確定度分量
$u(N_2)/N_2$	7.285 %	1	7.285 %
$u(C_M)/C_M$	0.163 %	1	0.163 %
$u(\rho_0)/\rho_0$	0.065 %	1	0.065 %
$u(\rho_D)/\rho_D$	0.061 %	1	0.061 %
$u(D_D)/D_D$	1.946 %	3	5.836 %
$u(r_1)/r_1$	4.333 %	1	4.330 %
$u(r_2)/r_2$	0.466 %	1	0.485 %
$u(N)/N$	0.796 %	1	0.796 %
相對組合不確定度 $u_c = 7.329\%$			

表 2-3-6、商用粒子計數器 RION/KS-42B 量測 100 nm PSL 之計數效率不確定度分量表

不確定度源	相對標準不確定度	靈敏係數	不確定度分量
$u(N_2)/N_2$	5.433 %	1	5.433 %
$u(C_M)/C_M$	0.163 %	1	0.163 %
$u(\rho_0)/\rho_0$	0.065 %	1	0.065 %
$u(\rho_D)/\rho_D$	0.061 %	1	0.061 %
$u(D_D)/D_D$	1.080 %	3	3.241 %
$u(r_1)/r_1$	4.333 %	1	4.330 %
$u(r_2)/r_2$	0.466 %	1	0.485 %
$u(N)/N$	0.259 %	1	0.259 %
相對組合不確定度 $u_c = 5.440\%$			

表 2-3-7、商用粒子計數器 RION/KS-42B 量測 300 nm PSL 之計數效率不確定度分量表

不確定度源	相對標準不確定度	靈敏係數	不確定度分量
$u(N_2)/N_2$	6.011 %	1	6.011 %
$u(C_M)/C_M$	0.871 %	1	0.871 %
$u(\rho_0)/\rho_0$	0.065 %	1	0.065 %
$u(\rho_D)/\rho_D$	0.061 %	1	0.061 %
$u(D_D)/D_D$	1.349 %	3	4.048 %
$u(r_1)/r_1$	4.333 %	1	4.330 %
$u(r_2)/r_2$	0.466 %	1	0.485 %
$u(N)/N$	0.385 %	1	0.385 %
相對組合不確定度 $u_c=6.024\%$			

利用前述計算的相對組合不確定度及各粒子計數器量測各不同粒徑之奈米粒子的量測效率結果，可以計算出透過稀釋法，(50 ~ 300) nm 計數效率與對應的量測不確定度評估結果，取 95 % 之信賴區間，以涵蓋因子 $k=2$ ，將其整理如下表 2-3-7。

表 2-3-8、商用計數器於量測(50 ~ 300) nm 之計數效率量測不確定度評估結果

待測設備 (廠牌/型號)	使用樣品 PSL 之粒徑	計數效率	量測不確定度 U (%)
RION/KS-19F	50 nm	0.023	14.66 %
RION/KS-42B	100 nm	1.024	10.88 %
RION/KS-42B	300 nm	0.965	12.05 %

因此，最後溶液中粒子計數器之評估的結果，其顯示不同之商用粒子計數器分別對 50 nm 到 300 nm 的粒子量測不確定度皆 $\leq 15\%$ ，其允收標準皆符合於 ISO21501-3:2007 規範 ($\leq 20\%$)。此外，奈米粒子標準濃度產生器之濃度產生不確定度皆優於計畫目標量測不確定度 $\leq 15\%$ 。

【未來推廣應用/效益】

隨著半導體製程正式進入 16 nm、10 nm，製程用化學藥品、電子級試劑和環境的檢、監測將愈趨嚴格，同時亦挑戰著新技術的開發。而在化學藥品與電子級試劑部分，在 16 nm

製程無適當監測儀器，製程品管上形同真空，業者直接面臨了兩項重要且待解決的技術課題：

- (1) 現有應用於水溶液、電子級試劑如雙氧水(H₂O₂)或硫酸(H₂SO₄)等監測用液態粒子計數器(Liquid Particle Counter, LPC)，只能監測 40 nm 以上顆粒；
- (2) 製程中化學機械研磨所使用的研磨劑(較濃稠之化學藥品)監控，其監測儀最小可監測粒徑只能達 150 nm。

上述兩種粒徑量測技術皆會受到水溶液中微小氣泡之影響，混淆線上監測的結果。另外，欠缺適當的溶液中粒子濃度標準品，造成儀器間量測結果無法比較；因此，藉由在此計畫所發展氣膠粒子量測應用技術，包含溶液粒子霧化方法、微分電移動度法、凝結粒子計數法及溶液中粒子濃度標準等，組成氣膠粒子量測所需之模組，未來再搭配自動取樣模組，就可以滿足溶液中粒子在線監測之需求。同時，考量半導體業對化學溶液中粒子監測之需求立即且迫切，技術團隊一併整合相關技術，以衍生應用於半導體產業用化學溶液中粒子之在線監測。

於本研究中，所發展之氣膠粒子量測應用技術係使用 10 nm 奈米金粒子，驗證其可量測且可鑑別粒徑 ≥ 10 nm 且最低數量濃度為 9.90×10^8 #/mL 之奈米粒子。所發展之奈米粒子凝結模組則可凝結 10 nm 之氣膠粒子，並可為光學計數器所偵測，此技術可作為未來儀器國產化及氣膠粒子量測技術優化改進之基礎。目前各項液體中粒子監測儀器所使用的校正方法主要係參考 ISO 21501-2 標準方法。市面上用於比較法校正之商用溶液粒子濃度標準品，是由日本 JSR Life Sciences 所生產，範圍為 0.2 μ m~10 μ m。而 100 nm 以下，全球商用市場仍無應對與解決方法，僅知日本 NMIJ 規畫於 2022 年，以電子顯微鏡搭配液體粒子計數器之方法，推出 50 nm 標準品。因此，藉由液體中粒子標準濃度產生技術之發展，可提供一個可行的標準程序與方法，除提供驗證機台在 100 nm 以下的性能測試外，更將發展一個自動化的模組，提升測試的方便性與精確度等優勢，以解決目前業界 100 nm 以下測試與校正相關的難題。此外，此技術亦提供一溶液中粒子濃度標準，可供各儀器間比較。此模組未來亦可整合與產線上，自動檢校量測機台並彙整與資料庫，供使用者監控。

(四)、扭矩標準量測技術

【本年度目標】

扭矩標準量測技術：

系統加工組裝完成，量測範圍：50 N·m ~ 5 kN·m

- 力值誤差： ± 0.003 % (法碼部份)
- 天平長度比 1000 mm：1000 mm；允許誤差：0.01 %

- 靈敏度(轉軸中心的摩擦力效應)要求：
 扭矩標準機最大負荷的靈敏極限不大於 0.01 %
- 量測不確定度：0.05 %

【執行成果】

1. 系統加工組裝完成，量測範圍：10 N·m ~ 5 kN·m

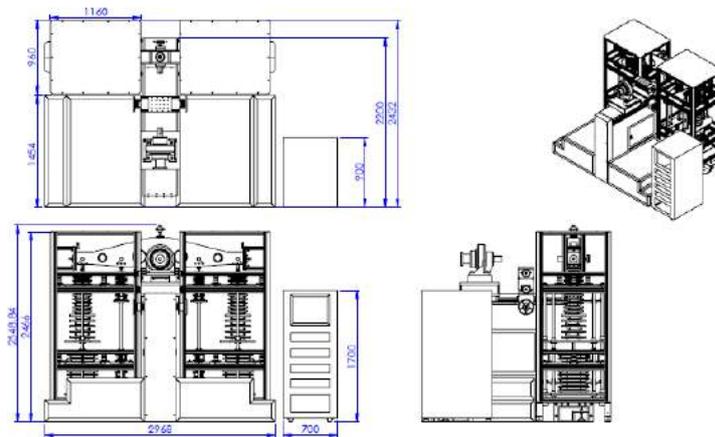


圖 2-4-1、扭矩標準量測系統設計圖

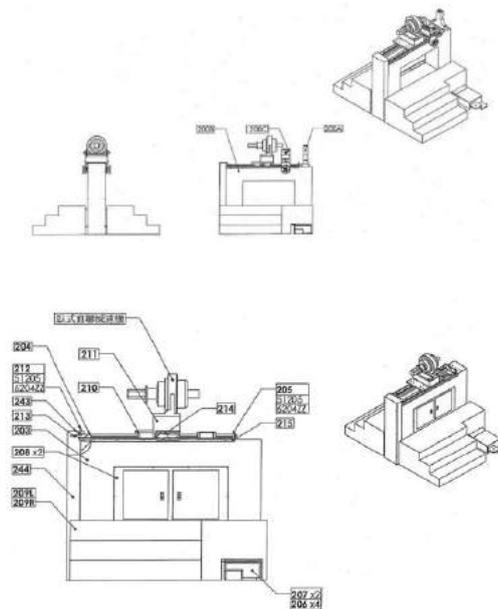


圖 2-4-2、基座總組合圖 (圖內代號是細部加工零件)

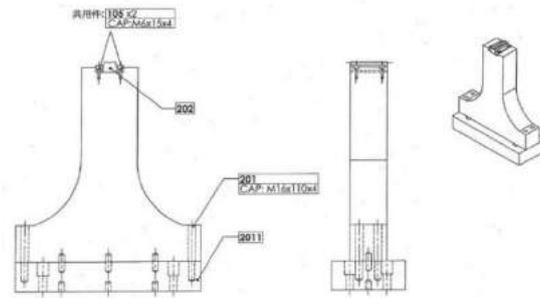


圖 2-4-3、天平刀座組合(圖內代號是細部加工零件)

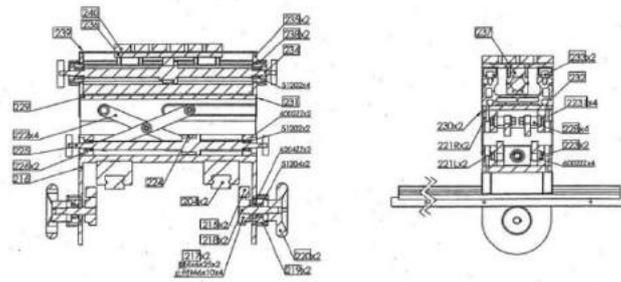


圖 2-4-4、xyz 升降機構組合圖(圖內代號是細部加工零件)

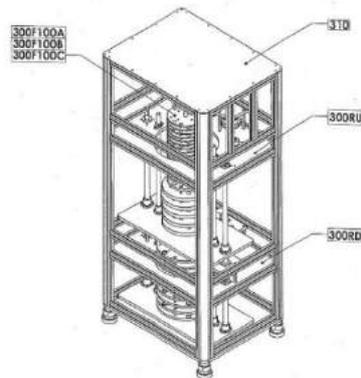


圖 2-4-5、法碼載荷機構組合圖(圖內代號是細部加工零件)

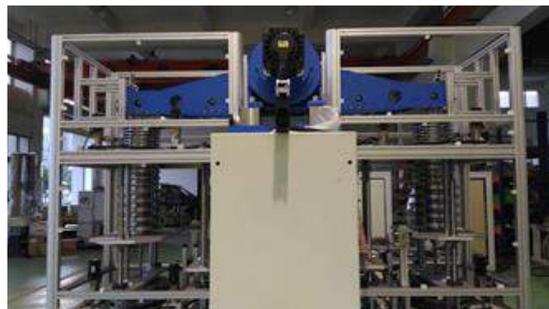


圖 2-4-6、扭矩標準量測系統

2. 力值誤差： $\pm 0.003\%$ (法碼部份)

法碼設計的要求主要有以下幾項：

- (1) 法碼的吊掛、定位方式：採用三連接外掛，中間錐形定位的方式。
- (2) 法碼質量準確度的要求：設計 20 顆 50 N、10 顆 100 N、10 顆 200 N 及 20 顆 300 N 共 60 顆法碼，其加工時在 120° 均勻分布調整，且分別進行量測，量測結果如下表 2-4-1 所示，由量測結果顯示法碼部分之力值誤差為 0，符合計畫目標 $\leq 0.003\%$ 。

表 2-4-1、法碼質量量測結果

法碼規格	標準值 (kg)	量測值 (kg)	器差值 (kg)
50 N	5.10848	5.10848	0.00000
100 N	10.21696	10.21696	0.00000
200 N	20.43393	20.43393	0.00000
300 N	30.65089	30.65089	0.00000

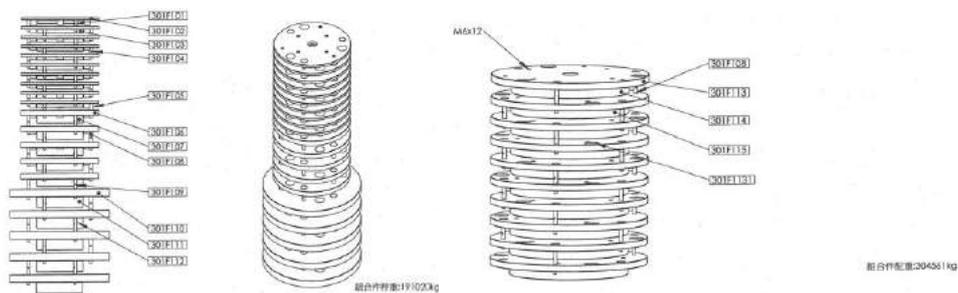


圖 2-4-7、上下層吊掛法碼組合圖

3. 天平長度比 1000 mm：1000 mm；允許誤差： 0.01%

為了彌補天平因鍛造後的熱處理變形，所以左、右端刀口及刀承組，採用活動性的精密微調機構，如圖 2-4-8 所示，經由實際量測後，右邊天平長度為 1000.0176 mm；左邊天平長度為 1000.0140 mm，滿足允許誤差 0.01% 之要求。

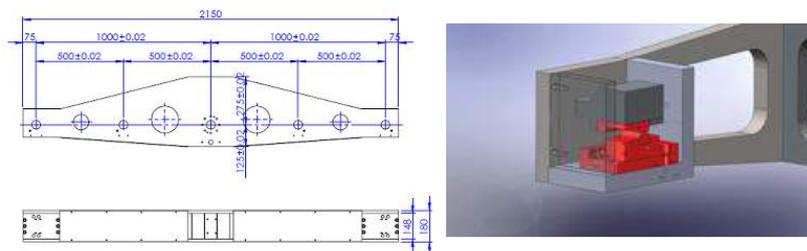


圖 2-4-8、天平公差及端點微調圖

4. 扭矩標準機最大負荷的靈敏極限不大於 0.01 %

刀口及刀承所採用的材料、硬度以及 3 個刀口的平行，能保證扭矩標準機的滿負載靈敏極限小於 0.01 %。

(1) 無扭矩滿負載(5000 N)靈敏極限測試：

將左右兩邊法碼全滿載(如圖 2-4-9)，再將平衡桿調整水平，將微量小法碼放置左右邊的平衡桿支點上，測試結果如下表 2-4-2。

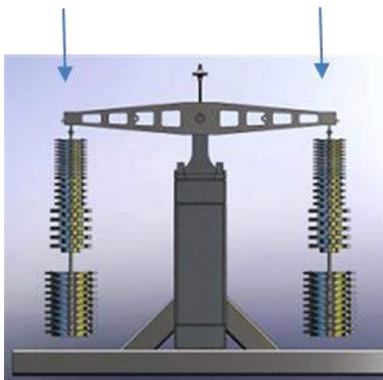


圖 2-4-9、無扭矩滿負載(5000 N)靈敏極限測試圖

表 2-4-2、無扭矩滿負載(5000 N)靈敏極限

法碼(g)	左扭矩(mV/V)	右扭矩(mV/V)	靈敏度%
0	0	0	0
50	0.00019	-0.00019	0.01
20	0.00008	-0.00007	0.004
10	0.00004	-0.00004	0.002
5	0.00001	-0.00002	0.001
2	0	0	0

(2) 有扭矩滿負載(5000 N·m)靈敏極限測試

將傳感器接上，再分別啟動左、右兩個滿量程之扭矩(5000 N·m)，再將平衡桿調整水平，將微量小法碼分別放置左右邊的平衡桿支點上，測試結果如下表 2-4-3。

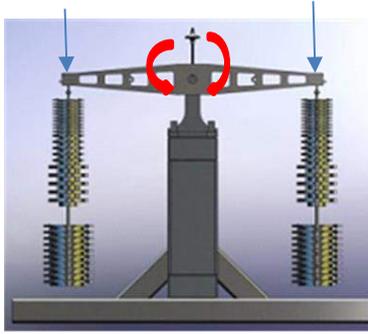


圖 2-4-10、有扭矩滿負載(5000 N·m)靈敏極限測試圖

表 2-4-3、有扭矩滿負載(5000 N)靈敏極限

法碼(g)	左扭矩(Δ mV/V)	右扭矩(Δ mV/V)	靈敏度%
0	0	0	0
5	0	0	0
20	0.00002	0	0.004
40	×	-0.00002	0.008

5. 扭矩系統迴饋控制之平衡點誤差 $\pm 100 \mu\text{m}$ 以內

伺服迴饋控制的平衡點之雷射干涉儀補償變動範圍是 $(0.03 \pm 0.01) \text{ mm}$ ，所以平衡點伺服控制誤差 $\pm 10 \mu\text{m}$ ，由於伺服控制在 $\pm 10 \mu\text{m}$ 以內，所以在讀取平衡點的數據時，可穩定的判讀到第 6 位數，如表 2-4-4 之扭矩傳感器校正安裝與重複性校正值。

表 2-4-4、扭矩傳感器校正安裝與重複性校正值

校正點 (Nm)	RUN1	RUN2	重複性% (順)	RUN1	RUN2	重複性% (逆)
1000	0.39506	0.39491	0.038	0.39285	0.39266	0.048
1500	0.58620	0.58612	0.014	0.58341	0.58313	0.048
2000	0.77608	0.77609	-0.001	0.77202	0.77168	0.044
2500	0.96357	0.96377	-0.021	0.95733	0.95735	-0.002
3000	1.14806	1.14840	-0.030	1.14188	1.14176	0.011
3500	1.33040	1.33001	0.029	1.32353	1.32345	0.006
4000	1.51170	1.51136	0.022	1.50550	1.50547	0.002
4500	1.69199	1.69160	0.023	1.68772	1.68780	-0.005
5000	1.87295	1.87325	-0.016	1.86958	1.86963	-0.003

6. 量測不確定度：0.05 %

扭力標準量測技術之量測不確定度評估結果如表 2-4-5 所示，其量測不確定度評估方程式為：

$$T_{icm} = F \times L = \sum M \times g \times \left(1 - \frac{d}{D}\right) \times L_0 \times (1 + \alpha \Delta t) \times \cos \theta + \Sigma M_f \quad (2-4-1)$$

其中

M ：重力法碼質量；

g ：量測地點的重力加速度；

L_0 ：天平槓桿的長度；

d ：空氣密度；

D ：重力法碼的密度；

θ ：天平槓桿與水平的夾角；

α ：溫度膨脹係數；

Δt ：量測過程的溫度變化(°C)；

M_f ：力矩補償包括有 M_p 、 M_R 兩項；

M_E ：自動化伺服馬達對槓桿平衡點的擷取判定的扭矩誤差；

M_R ：零敏極限(支點與槓桿的最小摩擦力矩)。

表 2-4-5、扭矩標準量測技術之量測不確定度分量表

不確定度源 x_i	標準不確定度 $u(x_i)$	靈敏係數 c_i	不確定度分量 $ c_i \cdot u(x_i)$
M	1.785E-3	9.7877	0.01747
L_0	1.016E-5	4999.9878	0.0508
g	1.507E-6	510.734	7.697E-04
d	2.715E-2	-0.638	0.0173
D	0.40415	9.597E-5	3.88E-05
Δt	0.577	0.057	0.032889
$\cos \theta$	3.168E-7	5000.08376	1.584E-03
M_f	0.02041	1	0.02041
M_E	0.4811	1	0.4811
$u_c = 0.50 \text{ N}\cdot\text{m}$ 量測不確定度 = 0.02 %			

【未來推廣應用/效益】

1. 手工具產品的品質設備之計量追溯與檢測

台灣的手工具產業密集度很高，根據「台灣手工具工業同業公會」網站資料，其會員名單約有 500 多家，其生產的扭力手工具幾乎全部外銷，每年外銷扭力扳手在 40 萬件以上，年產值高達 25 億美元以上。一般手工具廠都將扭矩視為廠內最高量測標準，用來校正或檢測所有標準件或產品。而扭力手工具是屬於大量生產的產品，尤其是高單價的外銷數位扭力工具需要高準確度及精密度的標準，必須有相對應的國家標準給予支援，因此，扭矩標準校正技術的完成，將可協助國內手工具廠商進行校正追溯與 TAF 認可實驗室之能力試驗比對，達成扭矩標準追溯的需求，提升國內手工具製造產業的產品品質，增加國際市場的競爭性。

2. 支援本土精密工具機之關鍵的結合扣件與傳動元件的產品再升級

經濟部自從提出「台灣產業結構優化—三業四化具體行動計畫」，篩選出之工具機智慧製造(製造業服務化)示範亮點產業，之後，為加速產業轉型升級擇定五大創新產業，「智慧機械」為其中之一，推動產業結構優化，結合中部精密機械產業能量，發展高階設備與智慧製造技術，推升中部地區成為結合研發、創新、製造高值化的工具機產業新聚落，發揮引領整體產業發展之效果。所以扭矩標準的建置完成，正可協助本土扭矩傳動元件與「主軸精密螺帽」的技術再升級，將成為台灣的另項新興扭矩產業，讓工具機主軸精密螺帽產業、傳動元件之連軸器產業、電機馬達產業等提升扭矩量測儀器設備，以提升產業競爭力，確保產業永續發展。

三、前瞻計量技術研究分項

(一) 光通訊頻率標準技術研究

【全程技術建立時程】

	104 年度目標	105 年度目標
技術指標	<ul style="list-style-type: none"> • 環形共振腔微型化(直徑<1 mm) • 多波長光梳間距 100 GHz • 多波長光梳>8 個 	<ul style="list-style-type: none"> • 共振腔重複率變化量<10 GHz • 光梳穩頻偏差<10 GHz • 單根光梳功率>0.5 mW

【本年度目標】

完成高功率、頻率穩定之光通訊用多波長光梳：

- 完成共振腔重複率變化量<10 GHz
- 完成光梳穩頻偏差<10 GHz
- 完成單根光梳功率>0.5 mW。

【執行成果】

1. 光通訊頻率標準技術研究

為了完成高功率、穩定之光通訊用多波長光源，研究團隊成功發展出高功率光纖功率放大與光梳頻率穩定與量測技術，成果分別描述如下：

(1) 高功率光纖功率放大技術

利用光纖功率放大技術，進行鉕鏡雙摻(Erbium-Ytterbium (Er:Yb) co-doped)之光纖放大器製作，由於光纖摻鏡後使放大器之可輸出功率較高，亦即不像摻鉕光纖容易飽和，適合放大單根光梳功率。圖 3-1-1 為放大器設計示意圖。

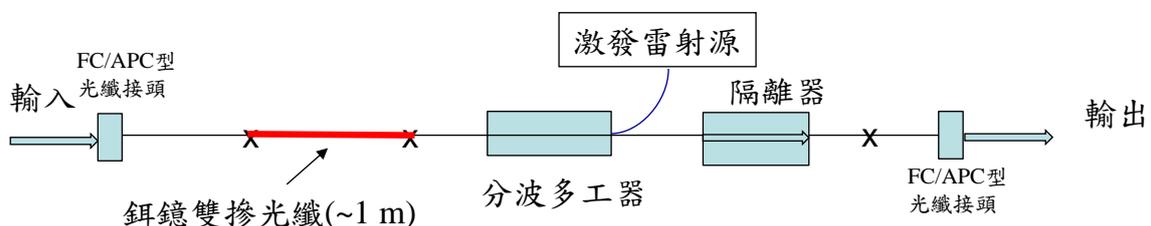


圖 3-1-1、鉕鏡雙摻之光纖放大器設計示意圖

以光纖熔接技術將這些元件熔接好並進行裝盒(如圖 3-1-2 與圖 3-1-3)，進行光功率放大測試，輸入光功率為 5 mW 等級，輸出最高可達 500 mW。

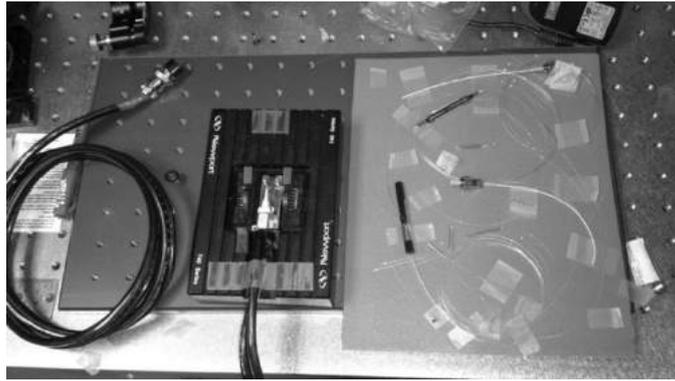


圖 3-1-2、鉍鏡雙摻之光纖放大器實體圖

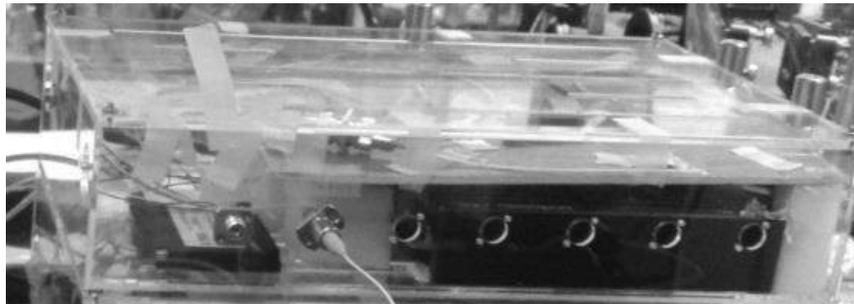


圖 3-1-3、鉍鏡雙摻之光纖放大器裝盒後實體圖

接著利用去年建立之微共振腔光梳產生系統，將波長可調之連續波雷射經錐形光纖激發微共振腔產生光梳(如圖 3-1-4)。經由一個光塞取(add/drop)濾波器濾掉激發波長(~ 1552 nm)的光源，將光梳打入高功率光纖放大器，電流調到約 1 A，放大上述光梳功率。輸出接到光譜儀後可看到超過 0.1 mW 的有 22 根(如圖 3-1-4)。實測將光梳經高密度分波多工器((Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM)濾出其中一個光梳(以 1546.11 nm 為例)功率約 0.3 mW。

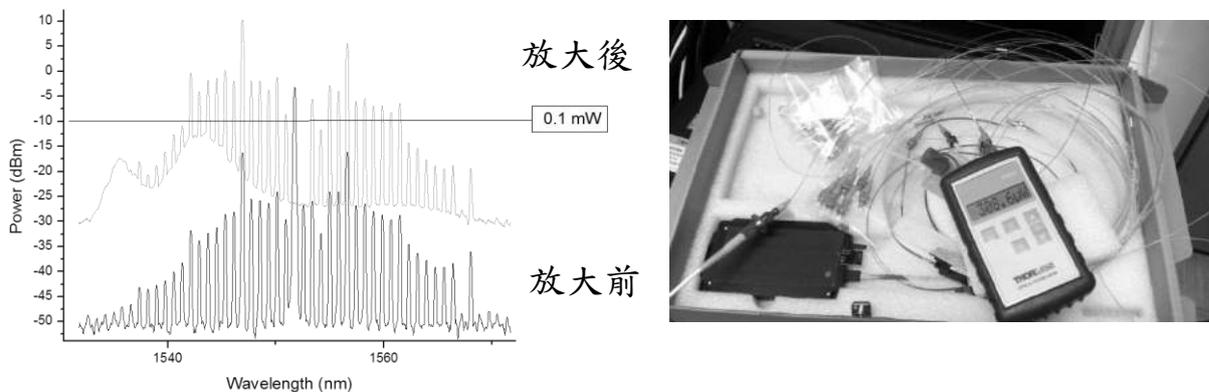


圖 3-1-4、微光梳經鉍鏡雙摻光纖放大器—前與後之光譜圖

另將激發光源之電流增加到 $\sim 1.5\text{ A}$ ，超過 0.5 mW 的有17根，實測單根光梳(以經高密度分波多工器濾出其中一個單根光梳 1558.17 nm 為例)功率約 0.53 mW (如圖3-1-5)。

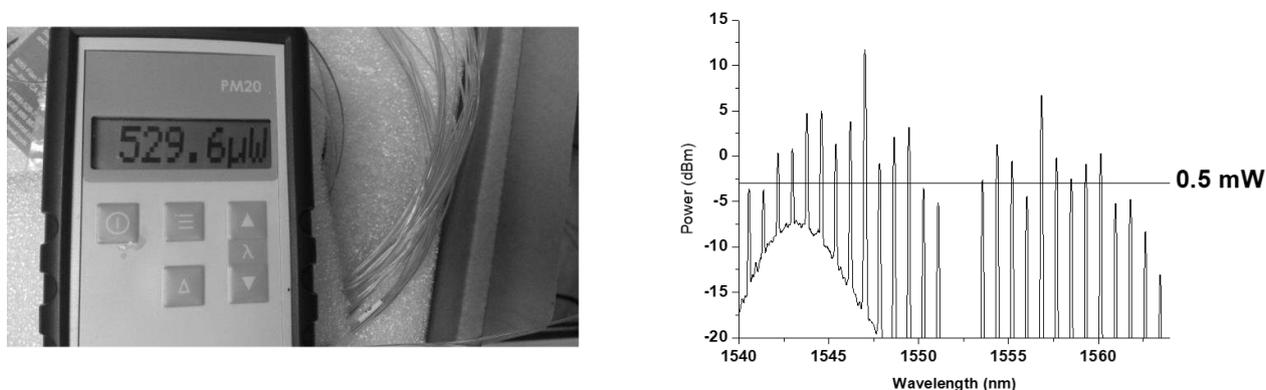


圖 3-1-5、電流 1.5 A 放大器之輸出光譜(右)與單根光梳實際讀值圖(左)

(2) 光梳頻率穩定與量測技術

本系統以連續波雷射經錐形光纖耦合微共振腔方式產生光梳，雖然有很多參數可產生頻率穩定之光梳，但會互為影響，所以需進行高 Q 值之共振腔、單模之錐形光纖、雷射經錐形光纖耦合進共振腔等參數之調整：包含耦合位置(含縱向與橫向)、激發功率、偏極方向、適當之激發(波長)等，藉由完善這些調整技術，才能夠看到低雜訊且較易穩頻之位置。

另外在機構方面，採用較有彈性的鋁材質設計一個 Γ 字型台座，利用金屬的繞性來抗震動。鋁的重量也可增加慣性，使其不受震動影響；另外溫控方便，鋁導熱係數高可以同時快速散熱，達到溫控效果；底座最下面加上防震泡棉可避震。光梳 U 型座與散熱台座中間夾制冷晶片(TE cooler)，以塑膠螺絲固定 U 型座於 Γ 字型台座防止熱導，最後於外側包覆保溫絕熱泡棉，保溫欲恆定溫度之區域。此設計也避免使用風扇散熱產生的振動。整體結構如圖3-1-6(a)與(b)所示。

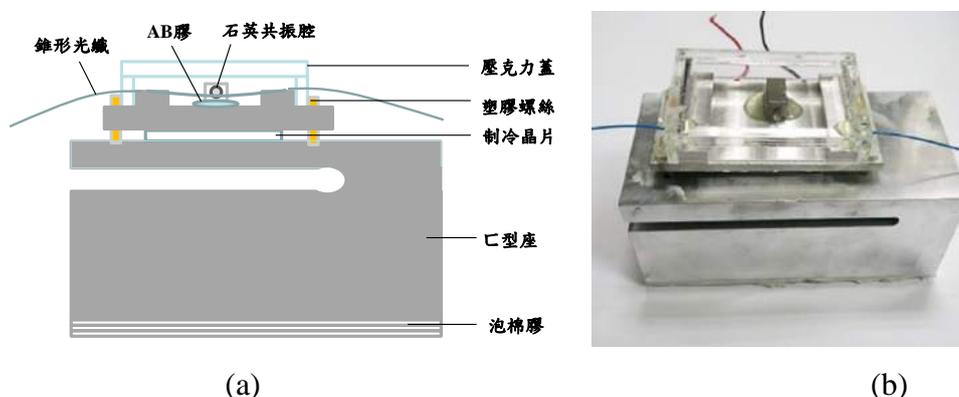


圖 3-1-6、(a)光梳台座側面示意圖；(b)光梳台座實體圖(未含覆蓋之絕熱泡棉)

將錐形光纖與石英環形共振腔之間接膠黏於 U 型座上後進行撞擊測試，在其底部四角與中間都貼上 1 mm 厚之泡棉，並分別從離光學桌面上 2 cm、4 cm 與 10 cm 處落下，圖 3-1-7 為撞擊實驗測試結果；每張圖之訊號：上曲線(紅色)為吸收訊號，中曲線(黃色)為光梳訊號，下曲線(綠色)為雷射掃頻訊號。在此撞擊實驗中，泡棉膠能讓外界造成的震動被緩衝，可看到都仍可持續產生光梳訊號。最後依據此實驗結果，需在 U 型座黏泡棉膠增加防震能力，但因需溫控無法直接黏於 U 型座，不過震動是從底部傳遞上來，因此光梳溫控防震台座最下層貼上三層 1 mm 厚金屬用泡棉膠來增強防震性，並使產生出來的光梳頻率較為穩定。

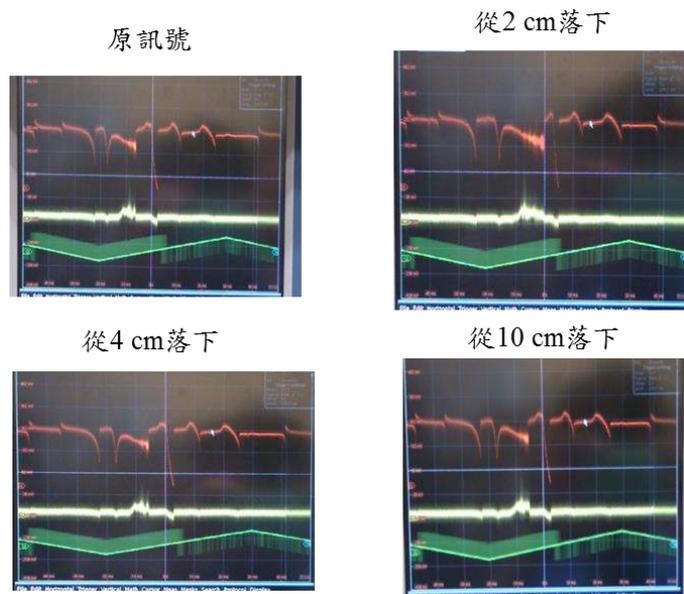


圖 3-1-7、光梳訊號撞擊測試圖

在光梳頻率量測方面分為短時間與長時間的量測法，利用個別光梳與其他光纖雷射的直接拍頻法可量測短時間較高精度的雷射頻率擾動量。藉由光譜儀分析技術，可長時間量測較大範圍的光梳頻率擾動量。謹就這些量測系統說明如後：

A. 光梳之短時間頻率穩定度量測法

為了量到較高精度的光梳頻率擾動量，架設以石英共振腔為基礎的 100 GHz 微光梳與 400 MHz 之鎖模光纖雷射光梳，拍頻之光梳頻率穩定度量測系統如圖 3-1-8 所示。

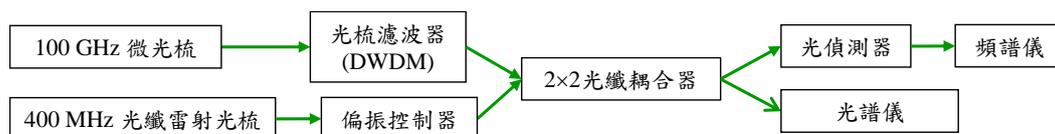


圖 3-1-8、高精度光梳頻率擾動量分析系統

拍頻原理如圖 3-1-9 所示，橫軸為頻率，縱軸為光梳功率大小，因此兩雷射拍頻後產生的訊號頻率為 Δfr_1 、 Δfr_2 、 Δfr_3 及 Δfr_4 等。而由於光纖雷射是鎖模態，因此其線寬或擾動量可忽略，量到的拍頻訊號可視為微共振腔光梳的線寬或穩定度(或擾動量)。

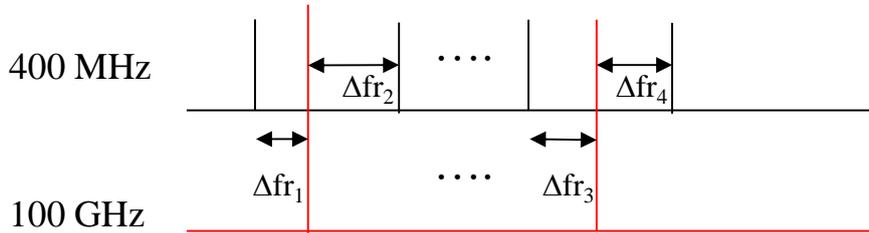


圖 3-1-9、100 GHz 微光梳與 400 MHz 之鎖模光纖雷射光梳拍頻示意圖

將 100 GHz 之微光梳經高密度分波多工器濾出單根波長，進行單個波長的線寬分析，因此與 400 MHz 鎖模光纖雷射光梳拍頻。由上述原理可知，預期將在頻譜儀只看到 Δfr_1 與 Δfr_2 這兩個頻率的訊號。將兩道光經光纖耦合器連到光譜儀上看兩個雷射的波長則如圖 3-1-11 所示。由於光梳波長並不在高密度分波多工器濾波器的中心位置，因此濾出來的 100 GHz 光梳波長有 2 根。

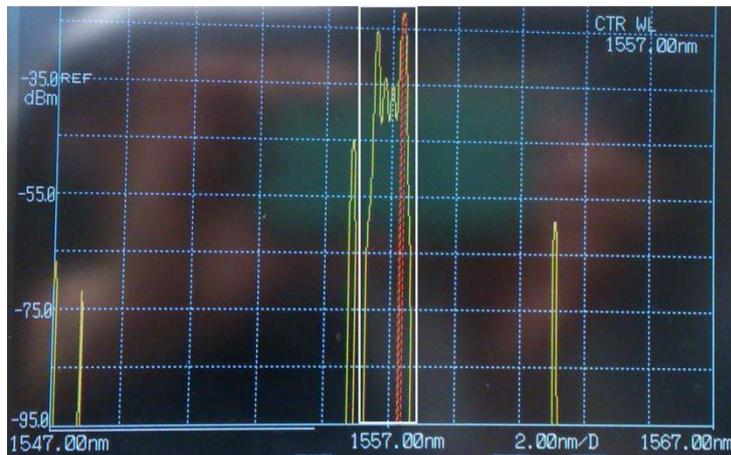
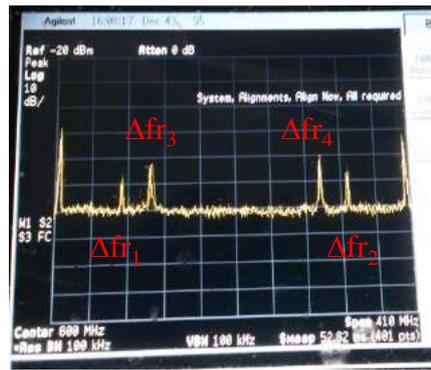


圖 3-1-10、濾波後 100 GHz 微光梳與 400 MHz 鎖模光纖雷射光梳耦合後之光譜圖

而將耦合光經偵測器拍頻後的訊號接到頻譜儀則可看到如圖 3-1-12 之頻譜，兩旁為 400 MHz 與 800 MHz 的光纖雷射光梳，由於 2 根進行拍頻，因此由原理可知，有 Δfr_1 、 Δfr_2 、 Δfr_3 及 Δfr_4 等拍頻訊號，估計線寬(或可視為短期穩定度、短期擾動量) < 10 MHz。



400 MHz 800 MHz

圖 3-1-11、與 400 MHz 之鎖模光纖雷射光梳拍頻後之頻譜圖

經過一段時間後，有時錐形光纖穿透率會降低，因此經濾波器後只看到 1 根(因為不是全部的光梳都產生，是以 6 個自由光譜範圍(free spectral range, FSR)展開的主光梳，亦即 1552.4 nm 的下一根就是 1557.2 nm)，則頻譜儀上可看到一個光梳之拍頻訊號，亦即 Δfr_1 與 Δfr_2 ，如圖 3-1-12(a)慢速掃描所示，中間尖峰為光纖雷射之 400 MHz 重複率訊號。

由於慢速掃描時，會有雷射飄移造成的線寬拉寬現象，因此研究團隊把掃描速度變快，在 200 MHz 到 300 MHz 間可看拍頻訊號，如圖 3-1-12 (b)所示，訊噪比~20 dB，線寬< 10 MHz，因此間接得到微共振腔光梳之線寬(或穩定度)< 10 MHz。

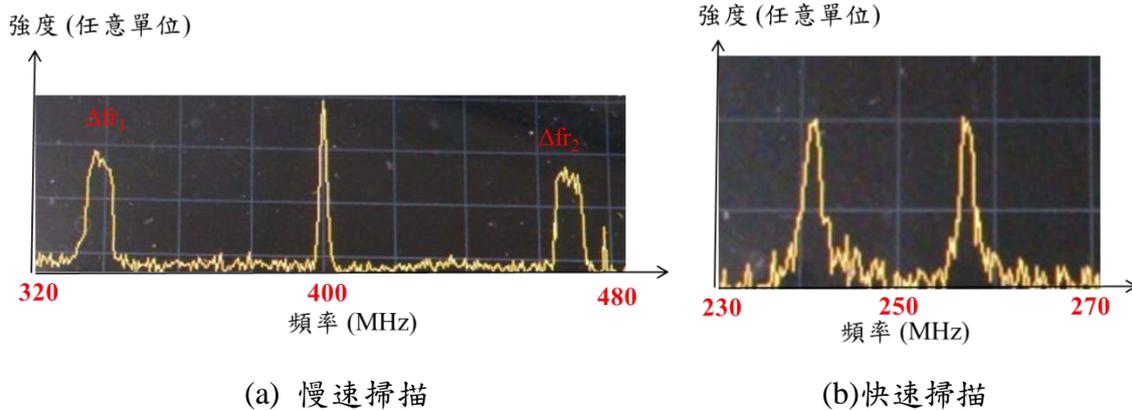


圖 3-1-12、6 個自由光譜範圍主微光梳之 1 根光梳與 400 MHz 之鎖模光纖雷射光梳拍頻後掃描頻譜圖

B. 光梳之長時間頻率穩定度量測法

圖 3-1-13 為自組的連續波雷射經一個錐形光纖耦合微共振腔產生光纖通訊用光梳系統圖。最佳化耦合條件後可產生光梳如圖 3-1-14 所示。由於一般光通訊的通道寬只有 0.3 nm (亦即頻寬約 37 GHz)，因此希望能將其頻率變化量控制在 10 GHz 以

內。

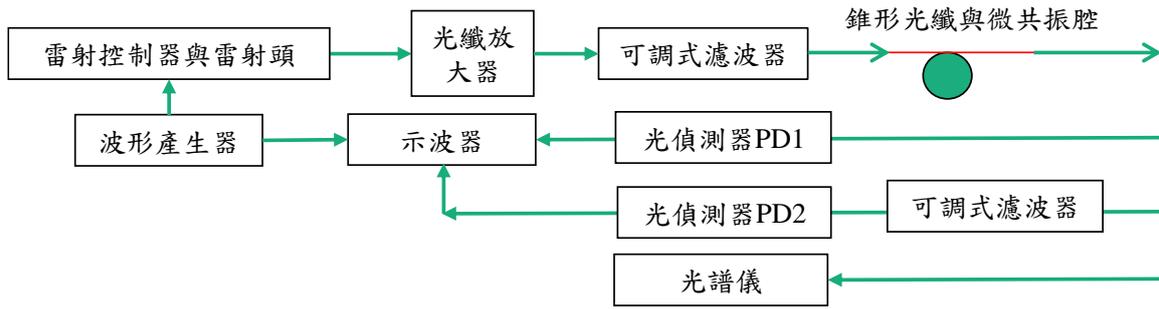


圖 3-1-13、微光梳產生系統圖

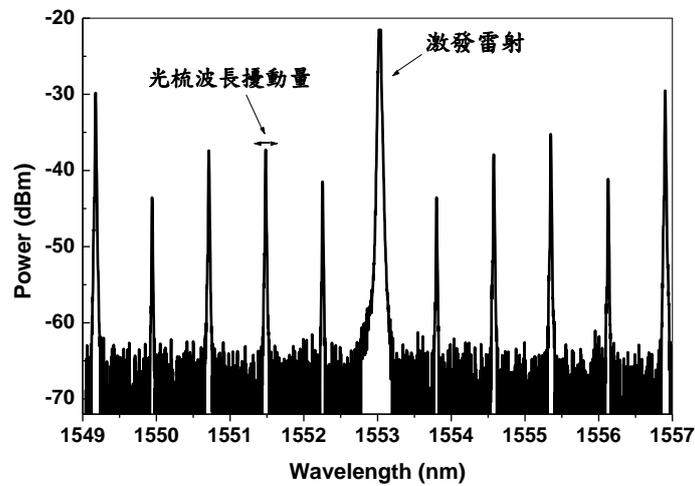


圖 3-1-14、高密度分波多工用光梳光譜圖與頻率擾動量示意圖

藉由連續波雷射耦合法產生 100 GHz 光梳後，經光譜儀於 10 分鐘內擷取 11 次的光譜圖，計算這 10 根光梳的頻率擾動量，畫出最大擾動量如圖 3-1-15(a)所示，中間 1553 nm 為激發雷射的波長，不列入計算。可看到這 10 根最大擾動量的平均值約 0.4 GHz，最大值約 0.75 GHz。

將擷取時間拉長到 60 分鐘，擷取 8 次的光譜圖，亦即每次擷取時間超過 5 分鐘，計算這 10 根光梳的頻率擾動量，畫出最大擾動量如圖 3-1-15 (b)所示，可看到這 10 根最大擾動量的平均值約 2.2 GHz，最大值約 3 GHz，都在 10 GHz 的光纖通訊規格內。

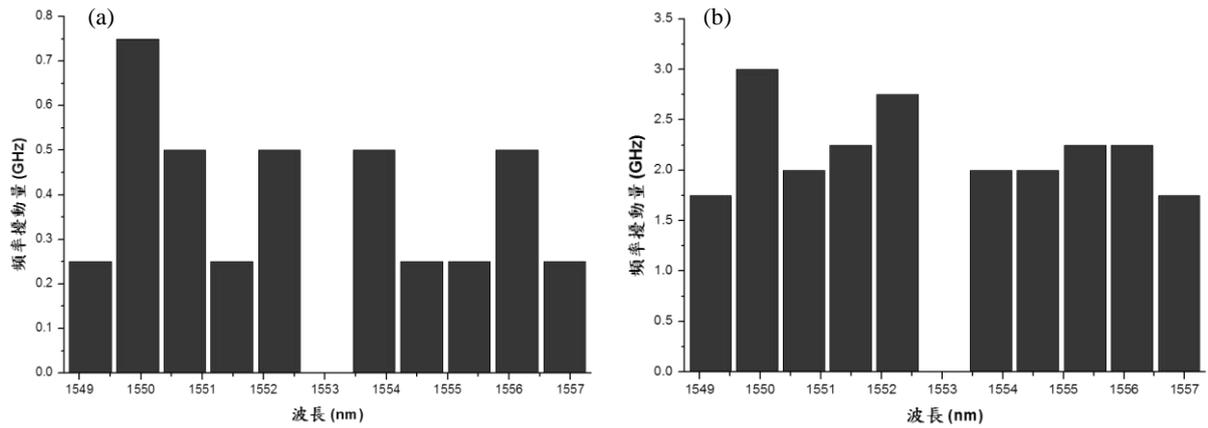


圖 3-1-15、以光譜儀於(a)10 與(b)60 分鐘內，分別擷取 11 次與 8 次的光譜圖，計算鄰近激發波長(~ 1553 nm)之 10 根光梳的頻率最大擾動量長條圖

同時亦進行重複率(光梳間距)的穩定度分析，觀察在激發波長附近的 10 根光梳間距(8 個重複率)，在 1 小時以內重複率隨時間的最大變化量約 3 GHz，如圖 3-1-16 所示，達到共振腔重複率變化量<10 GHz 的通訊需求。

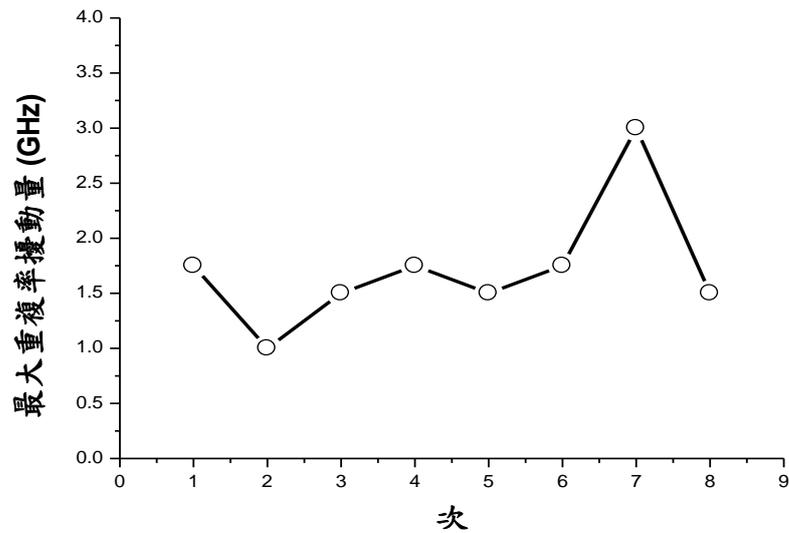


圖 3-1-16、以光譜儀於 60 分鐘內，擷取 8 次的光譜圖，計算鄰近激發波長(~ 1553 nm)之 10 根光梳的重複率最大擾動量曲線圖

【技術創新】

1. 設計一 C 字型台座，材料使用較有彈性的鋁材質，利用金屬的撓性來抗震動。鋁的重量也可增加慣性，使其不受震動影響；加入溫控，鋁導熱係數高可以同時快速散熱，達到溫控效果；底座最下面加上防震泡棉可避震。光梳 U 型座與散熱台座中間夾制冷晶片(TE cooler)，以塑膠螺絲固定 U 型座於 C 字型台座防止熱導，最後於外側包覆保溫絕熱泡棉，保溫欲恆定溫度之區域，使光梳能夠更加穩定與持續產生。

2. 利用石英共振腔為基礎的 100 GHz 微光梳與 400 MHz 之鎖模光纖雷射光梳拍頻，達到量測較高精度與快速的光梳頻率擾動量。

【突破之瓶頸】

1. 利用創新的 C 字型微共振腔基座加工設計，克服微共振腔易受環境震動的影響而無法持續產生的技術瓶頸。
2. 利用高 Q 值之共振腔與單模之錐形光纖，調整最佳化雷射經錐形光纖耦合進共振腔之耦合位置(含縱向與橫向)、激發功率、偏極方向、激發波長，找到較低雜訊之光梳。

【待改善之處】

1. 錐形光纖與微共振腔間目前尚無較佳的直接固定法，低折射率 UV 膠測試 Q 值降低 1~2 個數量級。為了實用化考量，將參考其他論文，未來採用更輕便的方式進行間接膠黏。

【後續工作構想與重點】

1. 未來研究方向，擬將利用雙共振腔的方式，或以單共振腔利用 Mach-Zehnder 結構作為共振相干濾波，以期產生更為穩定之 100 GHz 光梳。

【國際技術比較】

技術或量測系統名稱	技術領先國家/單位現況	NML 目前技術狀況	計畫執行完成狀況	市場需求狀況
•雷射耦合環形共振腔之光梳產生	<ul style="list-style-type: none"> •美國 NIST\石英環形腔 環形腔直徑: 170 μm ($Q=2\times 10^8$)、220 μm ($Q=2\times 10^8$)、860 μm ($Q=6\times 10^8$) •美國 Cornell University \SiN 半導體環形共振腔 環形腔直徑: 58 μm (輸出光梳間距 407 GHz) ($Q=5\times 10^5$) 	<ul style="list-style-type: none"> •利用非線性四波混頻效應產生多個同樣間距的多波長光梳，使用石英加工成環形共振腔，直徑為 680 μm ($Q=1\times 10^7$)，光梳間距為 100 GHz。 	<ul style="list-style-type: none"> •高功率(毫瓦等級)與穩頻(長時間擾動量 < 3 GHz)之光通訊用多波長光源，利用非線性四波混頻效應產生多個同樣間距的多波長光梳，使用石英加工成環形共振腔，直徑為 680 μm ($Q=1\times 10^7$)，光梳間距為 100 GHz。 	<ul style="list-style-type: none"> •提供光通訊或光載無線通訊產業 DWDM 光通道頻率標準及頻率源，目前最常見的 DWDM 頻率間距規格為 100 GHz，功率為毫瓦等級。

(二)、高靈敏質量偵測技術

【全程技術建立時程】

103 年度目標	104 年度目標	105 年度目標
技術指標或系統規格 •完成微型力學共振器設計與製作，共振器等效質量 $\leq 10^{-9}$ g •完成微型光學共振腔設計 •完成高效率氣膠聚焦噴嘴設計 •完成量測腔設計 •完成量測腔之傳輸效率分析與量測	•完成光學干涉式共振頻率量測系統，震盪器 Q 值 ≥ 2000 •完成光學計數器微型光學共振腔模組，並整合於微型力學共振器 •完成沉積微奈米顆粒於微型力學共振器 cantilever 表面(粒徑由 500 nm ~ 5 μ m)	•完成微質量量測實驗，質量量測解析度 $\leq 10^{-12}$ g •完成沉積微奈米顆粒之微型力學共振器(沉積數量相對不確定度 $\leq 10\%$)

【本年度目標】

- 完成微質量量測實驗，質量量測解析度 $\leq 10^{-12}$ g
- 完成沉積完奈米顆粒之微型力學共振器(沉積數量相對不確定度 $\leq 10\%$)

【執行成果】

1. 質量感測懸臂樑

當質量附著於 MEMS/NEMS 力學共振器，除了會造成共振器靜態形變量(Static Deflection)之變化外，亦會使其共振頻率產生一微小之偏移。力學共振器之自然共振頻率 f_N 可表示為

$$f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_e}} \tag{3-2-1}$$

其中 k 為共振器之彈性常數(Spring Constant)， m_e 為共振器之等效質量；所以共振器質量吸附量 δ_m 與自然共振頻率偏移 δ_f 有以下之關係式

$$\delta_m = \left(2 \frac{m_e}{f_N} \right) \delta_f \tag{3-2-2}$$

共振器上之質量變化可由觀測頻率變化量而得。等式 3-2-2 亦可看出自然共振頻率 f_N 越高，等效質量 m_e 值越小，元件對質量的改變量就越靈敏；另一項重要參數為共振模態之 Q 值，共振頻率之線寬為 f_N/Q ，此線寬決定了可測得之最小頻率變化量 δ_f 。由共振線寬所限定的最小可測得質量 $(\delta_m)_{\min}$ 為

$$(\delta_m)_{\min} = \frac{2m_e}{Q} \quad (3-2-3)$$

本研究於 103 年度至 104 年度完成高 Q 值之 MEMS/NEMS 共振器之設計與製作，並完成共振器撓度(Deflection)之靜態與動態量測系統與 Q 值驗證；並於本年度完成奈米顆粒取樣與沉積控制系統，並以尺寸標準奈米粒子校正元件之質量偵測靈敏度。

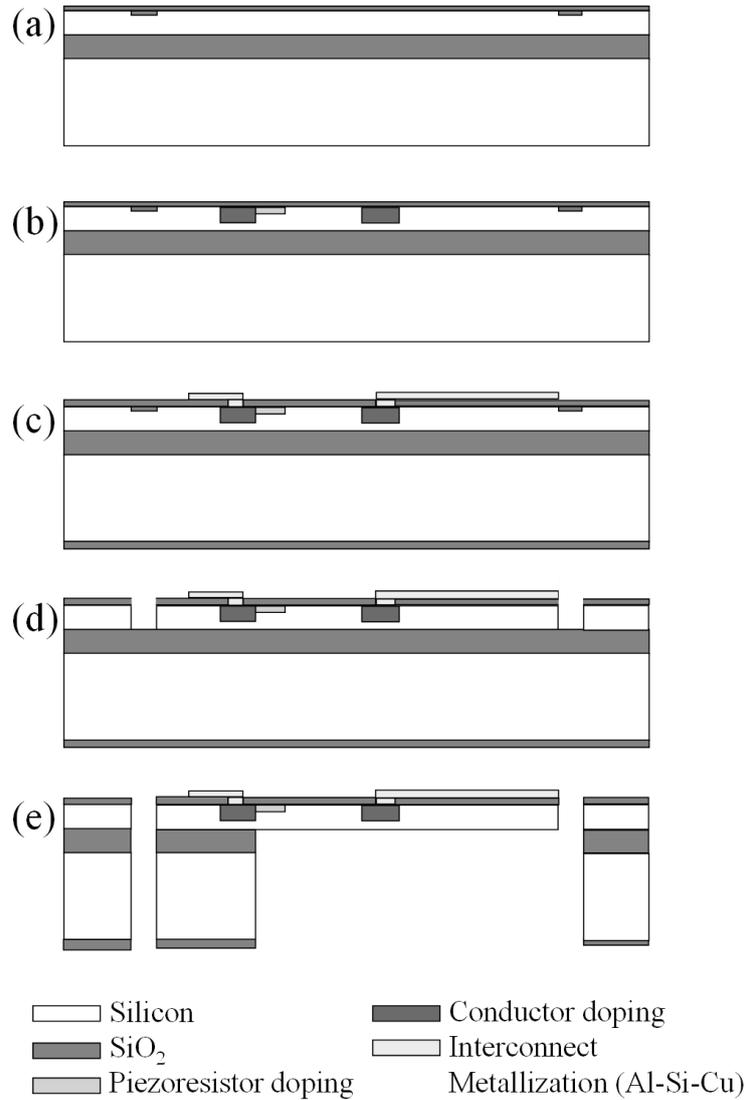


圖 3-2-1、質量感測懸臂樑主要製作流程

以懸臂樑架構做為質量感測元件之結構，以壓阻變化為共振頻率偵測方式，使用 SOI 晶圓進行質量感測懸臂樑製作，流程主要分為圖 3-2-1 所示的五個主要步驟：

- (1) 在晶圓上生長 25 奈米厚之氧化層(二氧化矽, SiO₂)，作為後續硼離子佈值之保護阻隔層。
- (2) 以輕、重兩種不同之硼離子濃度對元件層(device layer)進行佈值，以在表面形成

壓阻與導線，隨後便以熱氧化製程在表面形成 300 nm 厚之 SiO₂ 絕緣層，並完成退火處理。在幾次離子佈值參數試製作後，研究團隊採用之製程參數如下：50 keV，90 nm 深， 5×10^{15} ions/cm² 作為導體佈值參數，以及 50 keV，90 nm 深， 5×10^{14} ions/cm² 作為壓阻佈值參數；測得之片電阻值分別為 26.04 Ω/sq 與 199.92 Ω/sq。

- (3) 在絕緣層上鍍以 300 nm 厚之金屬層以形成電性連接所需之導線與電極。
- (4) 懸臂樑正面形狀定義與蝕刻。
- (5) 懸臂樑背面形狀定義與懸浮蝕刻。

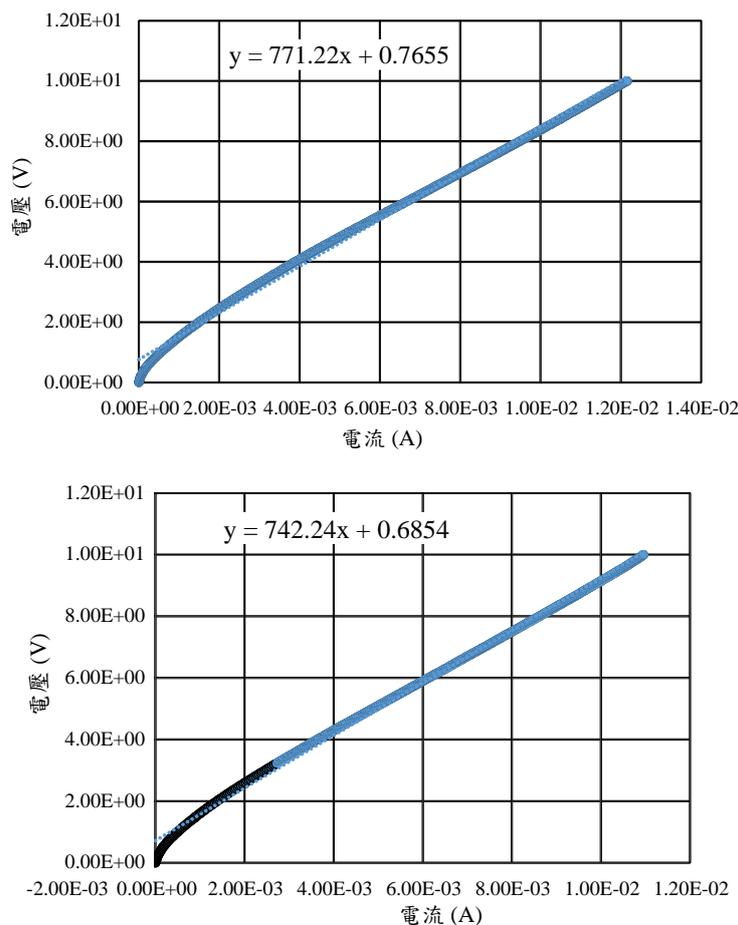


圖 3-2-2、硼離子佈值區之電流電壓測試結果
(電阻值分別為 771.22 Ω 與 742.24 Ω)

2. 空氣懸浮微粒質量偵測系統

系統整體架構圖與真空及粒子取樣管路配置圖分別繪於圖 3-2-3 與圖 3-2-4。氣膠取樣採用去年所發展之靜電吸附佈值方法。黃銅電極以負極高電壓(最高可達-3 kV)施加於黃銅電極(Brass electrode)，腔體表面接地，兩者間所形成電場。因此帶電微粒主要藉由高壓電場之吸引並隨著氣流之拖曳而慣性衝擊於黃銅電極，並附著於黃銅電極上之質量感測懸臂樑。在微粒取樣完成後，腔體可抽至真空度 10 Pa 以下，再進行共

振頻率量測。

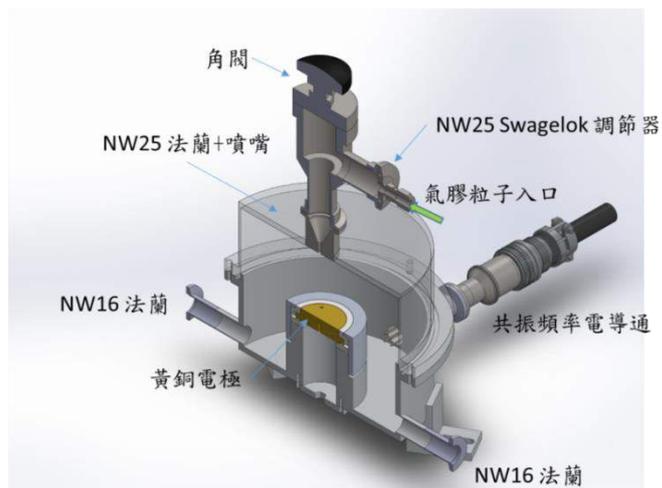


圖 3-2-3、空氣懸浮微粒質量量測系統架構圖

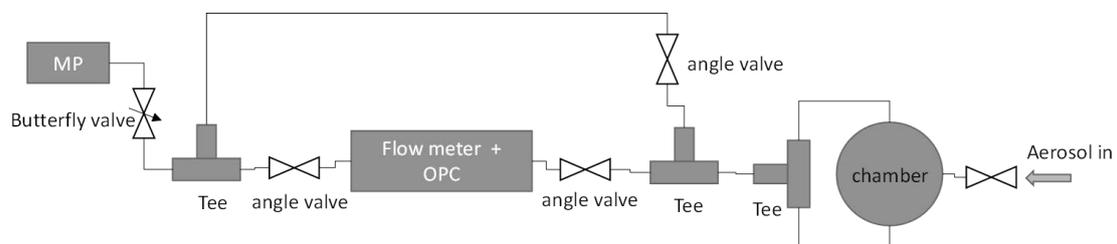


圖 3-2-4、真空及粒子取樣管路配置圖

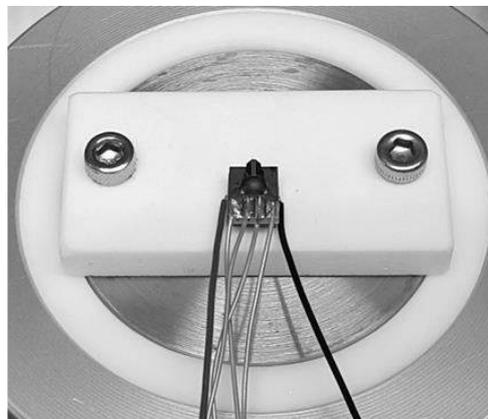
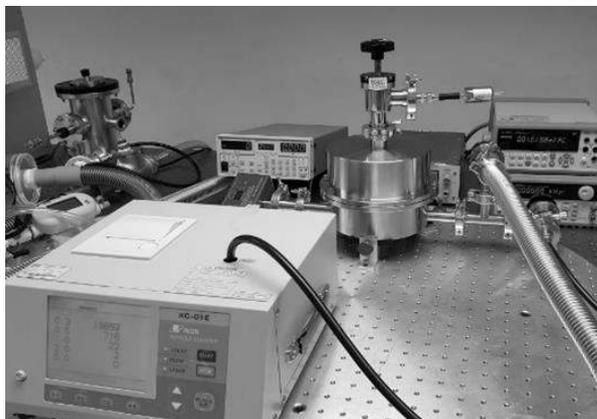


圖 3-2-5、系統與質量感測懸臂樑模組實體照片

在腔體為真空狀態下，連續量測質量感測懸臂樑之共振頻率，評估其穩定度，並以此共振頻率穩定度推估系統質量之偵測極限。圖 3-2-6 為此共振頻率之 12 次量測結果，標準差為 0.16 Hz，約為平均值之 0.6 ppm。

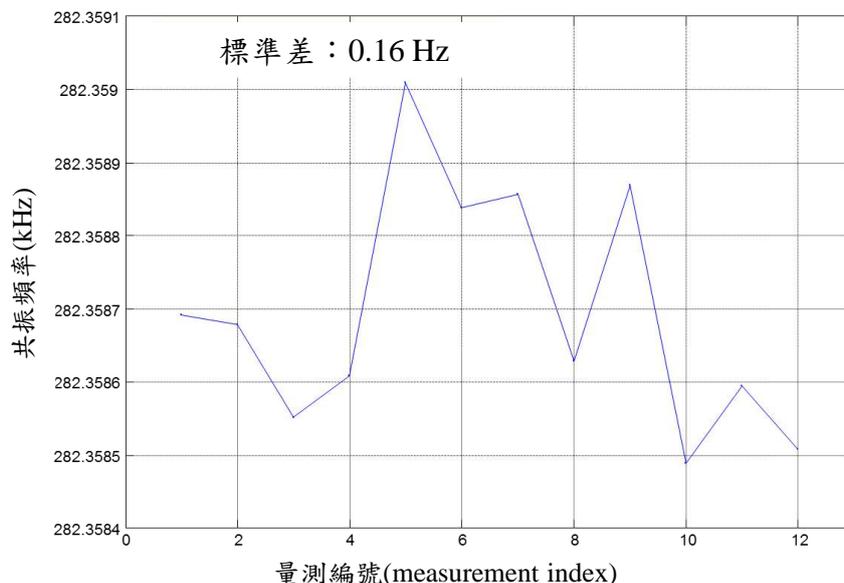


圖 3-2-6、質量感測懸臂樑共振頻率量測結果

3. 沉積奈米顆粒之微型力學共振器

如圖 3-2-7 所示，利用 104 年所發展之佈植系統架構，將 506 nm 之聚苯乙烯奈米微粒溶液，經由粒子霧化器使奈米微粒與空氣混合形成穩定氣膠後，再由 Kr-85 電荷中和器使奈米微粒呈帶電狀態。接著帶電的奈米微粒進入微分電移動度篩分器中，並控制其電壓與相關流速，具有特定電移動度的奈米微粒將受到電場的作用，而依照特定的軌跡朝中心圓柱電極移動，即可將具有 506 nm 粒徑的單顆奈米微粒篩選出來，而將兩顆或三顆膠結(Doublet、Triplet)之微粒排除在外。

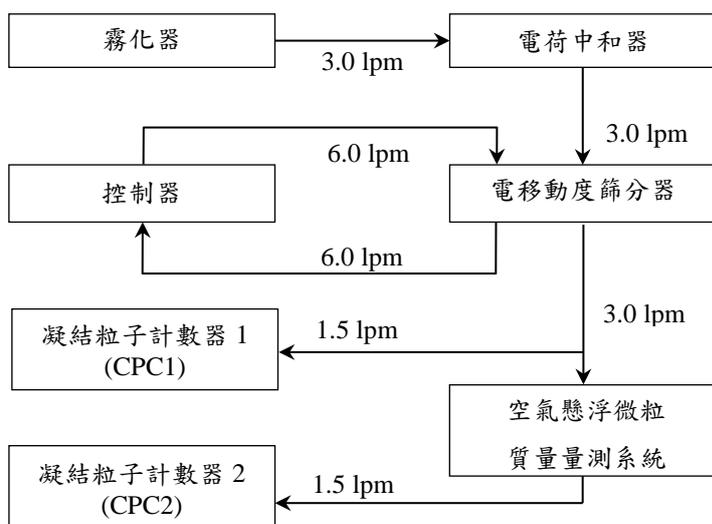


圖 3-2-7、佈植系統架構

如圖 3-2-5 之右圖所示為懸臂樑模組放置於空氣懸浮微粒質量量測系統之托盤上的示意圖，利用微分電移動度篩分器篩選出 506 nm 單徑並帶有+1 價電荷之氣膠微粒後，佈植於懸臂樑表面。藉由高壓電源供應器所產生之高電壓，帶電微粒可藉由高壓電場之吸引與氣流之拖曳而慣性衝擊於懸臂樑表面。

實驗進行過程，同步監測凝結粒子計數器 1(CPC1)與凝結粒子計數器 2(CPC2)之讀數。凝結粒子計數器 1 之讀數代表進入空氣懸浮微粒質量量測系統之微粒濃度，而凝結粒子計數器 2 之讀數則代表穿透空氣懸浮微粒質量量測系統，未沈積於懸臂樑表面或是黏附於腔壁之微粒濃度。兩部凝結粒子計數器間的濃度差值，乘上噴灑之時間以及氣膠流量，即為沈積於懸臂樑表面與黏附於腔壁之微粒數量和。

實驗進行過程需嚴格控制系統產生之微粒濃度，以避免瞬間大量之微粒沈積於懸臂樑表面，造成其總質量超出 ng 之範圍，無法驗證系統之質量量測極限。較稀之微粒濃度亦利於以時間來控制沈積之微粒總數。圖 3-2-8 所示為本沉積實驗之 CPC1 與 CPC2 微粒讀數曲線圖。由圖中可觀察到 CPC1 每秒之讀數約為 110 顆、CPC2 每秒之讀數約為 30 顆。於沈積 5 分鐘之後，兩部 CPC 之總微粒讀數差值約為 23836 顆。

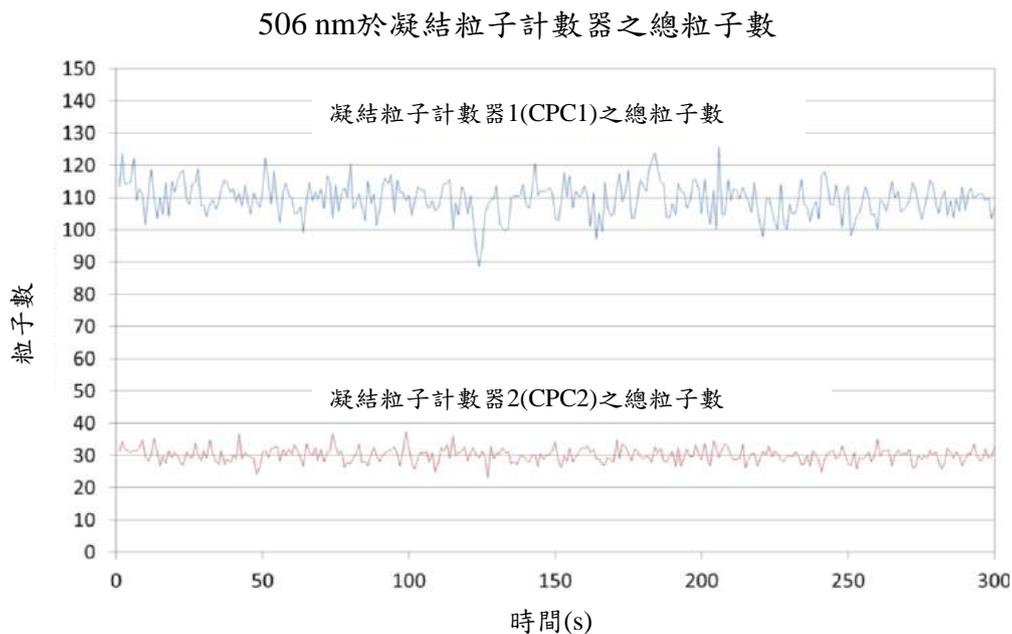


圖 3-2-8、CPC 濃度曲線圖

4. 皮克質量量測實驗

以聚苯乙烯乳膠(polystyrene latex, PSL)粒子作為參考標準，對系統進行質量感測實驗。所使用之 PSL 粒子之標稱直徑為 506 nm，參考密度為 1.05 g/cm^3 ，單顆參考質量為 0.71 pg。實驗以兩台凝結粒子計數器量測吸附於質量感測懸臂樑之數量。第一部凝結粒子計數器可監控進入高效率佈植腔之微粒濃度，而第二部凝結粒子計數器則監

控穿透高效率佈植腔，未沈積或是黏附於腔壁之微粒濃度。兩部凝結粒子計數器間的濃度差值，乘上噴灑之時間以及氣膠流量，即為沈積與黏附於腔壁之微粒數量和。首次測試結果如圖 3-2-9 所示，此次實驗約有 25,500 顆 PSL 粒子沉積於懸臂樑上，參考總質量為 1.81 ng，所導致之共振頻率偏移量為 74.955 Hz，質量感測靈敏係數為 0.043 Hz/pg。

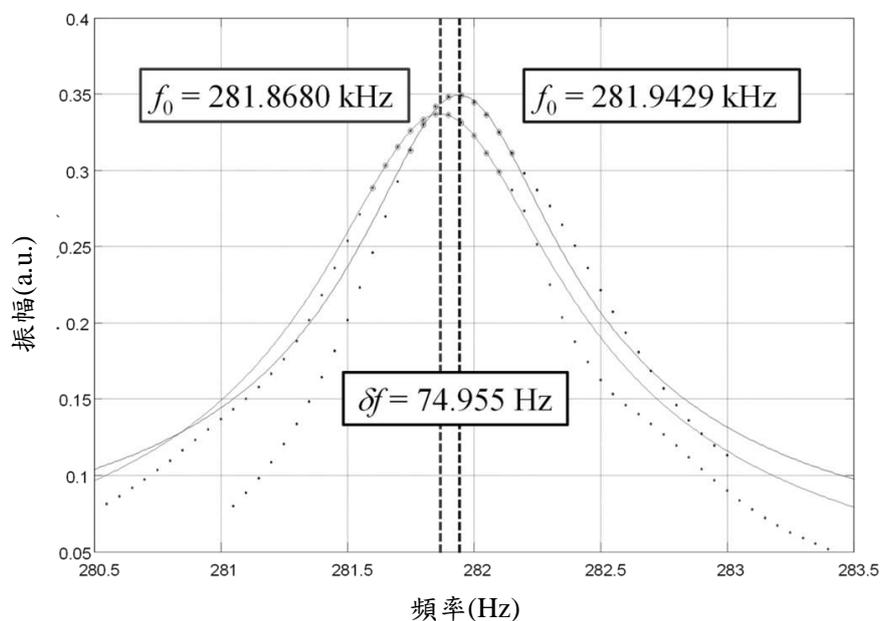


圖 3-2-9、質量感測懸臂樑共振頻率量測結果

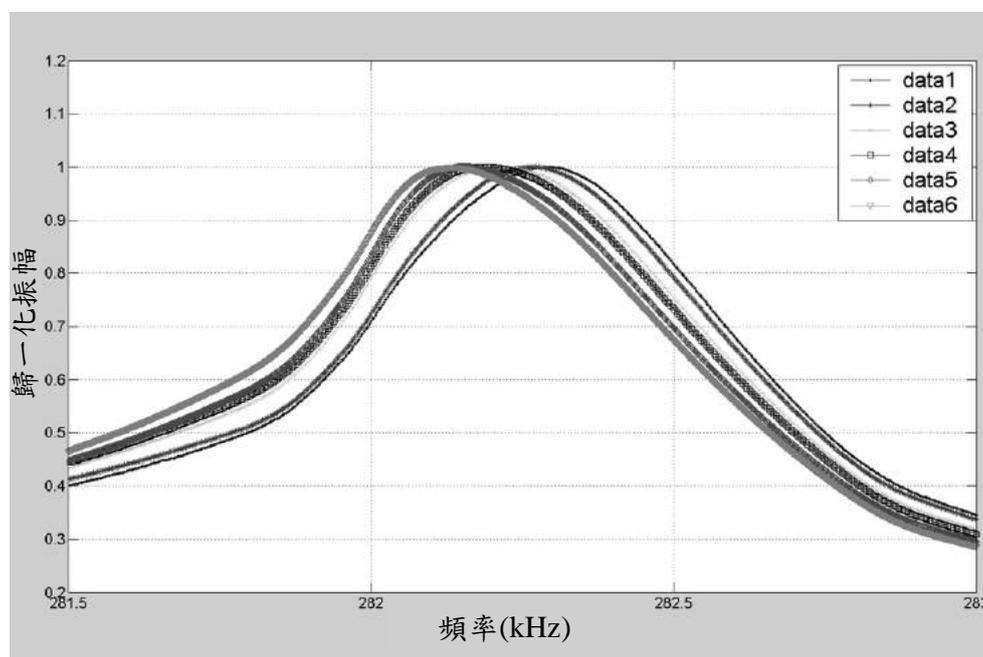


圖 3-2-10、固定質量連續沉積所測得之共振頻率量測頻譜

繼續降低高電壓之開啟時間以及標準粒子之濃度，將粒子沉積試量控制在 10,000

顆左右，對系統進行重連續沉積質量量測實驗。圖 3-2-10 為所測得之共振頻率量測頻譜，圖 3-2-11 為由頻譜擬合所得之共振頻率。平均共振頻率漂移量為 27.535 Hz，對應之平均質量感測靈敏係數為 0.039 Hz/ pg，由此係數與先前測得之共振頻率漂移雜訊 0.16 Hz，可得系統之質量量測背景雜訊約為 4.1 pg，即系統在微粒質量量測解析度可達皮克等級。

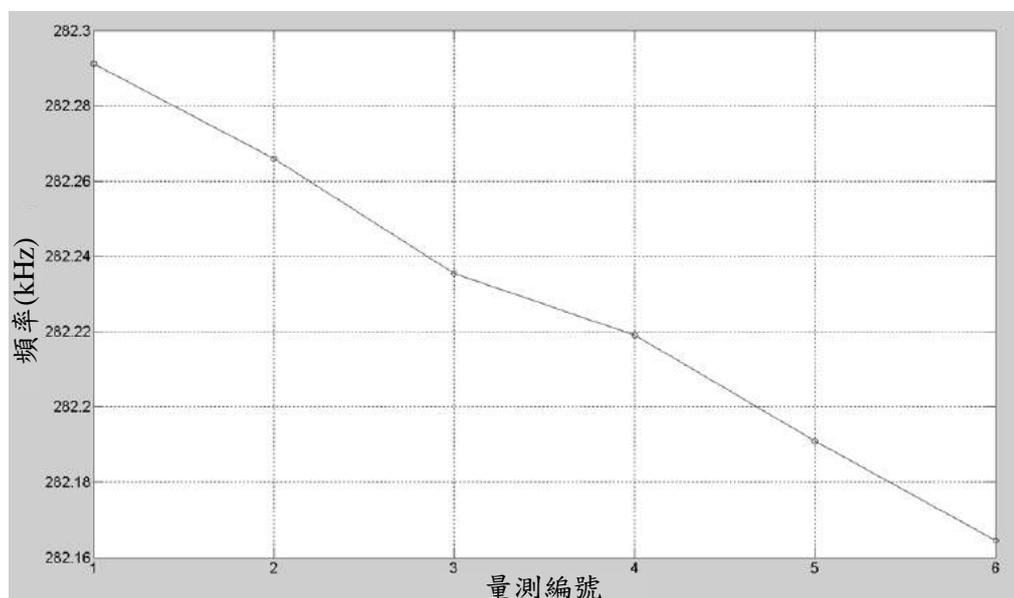


圖 3-2-11、固定質量連續沉積所測得之共振頻率漂移

【技術創新】

首度結合商用氣膠取樣概念與壓阻懸臂樑質量感測方法，建構了氣膠質量量測系統。系統之質量感測背景雜訊約為 4.1 皮克，具備皮克等級質量解析能力。

【突破之瓶頸】

成功的以直徑 506 nm 之 PSL 粒子完成粒子質量感測實驗，沉積數量可以高電壓開啟時間與改變標準粒子溶液濃度控制。

【待改善之處】

目前粒子取樣與沉積仍需要 30 分鐘以上之運作時間，完成一次質量沉積與共振頻率掃頻量測需時約 60 分鐘，還無法達成理想之微粒質量即時量測。

【後續工作構想與重點】

在共振頻率量測方面，後續可朝向發展更即時之共振頻率量測方法如鎖頻法，以及頻率漂移時變率與粒子源間之關聯等方向進行研究。

【國際技術比較】

技術或量測系統名稱	技術領先國家/單位現況	NML 目前技術狀況	計畫執行完成狀況	市場需求狀況
• 氣膠質量量測技術	<ul style="list-style-type: none"> • 美國 MIT：NEMS 共振器，質量偵測解析度$<10^{-15}$ g • 美國 NIST：Quartz-Crystall Microbalance 質量偵測解析度$<10^{-12}$ g 	<ul style="list-style-type: none"> • 具備微小力量 (μN to nN) 量測與精密雷射測長能力，未來將發展微型力學結構與微型光纖共振腔測長技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成微奈米顆粒質量量測，質量解析度在 4×10^{-12} g 左右 	<ul style="list-style-type: none"> • 依需求不同質量偵測解析度可介於 10^{-12} g 至 10^{-15} g 之間 • 未來可應用於空氣中懸浮微粒相關儀器設備之開發，亦可以發展為成本較低之 $\text{PM}_{2.5}$ 監測儀。

(三)、薄膜厚度量測技術

【全程及本年度目標】

- 完成高介電常數薄膜(二氧化鈣 HfO_2 、二氧化鈦 TiO_2 或三氧化二鋁 Al_2O_3)厚度標準品製作，單層厚度： $(0.8 \sim 2)$ nm；
- 完成數據處理軟體之撰寫及驗證，包含數據擷取及最佳化擬合；
- 完成儀器硬體架構設計及量測系統規格製訂，包含 X 光光路設計與偵測器、光源的選用(X 光波長： 0.8338 nm)。

【執行成果】

半導體奈米製程線寬節點(Node)隨摩爾定律(Moore's law)持續縮小，22 奈米以下邏輯元件與記憶體元件，其元件尺寸及厚度均等比率縮小導致製程複雜度提升、缺陷檢測困難度提升，也同時增加量測製程結果的困難度，如圖 3-3-1(a) P 型金氧半矽鍍臨界尺寸量測就有多種自由度要量測，圖 3-3-1(b) 粒子導致缺陷即使很小的粒子也會造成缺陷，因此所需檢測工具應具備更高解析度、非破壞性且高效率檢測技術能力，以滿足半導體產業檢測上需求。目前半導體廠內多是使用橢圓偏光儀(ellipsometry)進行薄膜厚度量測，其數百奈米的量測波長已經無法提供足夠的量測解析度，且面對不同材料與量測位置，橢圓偏光儀需要對於 n, k 值進行評估；此外，其厚度值為利用穿透式電子顯微鏡(Transmission electron microscope, TEM)進行校正，但在薄膜厚度縮減到僅數奈米或小於 1 奈米，僅十幾個原子層厚，大大降低 TEM 的檢測精準度，而 TEM 所量測的奈米級區域對於樣品的代表性也過低。本計畫所使用之 X 光鏡面反射技術(XRR)，因 X 光本身短波長特性，使其具備著奈米級甚至次奈米級解析能力，且能進

行非破壞性量測，亦不需要考慮材料折射率或消光係數之影響。傳統 XRR 光譜量測所使用的 X 光射線光源主要以電子激發銅(Cu)靶產生，其特性波長為 0.154 nm，X 光能量為 8.052 keV。Cu 靶 X 射線管具備足夠高的光能，在入射角很小接近臨界角附近得到很好的解析度，對於一般薄膜厚度大於 5 奈米以上的薄膜，可以得到很準確的薄膜密度及厚度。但當半導體的尺寸微縮下，薄膜厚度也同時以等比例下降到小於 3 nm 或甚至 1 nm，此時 XRR 量測的頻譜將無法得到一個完整明顯的干涉情形。

本計畫完成鋁(Al)靶 X 射線管為激發光源(1.487 keV，波長 0.8338 nm)，增加量測的角度區間，並完成長波長 XRR 的光譜量測及理論驗證；相較於傳統的 XRR 設備使用 Cu 靶作為光源，使用 Al 靶可將量測角度 θ 提高，意即對於 Cu 靶(0.1 ~ 6.5)度的量測區間，Al 靶將增加到(0.5 ~ 34.5)度。搭配適當的 X-ray 光路元件，長波長 XRR 技術可針對高 2θ 角度區域進行微區域化與高精準度的量測，突破現有短波長 XRR 技術受限於高雜訊比的影響，並與膜厚度量測系統進行比對驗證，增加量測追溯性。

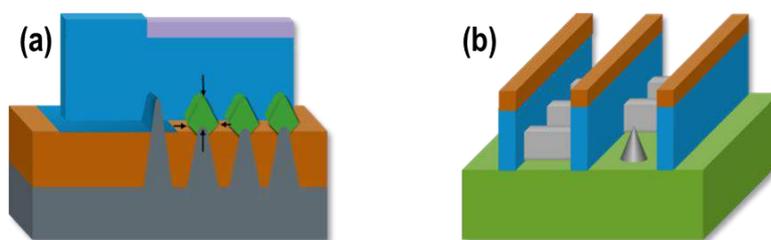


圖 3-3-1、(a) P 型金氧半矽鍍臨界面尺寸量測；(b) 粒子導致缺陷

本計畫亦完成高介電常數薄膜(二氧化鈣、二氧化鈦或三氧化二鋁)厚度標準品製作，並進行穿透式電子顯微鏡(Transmission Electron Microscope, TEM)及電子能量損失光譜儀(Electron Energy Loss Spectroscopy, EELS)分析。高介電常數超薄薄膜樣品製作需要高難度與技術的製作能力，因此本計畫委託國家實驗研究院儀器科技中心與國家實驗研究院國家奈米元件實驗室製作部分樣品，其樣品 TEM 分析結果如表 3-3-1。

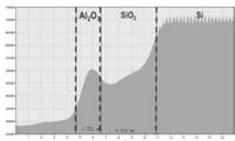
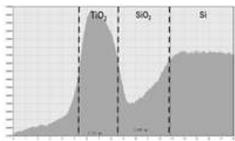
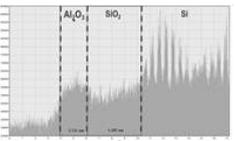
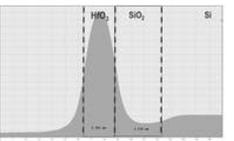
表 3-3-1、高介電常數厚度標準品樣品 TEM 分析

Sample	ITRS Al ₂ O ₃	ITRS TiO ₂	NDL Al ₂ O ₃	NDL HfO ₂
樣品	ITRS 三氧化二鋁	ITRS 二氧化鈦	NDL 三氧化二鋁	NDL 二氧化鈣
TEM 穿透式電子顯 微鏡分析				

從 TEM 分析中，可以明顯看出二氧化鈣、二氧化鈦或三氧化二鋁的薄膜，各樣品由左至右分別為矽基板、二氧化矽、超薄高介電常數薄膜以及鈍化層。另外，這些樣品的 EELS 結果以及厚度分析如表 3-3-2。由此分析可獲得，國家實驗研究院儀器

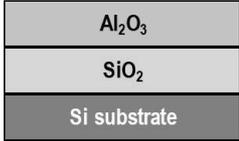
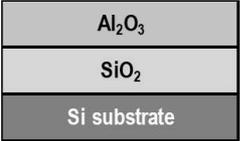
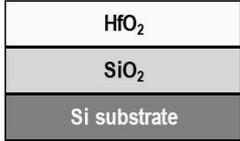
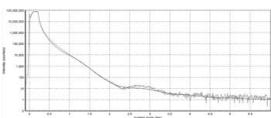
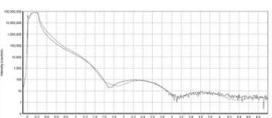
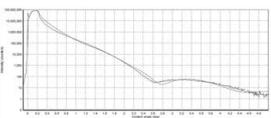
科技中心所製作三氧化二鋁薄膜可達 1.702 奈米的厚度、w 二氧化鈦薄膜達到 3.715 奈米的厚度；而國家實驗研究院國家奈米元件實驗室所製作的三氧化二鋁薄膜厚度為 2.121 奈米、二氧化鈦薄膜厚度為 2.392 奈米。

表 3-3-2、高介電常數厚度標準品樣品 EELS 結果以及厚度分析

Sample	ITRS Al ₂ O ₃	ITRS TiO ₂	NDL Al ₂ O ₃	NDL HfO ₂
樣品	ITRS 三氧化二鋁	ITRS 二氧化鈦	NDL 三氧化二鋁	NDL 二氧化鈦
EELS 電子能量損失 譜儀				
Thickness 厚度	1.702 nm	3.715 nm	2.121 nm	2.392 nm

同時，將半導體常用高介電常數薄膜三氧化二鋁及二氧化鈦薄膜進行 XRR 的量測與分析，如表 3-3-3。XRR 的擬合結構如表中上列所示結構，量測與擬合的曲線如下列所示圖形。結果顯示，量測與擬合相當匹配。

表 3-3-3、高介電常數薄膜 XRR 擬合結構、量測圖形與擬合圖形

Sample		ITRS Al ₂ O ₃	NDL Al ₂ O ₃	NDL HfO ₂
樣品		ITRS 三氧化二鋁	NDL 三氧化二鋁	NDL 二氧化鈦
Structure 結構				
XRR X光反射光譜				
TEM Thickness 穿透式電子顯微 鏡分析厚度	SiO ₂	4.316 nm	4.205 nm	3.576 nm
	HK	1.702 nm	2.121 nm	2.392 nm
XRR Thickness X光反射光譜分 析厚度	SiO ₂	4.163 nm	3.543 nm	2.421 nm
	HK	1.854 nm	2.581 nm	1.759 nm

在理論分析方面，參照 Parratt 的理論，一入射 X 光由物質 1 進入到物質 2，會在物質 1 與物質 2 的介面發生部分反射、部分穿透，穿透的 X 光也就是折射的 X 光在

物質 2 與物質 3 的介面也發生部分反射、部分穿透，在介質 2 與介質 3 反射的光又回到介質 1 與介質 2 的介面發生部分反射、部分穿透。經由解波方程式與邊界條件，可獲得一遞迴方程式如公式 3-3-1 至公式 3-3-4，其中 $R_{n-1,n}$ 代表物質 $n-1$ 與物質 n 的介面反射， F_n 代表菲涅耳方程式， a 表示係數， I 表示強度。

$$R_{n-1,n} = a_{n-1}^4 \left[\frac{R_{n,n+1} + F_{n-1,n}}{R_{n,n+1} F_{n-1,n} + 1} \right] \quad (3-3-1)$$

$$R_{n,n+1} = a_n^2 (E_n^R / E_n) \quad (3-3-2)$$

$$F_{n-1,n} = \frac{f_{n-1} - f_n}{f_{n-1} + f_n} \quad (3-3-3)$$

$$\frac{I_R}{I_0} = \left| \frac{E_1^R}{E_1} \right|^2 \quad (3-3-4)$$

設計一個全新的量測設備，可執行長波長 X 光反射光譜的量測儀器，因此難度非常高。X 光的特殊之處跟一般光學不同，大多數的物質對於 X 光而言折射率幾乎是 1，因此要聚焦 X 光就相當不簡單。此外，選用的長波長 X 光由鋁靶材激發，鋁靶材 X 光質量衰減係數 (Mass Attenuation Coefficients) 值 (μ/ρ)，質量能量吸收係數 (mass energy-absorption coefficient), μ_{en}/ρ 在能量 1.5 keV 時分別為 $4.022 \times 10^2 (\text{cm}^2/\text{g})$ 、 $4.001 \times 10^2 (\text{cm}^2/\text{g})$ ，在空氣 ($\rho=10^{-3} \text{ g/cm}^3$) 只要 1.7325 cm 就衰減至 1/2 強度，因此需要在超高真空中操作。不僅如此，轉軸與樣品設計規範相當重要，經由計算，如圖 3-3-2(a) 與圖 3-3-2(b)，分別為樣品軸 (θ) 與偵測器軸 (2θ) 有橫向與縱向差異值時，對實驗的影響。若偵測器軸半徑為 10 公分、差異方向為縱向，差異值為 20 微米；偵測器軸為 20 度時，根據分析公式 3-3-5，可得到 1.3681×10^{-4} 徑度差。

$$2\Delta\theta = 2\Delta x \sin(\theta) / R \quad (3-3-5)$$

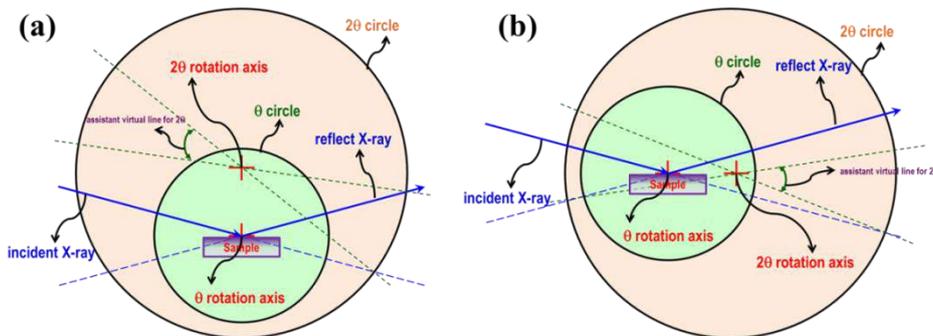


圖 3-3-2、樣品軸 (θ) 與偵測器軸 (2θ) 有 (a) 橫向與 (b) 縱向差異

長波長薄膜厚度與成份分析儀結構設計如圖 3-3-3 與圖 3-3-4。從圖中可以看到 X 光管、單光鏡、主腔體以及幫浦管線的配置，目前已知之先進國家多利用同步輻射光源調整 X-ray 能量，並具有較充沛資源設計控制機構，本研究團隊採用桌上型 X-ray 光源設計，惟現階段經費不足，已情商廠商借用零組件，達成更佳控制目的。

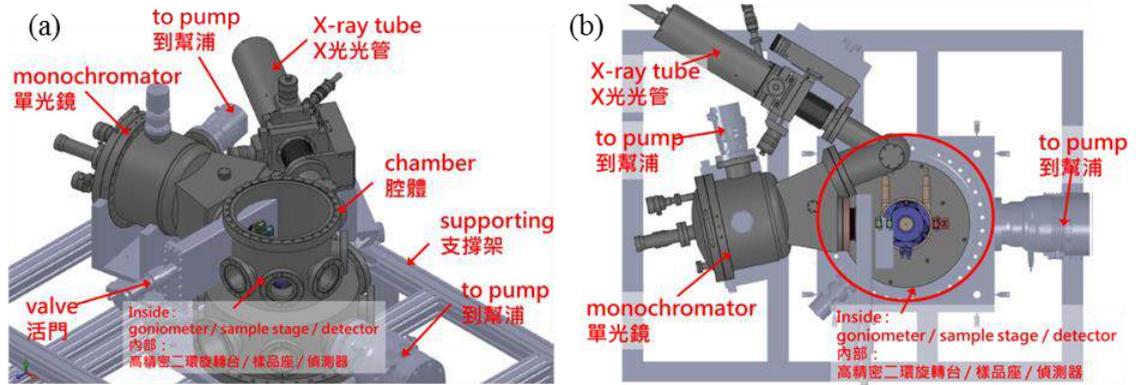


圖 3-3-3、長波長薄膜厚度與成份分析儀 3 維(a)總視圖和(b)總上視圖

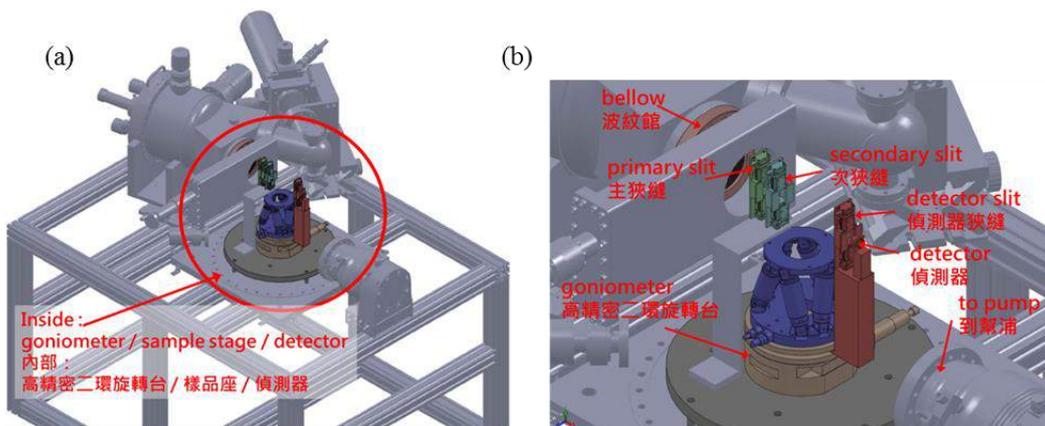


圖 3-3-4、長波長薄膜厚度與成份分析儀三維總視圖內部(a)概略視圖與(b)細視圖

設計完成後進行實際採購、組裝架設以及測試，表 3-3-4 為 X 光以及單光器匹配的情形，結果顯示可以很好的匹配。

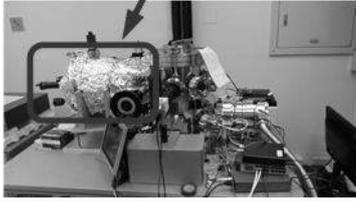
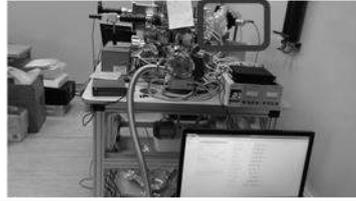
Parts	X-ray source package and monochromator	
零組件	X光光源套件與單光器	
Status 狀態	SPECs GmbH FOCUS 500 monochromator 	XR50 MF X-ray source 
	Installation Report 原廠安裝報告	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Characteristics</p> <ul style="list-style-type: none"> In combination with a XR50 MF X-ray Source: Spot size variable between 200μm (146 x 98μm at 10W max.) and >1mm (180W max.) Photon flux : 10¹⁰ photons / mm² x sec </div>		

表 3-3-4、X 光以及單光器匹配的情形

為達成區域化的測量，X 光的光斑大小要小，於原規劃要求為 200 微米，然而由於光斑縮小，光強度會衰減，因此致力於使達到單位時間單位面積的光通量要大於 10⁹ 個光子。世界 X-ray 大廠布魯克(Bruker)、英寇特(Incotec)其高亮度產品也僅約 2 × 10¹⁰ photons/s-mm²，本項研究已可達世界大廠水準 2.5 倍亮度，達到 5.2 × 10¹⁰ photons/s-mm²。如圖 3-3-5 X 光光斑大小與光通量所示。

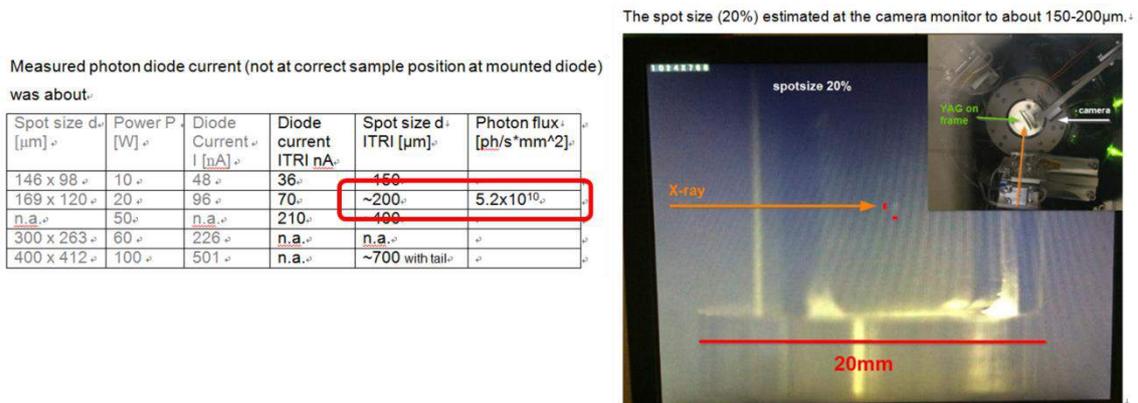
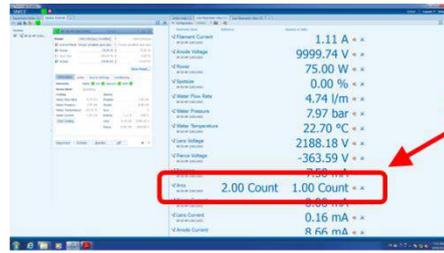


圖 3-3-5、X 光光斑大小與光通量

圖 3-3-6 為 X 光人機介面與放電保護機制。表 3-3-5 為本系統採用之控制器與電源供應器。



The UXC 1000 will switch off the high voltage and emitter current (water cooling remains on) in either of the two following cases:

- The Arc Limit (arcs per minute) is exceeded.
- The voltage during this procedure drops below 5 kV.

圖 3-3-6、X 光人機介面與放電保護機制

表 3-3-5、控制器與電源供應器

Parts 零組件	controller and power supply system (from manual)																								
	控制與電源供應系統 (資料來源：原廠手冊)																								
	Controller 控制器	Power supply 電源供應器																							
Status 狀態	CCX 70 Cooling Water Controller 	UXC 1000 Universal X-Ray Controller for XR 50 MF 																							
	7.5 Specifications Table 2 contains a list of general specifications for the CCX 70. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Property</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Size</td> <td>19" rack, 3 units height, 360 mm depth.</td> </tr> <tr> <td>Weight</td> <td>14 kg.</td> </tr> <tr> <td>Power</td> <td>24 VDC from UXC 1000 (no mains power).</td> </tr> <tr> <td>Water pressure measurement</td> <td>10 bar.</td> </tr> <tr> <td>Water drain</td> <td>1 cm above tank base.</td> </tr> <tr> <td>Operating water pressure</td> <td>3.5–10 bar.</td> </tr> <tr> <td>Particle filter</td> <td>Fitted to input water line—observe correct direction!</td> </tr> </tbody> </table>	Property	Value	Size	19" rack, 3 units height, 360 mm depth.	Weight	14 kg.	Power	24 VDC from UXC 1000 (no mains power).	Water pressure measurement	10 bar.	Water drain	1 cm above tank base.	Operating water pressure	3.5–10 bar.	Particle filter	Fitted to input water line—observe correct direction!	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Feature</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Size</td> <td>19" rack, 3 chassis units</td> </tr> <tr> <td>Weight</td> <td>14.5 kg</td> </tr> <tr> <td>Power consumption</td> <td>1300 W max.</td> </tr> </tbody> </table>	Feature	Value	Size	19" rack, 3 chassis units	Weight	14.5 kg	Power consumption
Property	Value																								
Size	19" rack, 3 units height, 360 mm depth.																								
Weight	14 kg.																								
Power	24 VDC from UXC 1000 (no mains power).																								
Water pressure measurement	10 bar.																								
Water drain	1 cm above tank base.																								
Operating water pressure	3.5–10 bar.																								
Particle filter	Fitted to input water line—observe correct direction!																								
Feature	Value																								
Size	19" rack, 3 chassis units																								
Weight	14.5 kg																								
Power consumption	1300 W max.																								

由於本系統採用鋁靶材為 X 光激發源，在空氣中只要 1.7325 cm 就衰減至 1/2 強度，因此本系統需為高真空設計，設計上採用兩個真空計分別監控單光器與主腔體的壓力，實測單光器壓力值可至 10^{-8} 托爾(torr)等級，而主腔體壓力可低至 10^{-7} 托爾等級。

實測高真空高精密二環旋轉台，在將尺一端固定在偵測器環上，量測樣品環軸，量測樣品環為 0 度、90 度、180 度、270 度而偵測器環為 0 度、90 度、180 度及 270 度，總共 16 點值，發現差異值小於 80 微米，如圖 3-3-7。另外如圖 3-3-8 所示，尺一端固定在地(ground)另一端量測樣品表面，在樣品環為 0 度、90 度、180 度及 270 度時，其差異值小於 20 微米。

內部線路完成後，與主腔體做接合。對接技術上以一個直徑 16 釐米的螺絲，於距離 50 公分外就對準一個約 16 釐米孔徑，其視角才約 1.83 度相當小，且不只有一根螺絲時，32 根螺絲要同時與桌面成 90 度，每個螺絲孔與螺絲才僅約 1.83 度視角，且

重達數十公斤腔體都要人工移動與調整，腔體內部線路與腔體壁最近距離僅約數釐米，組裝不易。

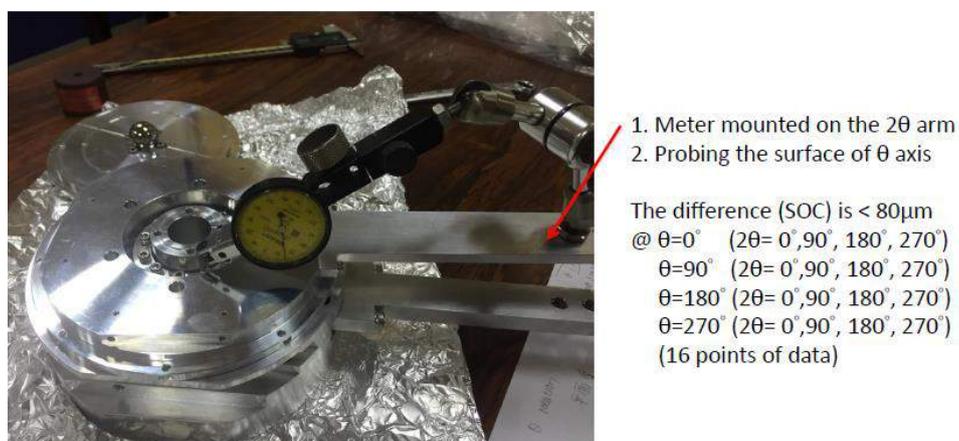


圖 3-3-7、實測高真空高精密二環旋轉台樣品與偵測器軸

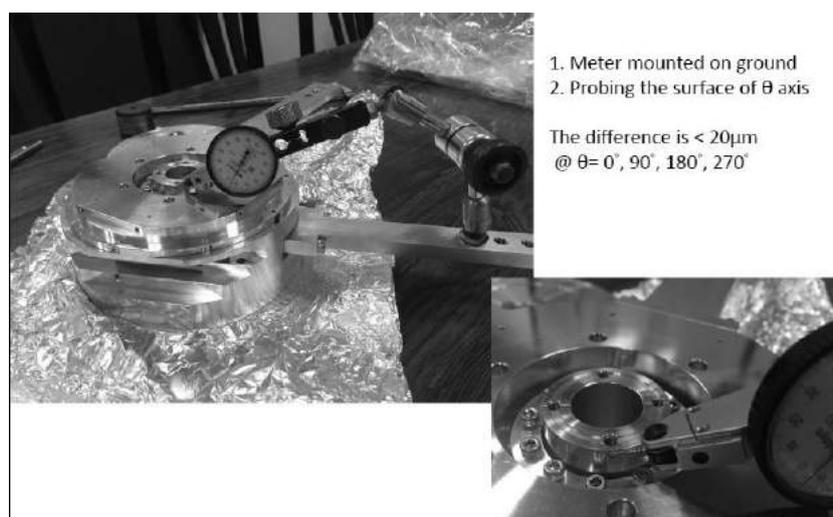


圖 3-3-8、實測高真空高精密二環旋轉台樣品旋轉面

本計畫研發之主體為一超高精密超高真空量測機構，為後續對準方便，架設一雷射輔助對準系統。該輔助對準系統係採用一綠光雷射，由於綠色雷射在空氣中穿透率很高，也可以穿過主腔體玻璃窗口，因此雷射可從主腔體外入射至樣品座上，透過感光耦合元件顯示於液晶顯示器。

在臨場測試(on-site testing)方面，測試 X 光光源套件，燈絲電流可達 1.2 安培、功率可高達 100 瓦特，並成功加壓陽極電壓至 1 萬伏特，此條件下完成射極電流為 10 毫安培、鏡組電壓為 4567 伏特。並測試單光器對焦與邁樂窗(Mylar window)的功能、高真空高精密二環旋轉台測試樣品軸與地的差異值小於 20 微米、偵測器環臂與樣品環面差異值小於 80 微米。

在整合量測系統軟硬體部分，完成硬體架設，中央處理器採用英特爾 i5 系列，作業系統採微軟視窗 7。軟體部分完成以圖形化介面控制 X 光出光以及冷卻系統控制，控制參數有燈絲電流、陽極電壓、輸出功率、光斑大小...等。繞射/反射光譜量測系統完成可以控制樣品載台旋轉、偵測器旋轉控制與偵測器圖形化輸出，以及數據擷取分析功能；此外，為了與其他軟體溝通，數據擷取後可成功輸出為 ASCII 格式。

最後以樣品進行試量測，如圖 3-3-9，掃過樣品偵測器旋轉相對角度為 0 度至 12 度，初步分析可完成長波長薄膜 X 光反射光譜量測。

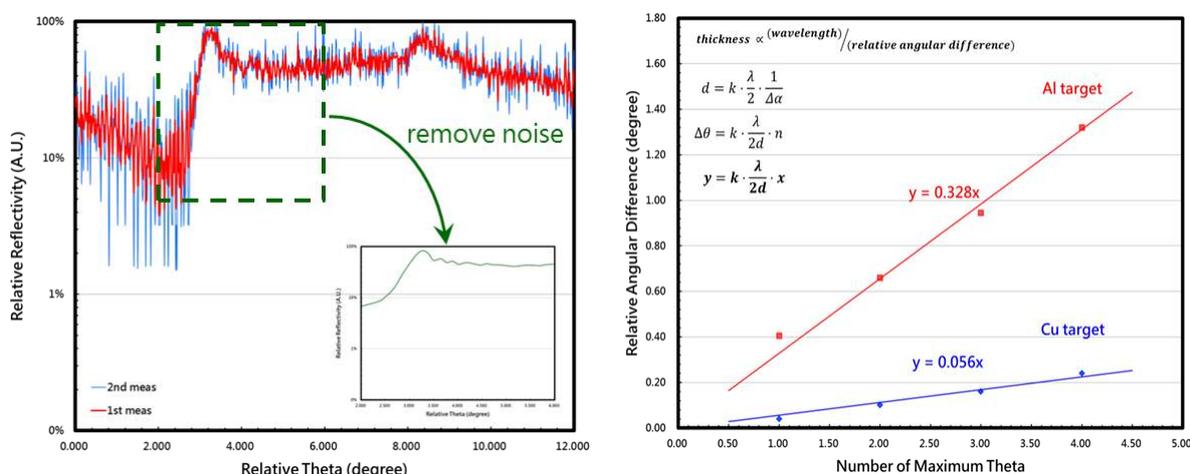


圖 3-3-9、長波長薄膜 X 光反射光譜量測

【技術創新】

1. 建立長波長 X 光繞射/反射光譜量測技術。
2. 建立超小非破壞性量測膜厚技術。
3. 建立高光通量 X 光量測技術。

【突破之瓶頸】

1. 傳統光學量測薄膜厚度有其方便性，然而隨著半導體製程微縮，造成超薄薄膜厚度量測分析上的困難，今後若採用 XRR 將可大幅提升其準確度。
2. 市售商用 X 光儀器設備多為銅靶材，波長為 0.154 奈米，在量測超薄薄膜時有興趣的樣品角度約為 0.1 至 3.5 度間，本計畫完成長波長 X 光，波長為 0.834 奈米，可大幅增加樣品角度，突破廣域化量測限制，實現區域化量測。

【待改善之處】

1. X 光雖然經過單光鏡聚焦為一個點，然而還是有部分雜散光入射至樣品。囿於經費，目前是情商廠商先設計預留狹縫(slit)位置，未來可以安置狹縫，將雜散光濾除，訊

雜比將有效提高。

2. 若未來想提升量測速度接近量產或試產的規格，可以用更好更高通量的光源。
3. XRR 量測技術需藉由擬合得到厚度與結構資訊的結果，並無法提供縱深的元素分布；未來希望可開發高精確的 XRR 搭配 X 光螢光光譜儀(X-ray Fluorescence Spectrometer, XRF)或 X 光電子光譜(X-ray photoelectron spectroscopy, XPS)技術，利用 XRF 或 XPS 提供元素的分布並回饋至 XRR 的擬合，提供更高準確的膜厚與成份分析結果。

【後續工作構想與重點】

1. 製作 HKMG 的樣品，並進行標準化量測評估。
2. 整合 XRR 量測系統與其他分析儀器，如 XRF/XPS 等，得到薄膜元素分析。
3. 開發理論分析軟體。

【國際技術比較】

技術或量測系統名稱	技術領先國家/單位現況	NML 目前技術狀況	計畫執行完成狀況	市場需求狀況
<ul style="list-style-type: none"> • 薄膜厚度量測技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 德國 PTB 利用同步輻射光源(425 eV ~ 10 keV)，可量測奈米薄膜之 XRR 光譜 • 法國 LNE 利用同步輻射光源(425 eV ~ 10 keV)，可量測奈米薄膜之 XRR 光譜 	<ul style="list-style-type: none"> • 利用單一銅 (Cu)靶光源 XRR 量測奈米薄膜光斑大小約~cm 等級；無法滿足未來市場區域化量測需求 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成長波長鋁 (Al)靶光源 XRR 量測技術，光斑大小約~200 um 等級；應為國內或技術領先國家第一台桌上型長波長 XRR 量測設備 	<ul style="list-style-type: none"> • 先進邏輯半導體製程廠商急需區域化非破壞性超薄薄膜厚度量測技術 • 非揮發性記憶體製造商於高密度記憶體製程、光電廠商於量測先進結晶與非結晶薄膜和金屬氧化物或有機薄膜面臨計量技術課題

(四)、非侵入式流量量測技術

【全程及本年度目標】

- 完成鎖相熱顯像系統架構建置
- 完成此非侵入式流量量測技術於常見、通用管路上之量測，如：12.7 mm (1/2 inch) 圓管，流量量測不確定度 < 10 %

【執行成果】

1. 完成鎖相熱顯像系統架構建置

(1) 建置工作流體為液體或氣體時之實驗管路

分別完成工作流體為液體及氣體之實驗管路架設，架設管徑皆為二分之一英吋。液體流量量測實驗管路架構請參考圖 3-4-1，透過熱交換器確保流體達到設定之溫度後，經由泵浦加壓，調節閥調節欲設定之流量以及科氏力式流量計作為標準件，液體流經測試管段後回流至熱交換器重新循環。氣體流量量測實驗管路架構請參考圖 3-4-2，氣體由加壓儲槽流出，調節閥調節欲設定之流量以及熱質式流量計作為標準件，液體流經測試管段後排放至大氣之中。其中為確保實驗一致性，將環境溫度控制在 $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 範圍內，並增設試驗管段保溫材減少環境與管壁間之熱對流效應。

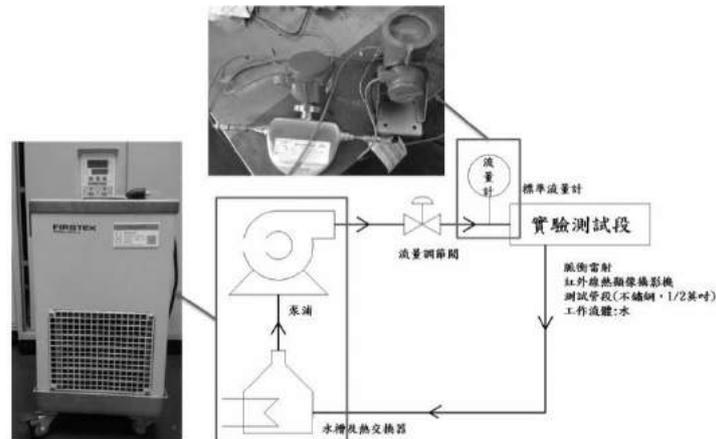


圖 3-4-1、硬體架構圖(液體流量量測)

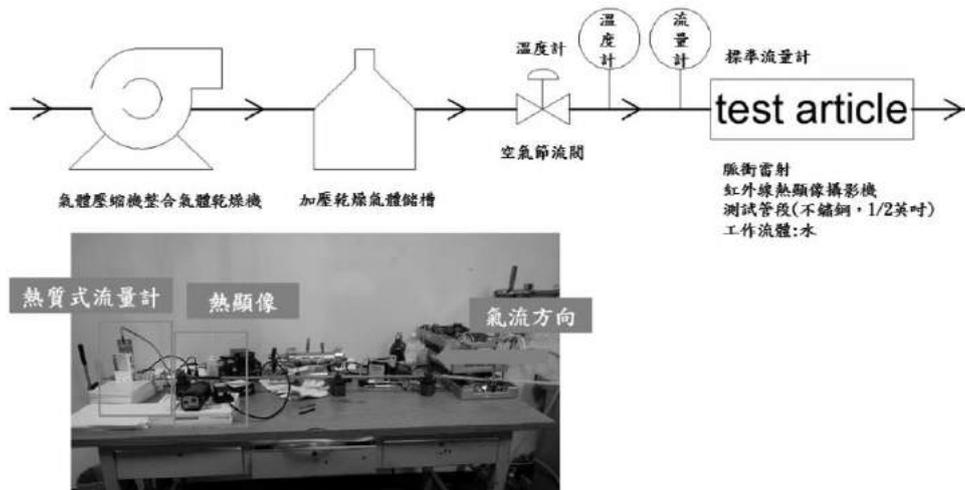


圖 3-4-2、硬體架構圖(氣體流量量測)

(2) 熱顯像攝影機與脈衝雷射系統整合

本研究係利用鎖相熱顯像技術應用於量測管內流體之熱對流係數，其概念可參考圖 3-4-3，用雷射熱源來提供週期性的熱源以加熱管壁的外表面，而藉由管壁內側的流體流量做為另一側的邊界條件，當流體流量不同時所產生的管壁內側邊界條件不同，則會導致管壁外側的溫度分佈不同。其中類比電壓輸出儀器控制雷射發射之頻率及功率，利用 FLIR A315 熱顯像儀鎖像實驗進行中之管路表面溫度資料，其每秒輸出 60 張 320×240 之資料矩陣，經過驗證在實驗溫度範圍內其精確度在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 內，可確保實驗數據之準確性。研究團隊利用脈衝雷射提供週期性輸入熱源，相較於 Leblay 等人之利用管夾電路絲則可達到非侵入式、非接觸式之優點；相較於 Freund 與 Kabelac 利用鹵素燈則可大幅縮小加熱面積，便於應用在小尺寸管路，以克服非侵入式超音波式流量計在小尺寸管路中，因為超音波移動距離過短而不適用的困難。為達實驗結果重複性，製作脈衝雷射、熱顯像攝影機、雷射焦距鏡頭以及紅外線測距儀之固定架，其中固定架皆用螺絲鎖固各儀器，紅外線測距儀功用為保持每次實驗管段與各儀器相對距離保持每次一致，相關圖示請參考圖 3-4-4，最小解析度為 0.01 m，由以上設置更能確保實驗一致性。經過連續五次拆裝儀器設置，其實驗數據重複性差異在 3% 以內。

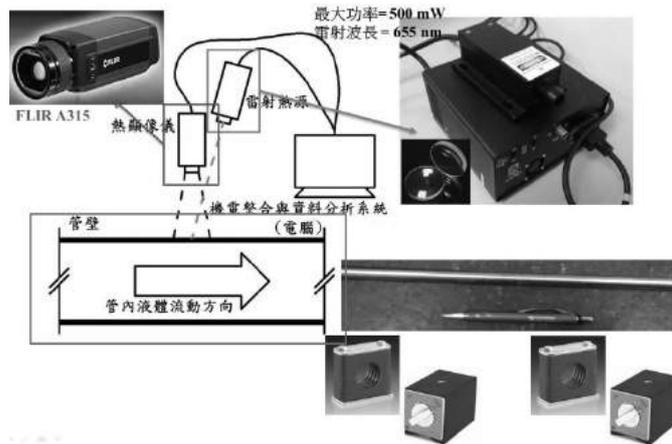


圖 3-4-3、熱顯像儀與脈衝雷射

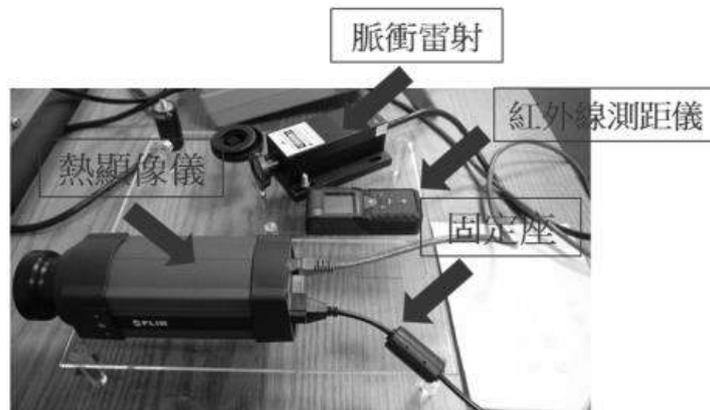


圖 3-4-4、熱顯像儀與脈衝雷射固定架

2. 完成此非侵入式流量量測技術於常見、通用管路上之量測，如：12.7 mm (1/2 inch) 圓管

(1) 自動化擷取程式及演算法軟體

自動化擷取及演算法程序請參考圖 3-4-5，以熱顯像攝影機拍攝實驗中管材之溫度變化後，開啟程式進行相關參數設定(觀測點設定、雷射發射功率、管內流速、入口溫度)，擷取熱顯像攝影機所輸出之特定觀測點資料矩陣。演算法以一維熱傳導數值模型為架構，內建於程式當中，針對特定觀測點，資料矩陣輸出該點於量測時間內之平均熱對流係數。

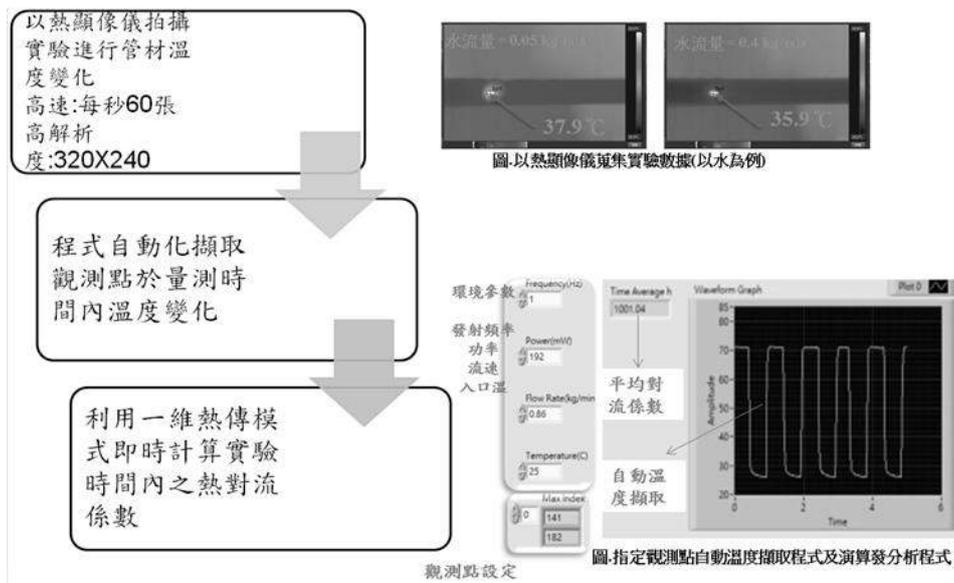


圖 3-4-5、自動化擷取流程及演算法分析程式

(2) 以常用的液、氣體，如：水、空氣為工作流體，目標流量量測不確定度 < 10 %

本年度完成工作流體為水及空氣之實驗，固定脈衝雷射功率設定約為 150 mW，發射頻率為 1 Hz 條件下，工作流體為水時，對流係數對應流量之數據請參考圖 3-4-6，在流量範圍約 0.1 kg/min 至 0.85 kg/min，所回歸之對流係數曲線與實驗資料點差異皆在 5 % 以內，達成年度設定目標。工作流體為空氣時，對流係數對應流量之數據參考圖 3-4-7，在流量範圍約 0.025 g/min 至 0.035 g/min，所回歸之對流係數曲線與實驗資料點差異皆在 5 % 以內，亦符合年度設定目標。

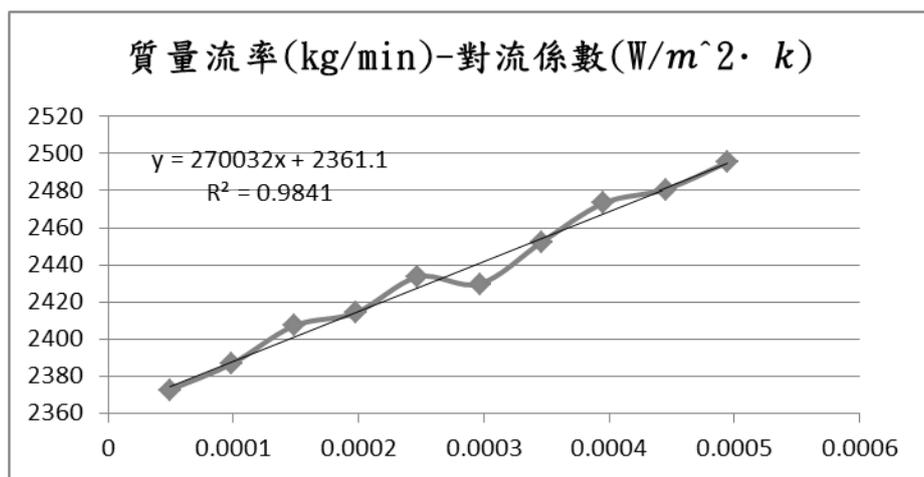


圖 3-4-5、對流係數對應流量之數據(工作流體為水)

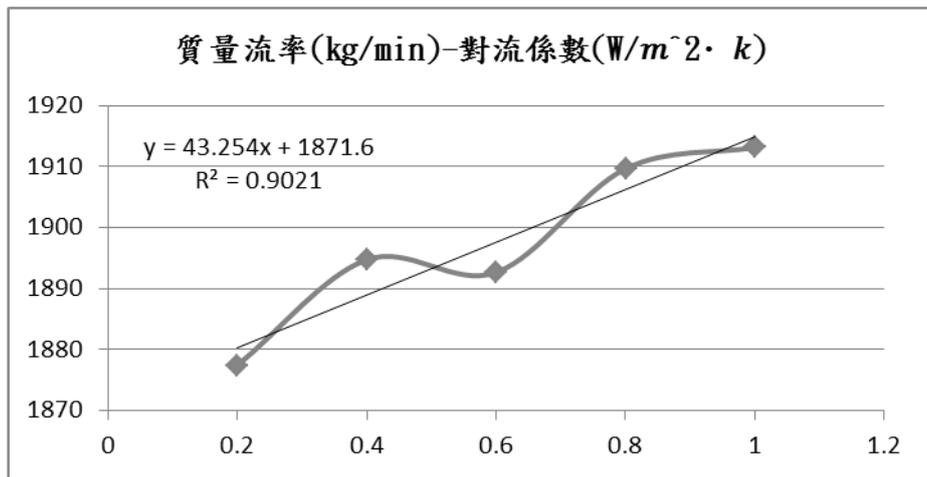


圖 3-4-6、對流係數對應流量之數據(工作流體為空氣)

- (3)完成燃料電池用液氣數據分析，如(1~5) mol 甲醇溶液(流速約 0.05 m/s ~ 0.5 m/s)；
半導體製程用氣體數據分析，如 N₂：

研究團隊完成工作流體為甲醇溶液及氮氣之實驗，固定脈衝雷射功率設定約為 150 mW，發射頻率為 1 Hz 條件下，工作流體為甲醇溶液時，對流係數對應流量之數據請參考圖 3-4-8，在流量範圍約 0.28 kg/min 至 0.98 kg/min，所回歸之對流係數曲線與實驗資料點差異皆在 5 % 以內，達成年度設定目標。工作流體為氮氣時，對流係數對應流量之數據請參考圖 3-4-9，在流量範圍約 0.05 g/min 至 0.48 g/min，所回歸之對流係數曲線與實驗資料點差異皆在 5 % 以內，達成年度設定目標。

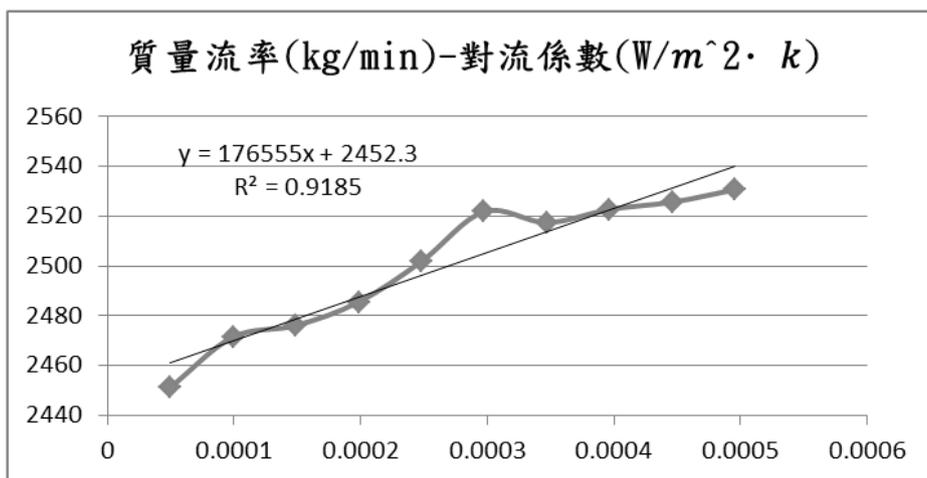


圖 3-4-8、對流係數對應流量之數據(工作流體為甲醇溶液)

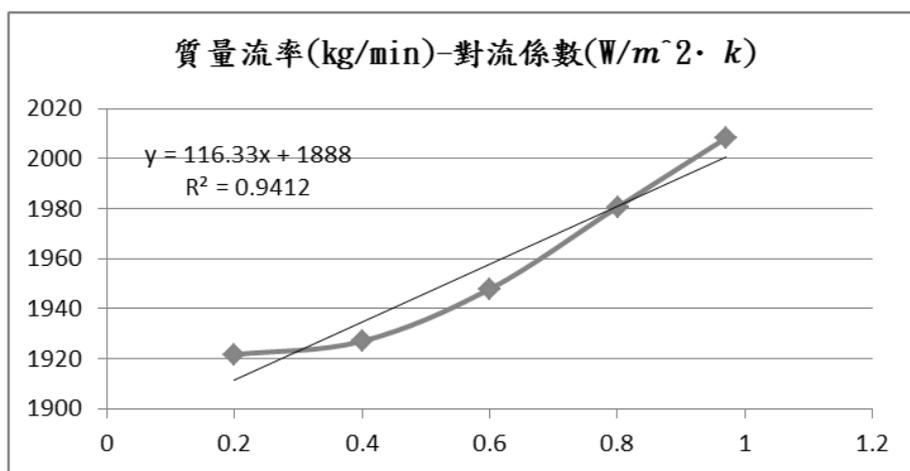


圖 3-4-9、對流係數對應流量之數據(工作流體為氮氣)

【技術創新】

1. 建立利用熱顯像儀以及具有脈衝功能的連續雷射為主體的鎖相熱顯像技術，並建立相關的機電整合技術。
2. 以一維熱傳導為數值模型，建立自動化擷取分析程式，驗證未來快速實流量測之可行性。

【突破之瓶頸】

1. 此鎖相熱顯像技術應用於直徑 ≤ 12.7 mm (1/2 inch)的圓管，相對應的雷諾數範圍 ≤ 2000 ，填補超音波流量計在小於此管徑下不適用，所造成之非侵入式流量量測方式空缺。
2. 利用脈衝雷射提供週期性輸入熱源，相較於傳統管夾電路絲則可達到非侵入式、非接觸式之優點。

【待改善之處】

1. 針對脈衝雷射及熱顯像攝影進行縮小化系統整合，以利後續發展商品化技術。
2. 實驗誤差大部分來自於熱邊界層進口處特殊物理現象所造成，須以模擬及更精準之物理模型作驗證。

【後續工作構想與重點】

1. 目前仍以實驗室環境為主進行非侵入式流量量測可行性驗證，未來朝向整合脈衝雷射、熱顯像攝影機及分析軟體成可攜式小型儀器，以利各產業小管徑實流量測。
2. 建立熱邊界層入口處之精準物理模型搭配實驗進行驗證。

【國際技術比較】

技術或量測系統名稱	技術領先國家/單位現況	NML 目前技術狀況	計畫執行完成狀況	市場需求狀況
<ul style="list-style-type: none"> 鎖相熱顯像流量量測 	<ul style="list-style-type: none"> 德國 Institute for thermodynamics, Helmut-Schmidt-University of the Federal Armed Forces 利用鎖相熱顯像技術於平板式熱交換器的熱對流係數量測 法國 Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'environnement et l'agriculture, University of Reims, 與 Domaine Universitaire 利用鎖相熱顯像技術於直管內部的熱對流係數量測, 以及小型熱交換器的熱對流係數量測 以上皆未應用鎖相熱顯像技術於流量量測 	<ul style="list-style-type: none"> 目前 NML 尚未建立相關技術 	<ul style="list-style-type: none"> 建立針對小管徑的非侵入流量量測技術, 以滿足目前廣泛使用的超音波流量量測不適用於小管徑的情況 	<ul style="list-style-type: none"> 可應用於半導體製程上, 高度需要線上無需停止製程的非侵入流量查核技術, 以確保質流控制器的運作正常以提高製程良率 對於小型熱交換器或是燃料電池等微小流道的效率, 皆與流體於各個流道中的分佈息息相關, 而受限於微小幾何形狀的困難, 可應用於小管徑的非侵入式流量測技術, 可提高其效率並協助設計

四、法定計量技術發展分項

(一)、新版非自動衡器型式認證規範(CNPA 76)研究與修訂

我國「非自動衡器型式認證技術規範」CNPA 76 係依 OIML R76:1992 版訂定，採整機方式進行認證，但在衡器多元化發展下，衡器的系列型式多樣，以單一型式整機認證業者抱怨不敷成本，故標準檢驗局在各界共識下，逐步推動新版 R76-1:2006 型式認證工作，期未來可採模組及家族認證方式辦理。

為協助順利推動新版 R76-1:2006，本計畫於 104 年度已針對荷重元模組認證部份進行法規相容性測試研究評估，105 年度則針對 2006 年版「電子衡器附加測試」新增部份之更動項目，進行差異調和及法規相容性測試研究評估。由於衡器廠商對改版有諸多意見，因此本年度同時進行衡器商之訪談及座談會，並參訪與我國國內衡器產業特性相近的中國大陸與日本法定計量實驗室，藉由參訪瞭解其非自動衡器型式認證測試技術與相關管理事宜。本年度綜整執行之相關結論納入法規改版建議，並作為 106 年接續的非自動衡器型式認證作業要點修訂參考。

【本年度目標】

現行 CNPA 76 版本係調和 OIML R76:1992 版且已有型式認證執行機構，所以執行工作係針對 R76 新舊版的差異與 CNPA 76 調和進行研究評估。由於 OIML R76:2006 之附錄 B「電子衡器的附加測試」為配合新版 ISO/IEC 標準修改，對於性能測試技術要求有所改變，故 105 年針對電性改版部分進行研究。105 年度工作項目包括：

- 針對 OIML R76:2006 之附錄 B「電子衡器附加測試」新增部份，完成法規相容性研究。
- 完成「電子式非自動衡器型式認證技術規範」修正草案。
- 舉辦專家座談會，邀約國內專家針對規範建議草案進行討論。
- 針對標檢局及各分局辦理技術深耕分享座談會。

【執行成果】

1.完成 OIML R76-1:2006 附錄 B「電子衡器附加測試」新增部份之法規相容性研究

OIML R76-1:2006 附錄 B「電子衡器附加測試」部份，其性能測試技術要求項目由 7 項改為 10 項，規範中提到電子式衡器之各項測試儘可能根據國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)的操作進行，因此本研究亦參考 IEC 61000-4-2~6 及 ISO 7637-1~3 之標準規範，對電子性能測試新增的部分做研究分析，並與國內非自動衡器型式認證指定實驗室，即台灣電子檢驗中心(ETC)，合作進行 OIML R76-1:2006 附錄 B「電子衡器附加測試」新增部份的測試，執行法規可行性及相容性研究。ETC 具有豐富的 IEC 電子

性能測試經驗，因此本次測試實驗皆能順利執行。本研究非自動衡器電子性能測試結果及相關規範研究之重點說明如下：

1.1 衡器電子性能測試

衡器的電子性能測試主要係針對衡器於環境干擾下訊號受擾動情況的測試，測試項目於OIML R76-1:2006中描述有7項測試，分別說明在“B.3.1交流電源電壓瞬降和短時中斷”、“B.3.2叢訊(bursts)”、“B.3.3突波”、“B.3.4靜電放電”、“B.3.5電磁耐受性”、“B.3.6射頻傳導耐受性”及“B.3.7利用車載系統供電之衡器的電磁相容測試”之章節中，其中B.3.3、B.3.6、B.3.7為新增加章節。於“B.3干擾下的性能測試(performance tests for disturbances)”章節內容中，測試說明新增了執行測試時應注意的事項，其中提到「每次測試前，儘可能將受試設備(Equipment Under Test, EUT)調整到零點。在測試期間，除非出現顯著誤差指示，不再重新調零點。」，主因是天平的讀值會受到環境影響而產生變化，若在量測過程中歸零，則無法正確得知環境對天平的影響量，因此僅能在測試前才執行歸零動作。

本次測試樣本衡器選定國內市場上常見的衡器，為等級III之15 kg計價秤，如圖4-1-1所示，其規格為：

分度數 n ：3000
 最大秤量 Max：6 / 15 kg
 分度值 e ：2 / 5 g
 等級：III
 最小秤量 Min ($20e$)：40 g



圖 4-1-1、15 kg 計價秤及規格

執行測試選用荷重法碼的標稱值係依據衡器等級中規範之最小稱量，衡器等級與最小稱量關係如表4-1-1所示。

表 4-1-1、衡器等級

準確度等級	檢定標尺分度值 e	檢定標尺分度數 $n = \text{Max}/e$		最小秤量 Min (下限)
		最小	最大	
特等 (I)	$0.001 \text{ g} \leq e$	50 000	-	$100 e$
高等 (II)	$0.001 \text{ g} \leq e \leq 0.05 \text{ g}$	100	100 000	$20 e$
	$0.1 \text{ g} \leq e$	5 000	100 000	$50 e$
中等 (III)	$0.1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$	100	10 000	$20 e$
	$5 \text{ g} \leq e$	500	10 000	$20 e$
普通 (III)	$5 \text{ g} \leq e$	100	1 000	$10 e$

本次實驗測試樣本衡器為第III等級秤，最小檢定標尺分度值 e 為2 g，故其最小稱量 $20e$ 為40 g，故選用標稱值40 g之E2級法碼為執行測試標準件。電子性能干擾測試合格條件

為不管有/無干擾情況下，其衡器指示值變化應不大於 e ，為後續章節各項測試的合格判定準則。

1.2 R76-1 B.3.1 交流電源電壓降低和短時中斷(AC mains voltage dips and short interruptions)

此測試項目主要針對電氣和電子設備會受到供電之電源電壓暫降、短時中斷或電壓變化的影響而產生訊號不穩定情形的觀測。此章節主要變更了測試嚴酷程度內容，如表4-1-2。

表4-1-2、B.3.1測試嚴酷程度

測試	幅值減少至	測試周期數
電壓降低測試：a	0 %	0.5
電壓降低測試：b	0 %	1
電壓降低測試：c	40 %	10
電壓降低測試：d	70 %	25
電壓降低測試：e	80 %	250
短時中斷	0 %	250

測試時在實驗室配置、波形樣式與波型產生器是參照標準IEC 61000-4-11第5章、第6章與附錄C定義去設置，調整測試產生器的電壓為電壓降低時間內規定的電壓幅值。IEC標準要求之測試等級如表4-1-3與表4-1-4所示，OIML R76-1規範中要求之測試等級為等級3。

表4-1-3、電壓暫降測試項目之測試等級

測試等級	電壓暫降之百分比(在測試電壓頻率 50 Hz /60 Hz 之週期數 t_s)				
1	根據設備需求而設定				
2	0 % (0.5)	0 % (1)	70 % (25/30)		
3	0 % (0.5)	0 % (1)	40 % (10/12)	70 % (25/30)	80 % (250/300)
X	特殊	特殊	特殊	特殊	特殊
X：測試等級之測試條件依產品要求而定。 產品的電源只要是使用於公共供電系統時，要求的測試等級，不得低於等級2。					

表 4-1-4、電壓中斷測試項目之測試等級

測試等級	電壓中斷之百分比(在測試電壓頻率 50 Hz /60 Hz 之週期數 t_s)
1	根據設備需求而設定
2	0 % (250/300)
3	0 % (250/300)
X	特殊
X：測試等級之測試條件依產品要求而定。 產品的電源只要是使用於公共供電系統，要求的測試等級，不得低於等級2。	

在進行電壓幅值降低時間應為所使用的交流電源電壓的一個或多個半週期(過零)數，在連接到待測件前應對測試試驗產生器進行相關校驗，電源壓降應重複10次，每次之間間隔至少為10秒。圖4-1-2為實際測試架設圖與圖4-1-3為測試結果。從測試結果得知B.3.1交流電源電壓降低和短時中斷干擾測試對此衡器並無顯著干擾影響。



圖 4-1-2、B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷測試 EUT 配置

市電供電電壓 U_n U_{nom} U_{min} U_{max}

測試時之電源電壓 U_{test} = U_{nom} 或 U_{min} 及 U_{max} 的平均值

載荷	干擾				結果		
	U_n 的振幅%(*)	持續周期	干擾次數	重覆時間間隔(s)	示值 I	顯著干擾誤差(>e) 否 是(註明)	
40g	無干擾				40g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	0.5	10	10	40g	×	<input type="checkbox"/>
	0	1	10	10	40g	×	<input type="checkbox"/>
	40	10	10	10	40g	×	<input type="checkbox"/>
	70	25	10	10	40g	×	<input type="checkbox"/>
	80	250	10	10	40g	×	<input type="checkbox"/>
	0	250	10	10	40g	×	<input type="checkbox"/>

通過 未通過

備註：*若標示電壓為一某範圍,則用參考值 U_n 的平均值

×表示測試。

圖 4-1-3、B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷測試結果

1.3 R76-1 B.3.2 叢訊(bursts)

此章節內容增加執行測試時應注意的事項，提到「對測試線路應分別施加正脈衝和負脈衝，每個幅值和極性下施加脈衝的持續時間應不小於1分鐘。電源線注入網路應包含阻塞濾波器，防止脈衝串能量被電網消耗。應使用標準中規定的電容耦合夾將脈衝耦合到輸入/輸出線路和通訊線路。」。

此章節是規範針對具有I/O訊號、電源線與控制線之衡器對諸如來自切換瞬態過程(切斷感性負載、繼電器處點彈跳等)的各類瞬變干擾的抗擾度測試，其相關內容參考IEC 61000-4-4:2012規範。IEC規範訂定此項測試等級如表4-1-5所示，在OIML76-1規範中要求之測試等級為等級2。

表 4-1-5、叢訊測試項目之測試等級

開路輸出試驗電壓和脈衝的重複頻率				
等級	在供電源端口，保護接地(PE)		在I/O信號和控制端口	
	電壓峰值(kV)	重複頻率(kHz)	電壓峰值(kV)	重複頻率(kHz)
1	0.5	5 或 100	0.25	5 或 100
2	1	5 或 100	0.5	5 或 100
3	2	5 或 100	1	5 或 100
4	4	5 或 100	2	5 或 100
X	特定	特定	特定	特定

通常以5 kHz的重複頻率進行測試，但100 kHz的重複頻率較接近於實際情況。

圖4-1-4為實際測試架設圖與圖4-1-5為測試結果。由於待測衡器並未有I/O相關輸出，故只針對電源線進行相關測試，實際測試使用重複頻率為5 kHz，待測衡器提供之電源線僅為兩接頭型式未有保護地線，故作L對地、N對地與(L+N)對地。從測試結果得知B.3.2叢訊干擾測試對此衡器並無顯著干擾影響。



圖 4-1-4、B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷測試結果

市電供電電壓 U_n U_{nom} U_{min} U_{max}

測試時之電源電壓 U_{test} = U_{nom} 或 U_{min} 及 U_{max} 的平均值

電源線：測試電壓 1 kV，每一極性的測試持續時間至少 1 分鐘。

載荷	接法			極性	示值 I	結果	
	L ↓ ground	N ↓ ground	L+N ↓ ground			顯著干擾誤差(>e)	否
40g	無干擾				40g		
	×	-	-	正	40g	×	
				負	40g	×	
	無干擾				40g		
	-	×	-	正	40g	×	
				負	40g	×	
	無干擾				40g		
	-	-	×	正	40g	×	
				負	40g	×	

L=火線，N=中性線，PE=保護地線，ground=大地

通過 未通過

圖 4-1-5、B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷測試結果

1.4 R76-1 B.3.3 突波(surge)

一般在電子設備正常工作時，會擁有穩定電流與電壓，突然被提供不可預期的高電壓或高電流訊號，使設備中的元件產生高熱而毀壞；此高電壓或高電流是正常能量幅值高上好幾倍，甚至是數百倍，因此可稱為電性過壓，亦可稱為突波。此現象產生情況有

很多種，例如：電源(AC/DC)干擾或電壓過壓、電路開關切換引起的暫態干擾、自然界的閃電、其它設備的脈衝信號干擾等；其信號特性有3種：大多因電源或測試設備的脈衝雜訊所引起、訊號維持時間大多在微秒(μs)等級、此類訊號也大多有週期性和重複性。所以干擾現象，勢必會大大降低電子設備之可靠度。

因此在R76-1:2006規範中新增突波測試章節，突波的相關參數如：上升時間、脈衝寬度、在高/低負載阻抗下的輸出峰值電壓/電流、相鄰兩個脈衝之間的最短時間間隔和測試設備之配置，皆應符合IEC 61000-4-5：2014標準第6章節提及之要求。測試規範訂定之測試等級，如表4-1-6所示。在OIML R76-1：2006規範中要求之測試等級，需做到等級2之試驗。

表 4-1-6、突波測試項目之測試等級

測試等級	開路測試電壓	
	線對線	線對地
1	...	0.5
2	0.5	1
3	1	2
4	2	4
X	特殊	特殊

X：可為任何測試等級。

圖4-1-6為實際測試架設圖與圖4-1-7為測試結果。由於待測衡器並未有I/O相關輸出，故只針對電源線進行相關測試。從測試結果得知B.3.3突波干擾測試對此衡器並無明顯干擾影響。



圖 4-1-6、突波測試項目之架設配置圖

1.5 R76-1 B.3.4 靜電放電(electrostatic discharge)

靜電放電測試為電氣和電子設備遭受“直接來自操作者”和“對鄰近物體”的靜電放電時的抗擾度之性能測試。OIML R76-1於此章節內容中增加執行測試時應注意的事項，提到「對於不安裝接地端子的EUT，應在每次靜電放電測試之間充分放電。接觸放電適用於導電的表面，而空氣放電則適用於非導電的表面。直接施加：對接觸放電模式，電

極應與EUT接觸。對空氣放電模式，電極應逐步逼近EUT直至產生火花放電。間接施加：僅使用接觸放電模式，對安放在EUT附近的耦合板進行接觸放電。」。在IEC 61000-4-2:2008標準中描述了靜電放電方式，包括可能發生於從人體到靠近關鍵設備之間的型式，亦規定了不同環境和安裝條件下之測試等級的範圍和試驗程序。

此測試項目為針對衡器設備外殼金屬部分、控制面板、按鈕進行靜電放電測試，測試衡器對靜電放電的抗擾度。其靜電放電測試共兩種方式：(1)直接靜電放電；(2)間接靜電放電。當開始進行測試，至少需進行10次的放電測試，每次完成放電的時間間隔至少10秒。IEC規範訂定的此項測試等級如表4-1-7所示，在OIML R76-1規範中要求之測試等級為等級3。

載荷	接法					極性	示值 I	結果		
	3 正極性及 3 負極性,與交流電源同步							顯著干擾誤差(>e)		
	振幅/ 適用	0°	90°	180°	270°			否	是(註明)	
40g	0.5 kV L ↓ N	無干擾						40g		
		×					正	40g	×	
							負	40g	×	
			×				正	40g	×	
							負	40g	×	
					×		正	40g	×	
							負	40g	×	
						×	正	40g	×	
							負	40g	×	

L=火線，N=中性線，PE=保護地線

通過 未通過

備註：受測電子秤測試點的規格,例如用照片或簡圖

×表示測試。

EUT 電源線為 2 Pin 故 L→PE/N→PE 無須測試。

註：若 EUT 未通過，紀錄該測試點。

圖 4-1-7、B.3.3 突波(surge)測試結果

表 4-1-7、靜電放電測試項目之測試等級

直接放電		空氣放電	
等級	測試電壓 kV	等級	測試電壓 kV
1	2	1	2
2	4	2	4

3	6	3	8
4	8	4	15
X	特殊	X	特殊
X：能為任何測試等級。			

圖4-1-8及圖4-1-9為實際測試架設圖，圖4-1-10及圖4-1-11為測試結果。從圖4-1-10測試結果發現測試電壓在8kV時，衡器示值有變化，由40g增加為42g，法碼示值差不大於 e ，測試衡器樣本之 $e = 2\text{g}$ ，故判斷B.3.4靜電放電干擾測試對此衡器並無顯著干擾影響。

● 試驗點



圖 4-1-8、靜電試驗(直接放電：接觸放電/空氣放電)與 EUT 配置圖



圖 4-1-9、靜電試驗(間接放電)與 EUT 配置圖

接觸放電

塗料穿透

空氣放電

極性(*): 正 負

載荷	放電			結果		
	測試電壓 (kV)	放電次數 ≥ 10	重覆時間間隔 ≥ 10 (s)	示值 I	顯著干擾誤差(>e) 否 是(註明, 測試點)	
40g	無干擾			40g		
	2	10	10	40g	×	
	4	10	10	40g	×	
	6	10	10	40g	×	
	8 (空氣放電)	10	10	42g	×	
	無干擾			40g		
	2	10	10	40g	×	
	4	10	10	40g	×	
	6	10	10	40g	×	
	8 空氣放電	10	10	42g	×	

通過

未通過

備註: 是否發生明顯故障

×表示測試。

註: 若 EUT 未通過, 紀錄該測試點。

圖 4-1-10、B.3.4 靜電(直接放電)測試結果

極性(*): 正 負

b) 間接放電

水平耦合面

載荷	放電			結果		
	測試電壓 (kV)	放電次數 ≥ 10	重覆時間間隔 ≥ 10 (s)	示值 I	顯著干擾誤差(>e) 否 是(註明, 測試點)	
40g	無干擾			40g		
	2	10	10	40g	×	
	4	10	10	40g	×	
	6	10	10	40g	×	
	無干擾			40g		
	2	10	10	40g	×	
	4	10	10	40g	×	
	6	10	10	40g	×	

垂直耦合面

載荷	放電			結果		
	測試電壓 (kV)	放電次數 ≥ 10	重覆時間間隔 ≥ 10 (s)	示值 I	顯著干擾誤差 (>e) 否 是(註明, 測試點)	
40g	無干擾			40g		
	2	10	10	40g	×	
	4	10	10	40g	×	
	6	10	10	40g	×	
	無干擾			40g		
	2	10	10	40g	×	
	4	10	10	40g	×	
	6	10	10	40g	×	

通過 未通過

備註：總共測試放電點之標示如下頁
×表示測試。

圖 4-1-11、B.3.4 靜電(間接放電)測試結果

1.6 R76-1 B.3.5 電磁耐受性(immunity to radiated electromagnetic fields)

電磁輻射以某種方式影響大多數的電子設備，近年來，無線裝置的使用顯著增加，其使用頻率為80 MHz ~ 6 GHz，因此在OIML R76-1:2006規範中變更測試頻率範圍由(26 ~ 1000) MHz改為(80 ~ 2000) MHz，並增加說明內容為「註：如果衡器不使用交流電源和沒有可使用的I/O介面，則無法進行B.3.6的測試。輻射測試頻率範圍下限應為26 MHz」，及場強度也由3 V/m改為10 V/m。

執行此項測試是將待測衡器整機放置特定的環境電磁場中，進行電磁場干擾測試。在此環境電磁場之相關配置須依照IEC 61000-4-3標準第7章敘述之測試配置方式進行相關檢測，測試區需有一個可放置待測件、不會受電磁場訊號干擾、且可產生特定環境電磁場的半電波暗室，與不受電磁場訊號干擾和可放置測試設備之電波隔離室。在此半電波暗室，必需做一定距離的電磁場分布情況的均勻度測試，以確保在進行干擾測試時，待測件可以均勻地遭受特定環境電磁干擾。IEC規範訂定的測試等級如表4-1-8所示，於OIML R76-1規範中要求之測試等級為等級3。

表 4-1-8、電磁輻射干擾測試項目之測試等級

等級	測試電磁場強度
1	1
2	3
3	10

4	30
X	特殊
X：為任何測試等級。	

圖4-1-12為實際測試架設圖與圖4-1-13為測試結果。從測試結果得知B.3.5電磁耐受性干擾測試結果為未通過，原因應為新版OIML R76-1:2006規範將測試等級提高至測試等級3，比舊版標準訂定的強度高，在圖4-1-13測試結果發現衡器被干擾使示值I變動顯著，故在此電磁耐受測試項，廠商須在衡器設計前將線路配置上作改良，以因應新版規範的測試要求。



圖 4-1-12、電磁耐受性測試項目之架設配置圖

掃描速率：

載荷	干擾				結果		
	天線	頻率範圍 (MHz)	極化方向	EUT 面向	示值 I	有顯著干擾誤差(>e) 否 是(註明, 測試點)	
	無干擾				40g		
40g	Log-Periodic Antenna	80~2000	垂直	正面	30g		×
				右邊	32g		×
				左邊	36g		×
				背面	34g		×
			水平	正面	36g		×
				右邊	38g	×	
				左邊	34g		×
				背面	40g	×	

頻率範圍：26-2000 MHz or 80-2000 MHz

場強度：10 V/m

調變：80 % AM, 1 kHz 正弦波

通過 未通過

備註：×表示測試。

註：若 EUT 未通過，紀錄該測試點。

EUT 在干擾頻率為 900MHz~1G/1.64~1.7G 時，荷重指示有 >e 的變化

圖 4-1-13、B.3.6 電磁耐受性測試結果

1.7 R76-1 B.3.6 射頻傳導耐受性(immunity to conducted radio-frequency fields)

此章節為新增章節，為OIML R76-1:2006新增之測試項目，此測試項目主要針對具有電源線、通訊線接口電纜之衡器測試其對射頻傳導的抗擾度。於IEC 61000-4-6:2013標準中規範了電氣和電子設備在150 kHz ~ 80 MHz頻率範圍內，射頻發射機之電磁干擾的傳導抗擾度的要求，其設備至少通過一條連接電纜(如電源線、信號線、地線等)與射頻場相耦合。此傳導式環境電磁場干擾測試相關配置須依照IEC 61000-4-6標準第6章敘述之配置進行相關檢測。

在OIML R76-1規範要求之測試等級，如表4-1-9中等級3，測試產生的訊號為1 kHz正弦波訊號對150 kHz至80 MHz載波訊號進行80 %振幅調變訊號，以模擬實際狀況。

表 4-1-9、射頻傳導測試項目之測試等級

頻率範圍：150 kHz 至 80 MHz		
測試等級	電壓等級 (e.m.f)	
	U ₀ (V)	dB (uV)
1	1	120
2	3	129.5
3	10	140
X	特殊	特殊

X：可為任意等級

圖4-1-14為實際測試架設圖與圖4-1-15為測試結果。從測試結果得知B.3.6射頻傳導耐受性測試對此衡器並無顯著干擾影響。



圖 4-1-14、射頻場感應傳導擾動與 EUT 配置圖

掃描速率：

載荷：

Cable/Interface	頻率範圍 (MHz)	結果		
		示值 I	顯著干擾誤差(>e) 否 是(註明, 測試點)	
AC 主電源	無干擾	40g		
	150kHz~80MHz	40g	x	

頻率範圍：0.15-80 MHz or 80-2000 MHz

場強度：10 V/m

調變：80 % AM, 1 kHz 正弦波

通過 未通過

備註：x 表示測試。

註：若 EUT 未通過，紀錄該測試點。

圖 4-1-15、B.3.6 射頻傳導耐受性測試結果

1.8 R76-1 B.3.7 利用車載系統供電之衡器的電磁相容測試(special EMC requirements for instruments powered from a road vehicle power supply)

此項測試為新增的測試項目，主要針對車輛供電電源之衡器執行相關電子性能測試，由於國內目前申請的衡器型式認證皆非車輛供電之衡器，且本次實驗測試樣本衡器並非車輛供電之電源衡器，故無需進行此項測試。而對於此相關測試的規範要求係參考ISO 7637-1 ~ 3標準，相關內容概述如下。

(1) 外接 12 V 或 24 V 電池之電源線暫態傳導(electrical transient conduction along the supply line of external 12 V and 24 V batteries)

在此項測試，主要針對使用電壓為 12 V 與 24 V 的電源線之衡器，進行沿電源線施加瞬態抗傳導干擾測試，其參考之國際標準為 ISO 7637-2，測試等級如表 4-1-10 與表 4-1-11 所示。

表 4-1-10、針對 12 V 系統之建議測試等級

脈衝項目	測試等級, U_s			最小脈衝數 或測試時間	脈衝重複時間	
	IV	III	I / II		最小值	最大值
1	-150	-112	+75	500 脈衝數	0.5 s	≥ 0.5 s
2a	+112	+55	+37	500 脈衝數	0.2 s	5 s
2b	+10	+10	+10	10 脈衝數	0.5 s	5 s
3a	-220	-165	-112	1 h	90 ms	100 ms
3b	+150	+112	+75	1 h	90 ms	100 ms

測試脈衝項目與要求測試等級 U_s ：如5.6章節敘述
 測試等級 I / II 其脈衝項目應再行修正，因在後續的道路車用設計中，無法確認有足夠的抗擾度。

表 4-1-11、針對 24 V 系統之建議測試等級

脈衝項目	測試等級, U_s			最小脈衝數 或測試時間	脈衝重複時間	
	IV	III	I/II		最小值	最大值
	1	-600	-450	+300	500 脈衝數	0.5 s
2a	+112	+55	+37	500 脈衝數	0.2 s	5 s
2b	+20	+20	+20	10 脈衝數	0.5 s	5 s
3a	-300	-220	-150	1 h	90 ms	100 ms
3b	+300	+220	+150	1 h	90 ms	100 ms
測試脈衝項目與要求測試等級 U_s ：如 5.6 章節敘述 測試等級 I/II：在道路車輛中不能確保其抗擾程度之測試						

在 OIML R76-1 規範中要求之測試等級為等級 4，本部分適用於各種動力系統的道路車輛，例如火花點火發動機或柴油發動機或電動機。

(2) 電源線以外線路之電容耦合與電感耦合的暫態傳導(electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines)

此項測試主要規範針對使用電壓為 12 伏特與 24 伏特的衡器，進行沿非電源線路施加瞬態抗傳導干擾測試，即用於車輛系統上，針對電源線以外之其他線路的電容與電感性耦合暫態傳導干擾，主要評估待測儀器對耦合到非電源線路的瞬態輻射的抗干擾性能。在 ISO 7637-3:2007 標準提供三種試驗方式：容性耦合鉗方法(CCC)、直接電容器耦合鉗方法(DCC)、感性耦合鉗方法(ICC)，干擾脈衝群分為快速脈衝群與慢速脈衝群測試，在 OIML R76-1:2006 規範中選用快速脈衝群做測試。測試等級規範如表 4-1-12 與表 4-1-13 所示。在 OIML76-1 規範中要求之測試等級為等級 4。

表 4-1-12、12 V 系統測試等級

測試脈衝	測試等級 U_s 伏特				測試時間 (分鐘)
	I	II	III	IV	
快速(DCC和CCC)	-10	-20	-40	-60	10
快速(DCC和CCC)	+10	+20	+30	+40	10

表 4-1-13、24 V 系統測試等級

測試脈衝	測試等級 U_s 伏特				測試時間 (分鐘)
	I	II	III	IV	
快速(DCC和CCC)	-14	-28	-56	-80	10
快速(DCC和CCC)	+14	+28	+56	+80	10

本研究依據 OIML R76-1:2006 規範並參考 IEC 及 ISO 相關標準規範執行衡器電子性能測試，測試由我國法定計量非自動衡器型式認證指定實驗室台灣電子檢驗中心 (ETC) 執行。ETC 有豐富的 IEC 電子性能測試經驗，對於 OIML R76-1:2006 之衡器型式認證電子性能測試部分的要求，處理整機衡器的測試部分現行 ETC 的設備皆能滿足需求，但針對衡器模組之電子性能的測試本次並未執行，主要是因 ETC 缺乏荷重模擬器設備，此設備價格昂貴，若未來認證加入採用模組認證測試則需再添購此設備，而相關準確度亦需再評估。

由於 OIML R76-1:2006 規範測試的要求較 1992 年版嚴格，故原先通過認證的機台，於新法規下測試可能會不通過，如本次測試中 OIML R76-1 附錄 B.3.5 電磁耐受性測試結果即不通過，表示衡器的設計要再加強電磁耐受性的要求。

對於未來法規 CNPA 76 的改版，在電子性能測試新增的部分，建議以衡器整機的測試為先行改版。依據此次研究結果，國內非自動衡器型式認證電子性能測試，針對整機衡器將可依據 OIML R76-1:2006 規範要求執行 B.3.1 交流電源電壓瞬降和短時中斷、B.3.2 叢訊、B.3.3 突波、B.3.4 靜電放電、B.3.5 電磁耐受性及 B.3.6 射頻傳導耐受性之測試與 B.3.7 利用車載系統供電之衡器的電磁相容測試。

2. 「電子式非自動衡器型式認證技術規範」修正草案研究

針對非自動衡器型式認證是否增加執行模組及家族之測試/認證的議題，以及執行上的困難之處的探討，本計畫進行國內主要衡器製造商訪談，瞭解國內衡器商對新版非自動衡器型式認證的意見，以及拜訪中國大陸及日本執行法定計量非自動衡器型式認證的相關單位，瞭解國外執行法定計量非自動衡器型式認證的管理方法及執行狀況。重點說明如下：

2.1 訪談國內衡器製造商

CNPA 76 「電子式非自動衡器型式認證技術規範」修訂係參考 OIML R76-1:2006，為瞭解國內衡器廠商對型式認證的看法與對規範改版的期望，及確認現階段認證項目與實際執行狀況的意見，完成訪談 7 家國內主要衡器型式認證申請廠商：英展實業股份有限公司、廣企科技有限公司、永泰度量衡有限公司、怡先國際股份有限公司、鈺恆股份有限公司、台衡國際有限公司、梅特勒台灣分公司。

大部分衡器廠期望有更完善的法規，只有一至二家衡器商覺得維持現行法規即可。而對於模組認證則有諸多意見，訪談瞭解國內衡器之模組大致可分為荷重元(load cell)模組及指示器模組，其中荷重元模組大多為進口，因此廠商多不願為非自行生產的產品做型式認證，而且模組的測試項目幾乎與整機相同，試測費用並不會因此減少，除非模組可以大量生產單獨販售才有利基，因此衡器商不傾向改版採取加入模組認證，結論大致導向未來無論加入模組或家族認證，應有其它配套措施。其訪談主要意見如下：

表 4-1-14、衡器相關廠商訪談彙整

議題	廠商意見
針對衡器荷重元採取模組認證意見	<ul style="list-style-type: none"> • 目前荷重元多為中國大陸進口，僅永○有製造荷重元，但沒有在國內銷售，故國內大部分衡器廠商沒有生產及銷售荷重元，因此未來不會送荷重元做模組認證測試。 • 目前衡器的荷重元型式變化少，需要認證的數量不多。 • 衡器廠商購置荷重元有 OIML R60 認證報告，建議國內認可國外 R60 報告，應可不需再測試。
未來型式認證採模組認證意見	<ul style="list-style-type: none"> • 衡器若採取模組測試費用可能更高，除非可以單獨販售或搭配家族認證才可能降低成本，必須有相對應的配套措施。 • 國內衡器很少變換模組，大部分是外觀或電池改變，廠商認為模組認證不可行。 • 認為國內執行模組認證有困難，沒有國外的專業判斷能力，成本較高。
針對現行的型式認證意見	<ul style="list-style-type: none"> • 國內系列認證非 OIML R76-1 所提及之家族認證，希望是跨機種的系列認證。 • 型式認證費用太高，臺灣市場小，要維持實驗室成本，不敷成本。 • 型式認證測試時間太久，認證進度過程不清楚。 • 測試方式希望標檢局或 ETC 提供更詳細的資訊。 • 型式認證執行單位應具備衡器相關專業知識及判斷能力。 • 國外承認荷重元 R60 認證報告，希望國內也承認，以利市場發展。 • 目前市場上充斥的無型式認證的中國秤，如何對應?例如：小於三公斤的計重衡器。

2.2 國外相關單位型式認證執行現況研究

為協助標檢局瞭解國外執行法定計量非自動衡器型式認證的管理方法及執行狀況，以利修改國內相關法規，參訪與我國國內衡器產業特性相近的中國計量研究院(National Institute of Metrology, NIM)及日本國家計量研究院(National Metrology Institute of Japan, NMIJ)之法定計量相關實驗室，參觀型式認證各項測試系統設備，並安排時間進行相關議題的討論，內容概述如下：

(1) 非自動衡器型式認證實驗室

NIM 及 NMIJ 皆為可出具 OIML R76 型式認證證書的測試機構，NIM 與 NMIJ 之 OIML R76 型式認證認可範圍最大的差別在於，NIM 在 I 至 III 等級衡器最大測試能量為 3000 kg，比 NMIJ 大 10 倍。

相關測試系統的參觀主要可分荷重測試及電子性能測試部分。於荷重測試部分，NIM 3000 kg 靜法碼測試機可執行最大 3000 kg 衡器的整機及模組型式評估測試，該機構特點是靜法碼組可以依不同測試能量範圍做更換，且更換全程可不需人力介入，完全由機械控制自動更換；而 NMIJ 的 1000 kg 靜法碼測試機，更換靜法碼組過程仍需人工介入吊掛相關機構。關於衡器的傾斜測試，NMIJ 自行研發一測試機台，可依 OIML R76 要求準確地執行不同角度的傾斜測試。耐久性測試設定施壓衡器 1/2 最大荷重，連續壓 10 萬次，測試時間約為一星期，NIM 設計一台可同時測試 4 台衡器的機台，測試過程為自動化執行。

非自動衡器型式認證之電子性能測試部分，NIM 及 NMIJ 皆能執行 OIML R76 中要求的測試，具有相關的測試的系統，如靜電放電測試、交流電源電壓瞬降和短時中斷、叢訊、突波、射頻傳導耐受性及電磁耐受性等。

(2) 非自動衡器型式認證議題討論

NIM 及 NMIJ 於法定計量非自動衡器(Non-Automatic Weighing Instruments, NAWI)型式認證各項議題討論內容比較概述如下：

- 衡器型式認證未納入範圍為：NIM 家庭用人體秤、健康秤；NMIJ 家庭用廚房秤、家用計重秤、嬰兒秤、桿秤托盤秤。
- NIM 及 NMIJ 皆有簽署型式認證相互承認協議(Mutual Acceptance Arrangement, MAA)相可互認 OIML R76 的報告，衡器申請型式認證有國外的 OIML R76 證書時，會進行文件審查後更換國內使用的型式認證證書，除非特殊設計要求的衡器會加測相關測試。
- 非自動衡器型式認證證書的效期，NMIJ 為 10 年，NIM 為沒有特定期限，但每三年會再一次審查衡器是否有變更相關型式內容。
- NIM 及 NMIJ 於非自動衡器(NAWI)更換零組件申請認證測試時，若是不影響衡器性能者僅做文件審查，證書沿用。若有相關疑慮皆會組成會議小組召開技術討論會，

決定是否該測試及加測測試哪些項目，其零件的更換及測試項目細項對應無法規可參照，依據技術討論會相關技術專家判定執行。

- NIM 的模組測試基本上依據 OIML R76-1 章節 T.2.2 分類，而 NMIJ 提供測試的模組主要是指示器模組及 Load Cell 模組，其模組組合型式依據 OIML R76-1 章節 T.2.2 分類，但不包括 T.2.2.6 顯示器及 T.2.2.7 衡量裝置模組。NMIJ 對於 300 kg 以上的衡器不做整機測試，僅提供模組測試。NIM 及 NMIJ 皆無執行 POS 系統模組測試。
- NIM 及 NMIJ 於模組認證及家族認證測試皆是依據 OIML R76-1 相關章節執行，若有任何爭議部分皆組成專家技術討論會討論，測試執行以技術討論會決議。

在法定計量非自動衡器型式認證，NIM 及 NMIJ 皆大致依循 OIML R76 國際規範建置相關量測設備，NIM 盡量投入經費擴展量測範圍及能量，而 NMIJ 則依據國內需求建置必須設備，因此 NMIJ 之衡器模組測試未包含 OIML R76-1 之章節 T.2.2.6 顯示器及 T.2.2.7 衡量裝置模組，而我國未來若採取衡器模組測試可參考日本 NMIJ 做法，主要分為指示器及荷重元模組二類，針對國內衡器產業狀況做必要的測試。

NIM 及 NMIJ 於模組認證及家族認證測試皆是依據 OIML R76-1 相關章節執行，由於廠商變更衡器的組件及設計多元難測，所以並未有測試細項的法規可參循，若有任何爭議部分則會組成專家技術討論會討論，以技術討論會的決議結果做為測試執行方向。我國衡器型式認證測試由 ETC 執行，遇有爭議時會由標檢局組成型式認證委員會決定相關測試項目，惟過程是先由 ETC 內部測試人員先行判定測試，而 NIM 及 NMIJ 是由國家標準實驗室相關專責技術專家直接處理，因此我國相關廠商對測試的判定執行有異議，但相關細則法規訂定有其困難性，有鑑於此，建議我國型式認證執行單位 ETC 可派員與國際上相關型式認證執行單位做交流與學習相關技術，並且定期參與 OIML 舉辦的 OIML R76 的教學課程，以建立 ETC 的專業形象，以利未來執行衡器測試的判定與測試。

目前完成「非自動衡器型式認證技術規範 CNPA 76 (2012)」與「OIML R76-1 (2006)」之比較差異分析表，並撰寫「電子式非自動衡器型式認證技術規範」修正草案建議書。

3. 專家座談會辦理

邀請衡器型式認證申請主要廠商參與，完成辦理專家座談會 1 場次，討論模組及家族認證的可能性，參與之衡器廠商為台中市度量衡商業同業公會理事長、廣 ○ 科技有限公司、英 ○ 實業股份有限公司、鈺 ○ 股份有限公司、頂 ○ 科技股份有限公司、上 ○ 衡器股份有限公司、台 ○ 國際有限公司及 ETC 共 8 家廠商、廠商代表共 12 人參與，如圖 4-1-16 所示。會議中介紹了衡器家族及模組的定義，如圖 4-1-17 所示。以及說明模組認證測試之優缺點，如圖 4-1-18 所示。



圖 4-1-16、非自動衡器型式認證法規改版專家座談會

OIML R76:2006 - 模組(Module)

非自動衡器模組的組合

模組名稱	OIML R76 對應章節	模組組合形式
類比式荷重元	(T.2.2.1)	2
數位式荷重元	(T.2.2.1)	2 + 3 + (4)*
指示器	(T.2.2.2)	(3) + 4 + (5) + (6) + 7
類比資料處理裝置	(T.2.2.3)	3 + 4 + (5) + (6)
數位資料處理裝置	(T.2.2.4)	(4) + 5 + (6)
終端機	(T.2.2.5)	(5) + 6 + 7
重量模組	(T.2.2.6)	7
稱量模組	(T.2.2.7)	1 + 2 + 3 + 4 + (5) + (6)

* 括弧中的數字表示的是可選擇性的

OIML R76:2006 - 家族(Family)

- 可識別且屬於相同製造型式的衡器或模組，
- 在量測方面具有相同設計特點與計量原理(例如相同型式的指示器，相同設計型式的荷重元和載荷傳遞裝置)，
- 可以具有某些不同的計量和技術性能特性(例如：最大秤量(Max)、最小秤量(Min)、實際標尺分度值(d)、檢定標尺分度值(e)、準確度等級等)。
- 家族的概念主要目的在減少型式評估的測試要求。
- 在一份證書裏，可列出一個以上家族的可能性。

圖 4-1-17、家族及模組的定義簡報

工業技術研究院
Industrial Technology Research Institute

國家度量衡標準實驗室
NATIONAL MEASUREMENT LABORATORY R.O.C.

模組測試

優點	缺點與困難
<ul style="list-style-type: none"> ● 有對整體衡器測試有困難或不可能者，例如大秤量衡器。 ● 模組作為獨立單元製造和/或銷售，用於組成整機衡器。 ● 申請者希望將多個模組包含在認證型式中，如家族認證。 ● 若模組單獨測試具有與整機衡器相同或相對應的測試，則組合成整機不需再重複測試。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 需增加設置相關設備，測試系統昂貴。 ● 模組組合適切性涉及專業判斷，執行不易。 ● 若非申請家族認證，單一型式衡器個別模組測試，測試成本較高。 ● 國內無單獨銷售荷重元，可能無單獨做衡器荷重元模組的需求。 ● 若模組無法執行完整測試，則整機仍需加測相關試。

Copyright 2016 財研 工業技術研究院

圖 4-1-18、模組認證測試之優缺點簡報

會議中提出衡器型式認證建議的執行方案，型式認證建議可分三類：1)單一型式整機型式認證；2)系列認證；3)家族認證，其中家族認證為新增的型式認證測試路徑，包含模組測試及整機測試，而模組分類建議分為二類，即荷重元模組與指示器模組，衡器商可根據

需求選擇適合的方案申請認證。但其中衡器模組測試部分，對於荷重元模組的測試需求目前國內廠商可能沒有意願，也有廠商表示能與國際接軌也是很好的執行方向，不過相關配套措施必須完備，如測試方法、報告整合、技術判定、行政作業等，都是未來仍需協調討論的部分。因此，會議結論考量國內衡器商的需求及現有的測試設備，實際執行傾向以非自動衡器整機的家系認證為優先施行的方案。

4.技術深耕分享座談會

本年度執行 2 次技術深耕分享座談會，分享非自動衡器型式認證之荷重元模組測試技術及有關衡器 OIML R76-1:2006 電子性能測試的介紹，如圖 4-1-19 至圖 4-1-20。

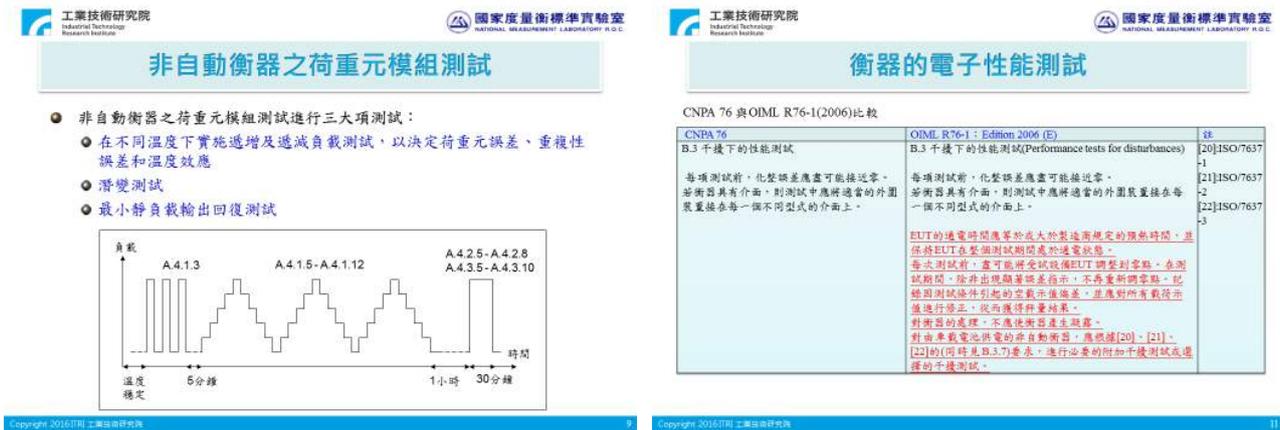


圖 4-1-19、技術深耕分享座談會簡報



圖 4-1-20、技術深耕分享座談會

(二)、超音波及轉子式氣量計檢測技術研究

我國現行膜式氣量計檢定檢查技術規範 CNMV 31(第三版, 2010 年公告)係依據度量衡法第 14 條及第 16 條制定, 主要參考國家標準 CNS 14741(2003 年版)、國際規範 OIML R6(1989 年版)以及 OIML R31(1995 年版), 用以規範天然氣計量用氣量計, 然其所規範的氣量計型式僅有膜式氣量計單一型式, 並未包含其它型式之氣量計。受限於早期僅能使用膜式氣量計於天然氣計量, 造成消費者無法選用其它類型之氣量計, 氣量計廠商掌握市場價格, 且天然氣供應商及消費者並沒有選擇氣量計類型的權利。依目前各式氣量計技術的進展及價格的變化, 天然氣業者希望能依使用目的需求、口徑、成本與性能等要因引進其它類型氣量計, 作一商品間良性競爭。

如上說明, 本計畫乃為因應 OIML 規範發展趨勢及國內天然氣計量產業之未來需求, 104 年度完成 OIML R137-1&2:2012(E)與目前使用的規範參考 OIML R31 之差異研究, 並評估新規範要求若要實施, 對現有天然氣計量相關業者之影響與政府管理部門必須進行之配套措施研究。並針對超音波氣量計及轉子式氣量計作為計量用法定度量衡器進行初步測試評估。105 年則進行超音波氣量計及轉子式氣量計作為計量用法定度量衡器所需之技術探討及研擬規範草案建議, 作為實施檢定之基礎。

【本年度目標】

1. 進行超音波氣量計檢定檢查技術開發與驗證。
2. 進行轉子式氣量計檢定檢查技術開發與流量計算器驗證。
3. 參考國際規範 EN 14236: 2007(E) : Ultrasonic domestic gas meters(家用超音波氣量計), 研擬超音波氣量計檢定檢查技術規範草案。
4. 研擬轉子式氣量計檢定檢查技術規範草案。

【執行成果】

1. 超音波氣量計檢定檢查技術開發與驗證

針對超音波流量計在不同安裝條件下, 其性能的差異進行研究, 研究結果說明如下。

1.1 OIML 建議測試條件

表 4-2-1、流量擾動測試條件

測試編號	型態	測試條件	註記	轉子式	超音波
a		參考條件	直管段長度約為 80 倍直徑	-	X
			直管段長度約為 10 倍直徑	X	-

測試編號	型態	測試條件	註記	轉子式	超音波
b		單一 90 度彎頭	肘管半徑為 1.5 倍直徑	X	X
c		雙出平面彎頭	右轉肘管半徑為 1.5 倍直徑	X	X
d			左轉肘管半徑為 1.5 倍直徑	X	X
e		擴張管路	擴張管對收縮管角度低於 15 度	-	X
f		收縮管路		-	X
g		管路內徑突起	+/- 3% 直徑	X	X
h		半管面積板	先彎 90 度再安裝半月型板	X	X

1.2 針對 OIML 建議超音波流量計(USM)安裝效應測試需求，分別安裝 0、10、40 及 80 倍直徑(0D、10D、80D、40D)之直管進行測試，管路安裝照片如表 4-2-2，測試值結果如表 4-2-3。

表 4-2-2、直管型態與測試條件

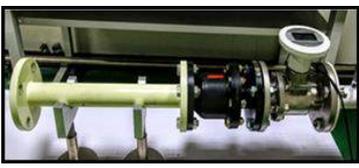
型態	測試條件	型態	測試條件
	80D 直管		10D 直管
	40D 直管		無直管

表 4-2-3、超音波流量計(USM)上游不同直管長度測試值與基準值(80D)差異百分比

流率(m ³ /h)	0D (%)	10D (%)	40D (%)
3	-0.09	-0.15	-0.20
7	0.26	-0.08	-0.12
15	-0.01	0.03	-0.11
30	0.02	-0.09	-0.08
60	0.09	-0.12	-0.13
105	-0.08	-0.20	-0.11
149	0.05	-0.11	-0.09

1.3 超音波流量計(USM)上游無直管，下游不同安裝條件進行測試，無直管長度安裝照片及管路安裝照片如表 4-2-4，測試結果如表 4-2-5。

表 4-2-4、無上游直管型態與測試條件

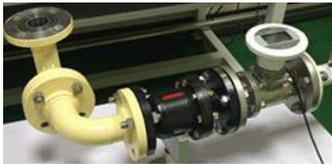
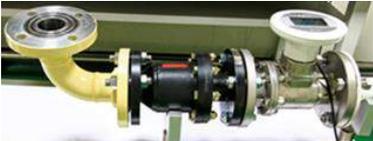
型態	測試條件	型態	測試條件
	無直管		無直管加不同平面90度彎頭
	無直管加90度彎頭		無直管加同平面90度彎頭

表 4-2-5、超音波流量計無上游直管安裝條件，測試值與基準值(80D)差異百分比

流率(m ³ /h)	彎管 x 1 (%)	不同平面 2 彎管(%)	同平面 2 彎管(%)
3	0.61	0.66	0.81
7	0.10	-0.11	0.36
15	-0.04	0.09	0.15
30	0.00	0.04	0.06
60	-0.28	-0.28	-0.11
105	-0.46	-0.40	-0.16
149	-0.42	-0.27	-0.13

1.4 超音波流量計 10D 直管前不同安裝條件如表 4-2-6，測試結果如表 4-2-7。

表 4-2-6、超音波流量計 10D 直管前不同安裝條件

型態	測試條件	型態	測試條件
	10D 直管		10D 直管加90度彎頭
	10D 直管加 3%擴管		10D 直管加不同平面 90度彎頭
	10D 直管加 3%縮管		10D 直管加不同平面 90度彎頭及半月型阻件
	10D 直管加縮 管(3"→2")		10D 直管加同平面 90度彎頭
	10D 直管加擴 管(1 1/4"→2")		10D 直管加同平面 90度彎頭及半月型阻件

表 4-2-7、超音波流量計 10D 直管前不同安裝條件與基準比較差異百分比

流率 (m ³ /h)	1 彎 頭 (%)	1 彎 頭加 半月 (%)	不同 平面 2 彎頭 (%)	不同平 面 2 彎 頭加半 月 (%)	同平 面 2 彎頭 (%)	同平面 2 彎管 加半月 (%)	加小變大 (1 1/4" →2") (%)	加大 變小 (3"→2") (%)	加半 月型 (%)	加大 3%管 (%)	加小 3%管 (%)
3.05	0.29	-0.05	0.21	0.29	0.28	-0.03	0.29	0.16	0.15	-0.03	-0.05
7.47	0.19	0.13	0.00	0.00	0.23	0.09	-0.05	-0.09	0.14	-0.07	-0.06
15.02	0.19	0.09	0.14	0.13	0.14	0.09	0.16	-0.02	0.11	-0.10	-0.07
30.14	0.18	0.17	0.20	0.21	0.17	0.13	0.19	0.10	0.05	0.00	-0.05
60.32	0.16	0.16	0.28	0.33	0.17	0.12	0.20	0.05	-0.02	-0.10	-0.08
105.39	0.15	0.21	0.27	0.31	0.09	0.18	0.21	0.14	-0.01	-0.09	-0.07
150.43	0.13	0.19	0.26	0.26	0.03	0.15	0.22	0.11	0.00	-0.13	-0.11

1.5 超音波流量計(USM)安裝效應結論

- (1) 10D、40D 直管長度與 80D 直管長度比較器差都在 0.20 % 以內，0D 差異為 0.26 % 以內。
- (2) 無直管時，上游有彎管差異最大為 0.81 % 。
- (3) 10D 直管前不管接的管路是兩個彎管或加半月型和小變大，大變小，其結果與只有 10D 直管比較都在 0.3 % 以下。

2.轉子式流量計裝置效應研究

轉子式流量計裝置效應研究，採用兩階段進行，第一階段以上游不同直管長度進行測試，第二階段則固定上游直管長度為 10D，然後在上游變化不同直管長度進行測試。

2.1 轉子式流量計不同直管長度裝置效應研究

針對不同直管長度裝置效應研究，共進行 80D、40D、10D 及 0D 進行測試，在比較裝置效應時，以最長的直管長度 80D 作為基準進行比較，管路安裝如表 4-2-8，測試結果如表 4-2-9。

表 4-2-8、轉子式流量計不同直管長度裝置效應研究之管路類型

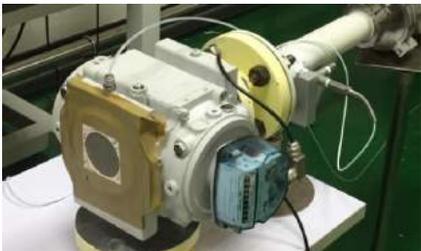
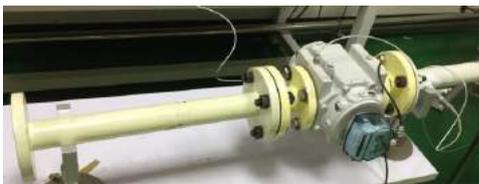
上游 80D 直管	上游無直管
	
上游 40D 直管	上游 10D 直管
	

表 4-2-9、轉子式流量計不同直管長度裝置效應研究結果

流率 (m ³ /h)	0D (%)	10D (%)	40D (%)	80D (%)
2	-1.57	-1.51	-1.49	-1.54
5	-0.97	-0.98	-0.95	-0.68
10	-0.87	-0.89	-0.36	0.48
20	-0.55	-0.37	0.41	-0.48
40	-0.30	-0.39	-0.19	-0.09
70	0.35	0.25	0.49	0.16
99	-0.23	-0.02	-0.32	-0.09

轉子式流量計上游接不同長度直管測試結果說明如下：

- (1) 在 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ (10 % 最大流率) 時 80D 直管與 0D, 10D 直管長度測試結果平均器差差異都大於 1 %，與 40D 直管測試結果差異也超過 0.8 %，顯示不同直管長度對於此具轉子式流量計測試結果有顯著影響。
- (2) 流率大於 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ (40 % 最大流率) 後，轉子式流量計上游接不同直管長度，其測試結果差異並不大。
- (3) 此次不同直管測試結果與現有對於轉子式流量計一般的印象不同，此測試結果是此具流量計才有的特性，還是適用所有類型的轉子式流量計，還需要尋找不同廠牌或型號的轉子式流量計進行測試才能釐清。

2.2 轉子式流量計上游接 10D 直管，前面再接不同安裝條件

管路安裝如表 4-2-10，測試結果表 4-2-11 及表 4-2-12。

表 4-2-10、轉子式流量計上游接 10D 直管，前面再接不同安裝條件之管路類型

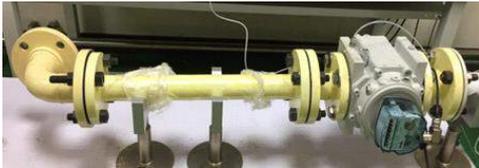
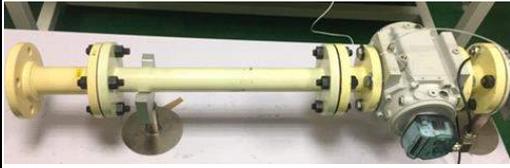
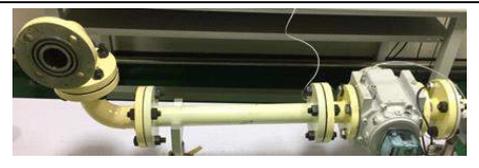
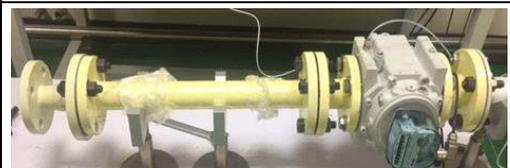
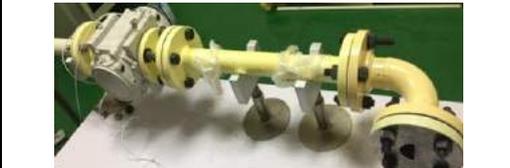
上游 10D+90 度彎管	上游 10D+減少 3 % 面積直管
	
上游 10D+兩不同平面彎管	上游 10D+增加 3 % 面積直管
	
上游 10D+兩不同平面彎管	上游 10D+加擴管(1 1/4"→2")
	
上游 10D+加縮管(3"→2")	10D 直管加同平面 90 度彎頭及半月型阻件
	

表 4-2-11、轉子式流量計先加 10D 直管後加上游不同安裝條件測試結果

測試流率	只有10D (%)	加1彎頭 (%)	同平面2彎頭 (%)	不同平面2彎頭 (%)
2.0	-1.51	-1.37	-1.37	-1.36
5.0	-0.98	-0.92	-0.95	-0.93
10.0	-0.89	-0.77	-0.75	-0.74
20.0	-0.37	-0.13	-0.09	-0.08
40.0	-0.39	-0.13	0.12	0.13
69.8	0.25	0.48	0.26	0.27
98.5	-0.02	-0.27	-0.52	-0.50

測試流率	加 3% (%)	減 3% (%)	1 彎頭加半月型 (%)	加小變大 (1 1/4"->2") (%)	加大變小 (3"->2") (%)
2.0	-1.51	-1.40	-1.36	-1.53	-1.33
5.0	-0.94	-0.94	-0.93	-0.96	-0.93
10.0	-0.78	-0.79	-0.76	-0.83	-0.83
20.0	-0.22	-0.18	-0.13	-0.28	-0.18
40.0	-0.34	-0.30	0.06	-0.42	-0.24
69.8	0.52	0.52	0.42	0.30	0.51
98.5	-0.20	-0.21	-0.28	-0.14	-0.20

表 4-2-12、轉子式流量計先加 10D 直管後加上游不同安裝條件與基準值比較差異百分比

測試流率 (m ³ /h)	加1彎頭 (%)	同平面2彎頭 (%)	不同平面2彎頭 (%)	加 3% (%)
2.0	0.14	0.14	0.15	0
5.0	0.06	0.03	0.05	0.04
10.0	0.12	0.14	0.15	0.11
20.0	0.24	0.28	0.29	0.15
40.0	0.26	0.51	0.52	0.05
69.8	0.23	0.01	0.02	0.27
98.5	-0.25	-0.50	-0.48	-0.18

測試流率 (m ³ /h)	減 3% (%)	1 彎頭加半月型 (%)	加小變大 (1 1/4"->2") (%)	加大變小 (3"->2") (%)
2.0	0.11	0.15	-0.02	0.18
5.0	0.04	0.05	0.02	0.05
10.0	0.1	0.13	0.06	0.06
20.0	0.19	0.24	0.09	0.19
40.0	0.09	0.45	-0.03	0.15
69.8	0.27	0.17	0.05	0.26
98.5	-0.19	-0.26	-0.12	-0.18

轉子式流量計先加 10D 直管後加上游不同安裝條件測試結果說明如下：

- 轉子式流量計上游安裝 10D 直管，其直管前不管接的管路是兩個彎管或加半月型和小變大，大變小，其結果與只有 10D 直管比較都在 0.52 % 以下。
- 此次不同管路配置測試結果與現有對於轉子式流量計一般的印象不同，此測試結果是此具流量計才有的特性，還是適用所有類型的轉子式流量計，還需要尋找不同廠牌或型號的轉子式流量計進行測試才能釐清。

2.3 天然氣計量線上流量計算器軟體驗證

2.3.1 流量計算器介紹

天然氣計量時，如果計量錶為低壓錶，壓力及溫度不需補正，只需依據流量計讀錶累計的體積量計量並計費即可。

但如果是中壓或高壓管線計量，則需要進行溫度及壓力補正，才能得到正確的計量。此壓力或溫度補正分為人工抄錶及自動讀錶兩種。

人工讀錶是讀錶時不僅需要讀取流量計讀值，同時也須讀取壓力及溫度錶讀值，再依據下列公式修正至計費基準狀態的體積量然後再計費。

$$V_b = V_f \times \left(\frac{T_b + 273.15}{T_f + 273.15} \right) \times \frac{P_f}{P_b} \times \frac{Z_b}{Z_f} \quad (4-2-1)$$

V_f ：線上量測體積

V_b ：基準狀態體積

Z_f ：線上狀態的壓縮係數

Z_b ：基準狀態壓縮係數

T_f ：線上量測溫度

T_b ：基準狀態溫度

P_b ：基準狀態壓力

P_f ：線上量測壓力

其中最複雜的就是壓縮係數，此壓縮系統有兩項，分別為此成分下基準狀態的壓縮係數及天然氣工作狀態下的壓縮係數，壓縮係數國內天然氣交易都是依據美國瓦斯協會 (American Gas Association, AGA) 發表的 AGA Report 8 公式進行計算，因為此公式計算非常複雜，所以天然氣交易時一般都是以流量計算器進行運算，流量計算器常見到的名稱如遙讀單元 (Remote Terminal Unit, RTU) 及流量電腦 (Flow Computer)。

2.3.2 流量計算器軟體驗證方法及結果說明

軟體驗證使用不同來源的天然氣，共計有四種成分進行驗證，此四種成分取樣自臺

灣從南到北不同地區取樣的天然氣成分，所以可涵蓋目前臺灣天然氣交易會使用的成份。此四種天然氣其個別的成分莫耳分率分別為：

表 4-2-13、軟體驗證使用天然氣成分表

代號	組成成分	成分中文名稱	天然氣 1 莫耳分率 (%)	天然氣 2 莫耳分率 (%)	天然氣 3 莫耳分率 (%)	天然氣 4 莫耳分率 (%)
C1	Methane	甲烷	91.3261	90.8994	93.1652	91.1692
N ₂	Nitrogen	氮	0.0762	0.0660	1.9000	0.0511
CO ₂	Carbon Dioxide	二氧化碳	0.0000	0.0000	0.5000	0.0000
C2	Ethane	乙烷	5.2924	5.4094	2.7666	5.4220
C3	Propane	丙烷	2.4475	2.6829	1.4261	2.6012
H ₂ O	Water	水	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
H ₂ S	Hydrogen Sulphide	硫化氫	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
H ₂	Hydrogen	氫	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CO	Carbon Monoxide	一氧化碳	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
O ₂	Oxygen	氧	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
iC4	i-Butane	異丁烷	0.4533	0.5051	0.0851	0.4156
nC4	n-Butane	正丁烷	0.4043	0.4372	0.0846	0.3409
iC5	i-Pentane	異戊烷	0.0000	0.0000	0.0384	0.0000
nC5	n-Pentane	正戊烷	0.0000	0.0000	0.0340	0.0000
neoC5	neo-Pentane	新戊烷	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
nC6	n-Hexane	正己烷	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
nC7	n-Heptane	正庚烷	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
nC8	n-Octane	正辛烷	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
nC9	n-Nonane	正壬烷	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
nC10	n-Decane	正癸烷	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
He	Helium	氦	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ar	Argon	氬	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
成分總和(%)			100.000	100.000	100.000	100.000

軟體驗證方法為同時將溫度，壓力及成分資訊輸入至流量計算器及第三方軟體內，由流量計算器及第三方軟體分別進行計算壓縮係數，得到壓縮係數後，代入 2.3.1 節之公式 4-2-1，計算基準狀態體積量。

流量計算器及第三方軟體計算得到的壓縮係數及基準狀態體積量進行比較。並依據下列方程式計算相對器差(%)。

$$E (\%) = (V_{b1} - V_{b2}) / V_{b2} \times 100(\%) \quad (4-2-2)$$

V_{b1} ：流量電腦計算得到基準狀態體積

V_{b2} ：第三方軟體計算得到基準狀態體積

表 4-2-14、天然氣 1 軟體驗證結果

天然氣溫度(°C)	天然氣壓力(kgf/cm ²)	流量電腦壓縮係數	第三方軟體壓縮係數	流量電腦計算體積 V _{b1} (m ³)	第三方軟體計算體積 V _{b2} (m ³)	相對器差 E(%)
10	10	0.97121	0.97121	11.15220	11.15220	0.0000
20	20	0.95145	0.95145	20.96520	20.96520	0.0000
30	40	0.91727	0.91727	41.02940	41.02950	-0.0002
40	60	0.89438	0.89438	60.59270	60.59280	-0.0002
50	80	0.88179	0.88179	79.07290	79.07310	-0.0003

表 4-2-15、天然氣 2 軟體驗證結果

天然氣溫度(°C)	天然氣壓力(kgf/cm ²)	流量電腦壓縮係數	第三方軟體壓縮係數	流量電腦計算體積 V _{b1} (m ³)	第三方軟體計算體積 V _{b2} (m ³)	相對器差 E(%)
10	10	0.97077	0.97077	11.15690	11.15690	0.0000
20	20	0.95068	0.95068	20.98140	20.98148	-0.0004
30	40	0.91588	0.91588	41.09000	41.09010	-0.0002
40	60	0.89253	0.89253	60.71570	60.71583	-0.0002
50	80	0.87965	0.87965	79.26240	79.26251	-0.0001

表 4-2-16、天然氣 3 軟體驗證結果

天然氣溫度(°C)	天然氣壓力(kgf/cm ²)	流量電腦壓縮係數	第三方軟體壓縮係數	流量電腦計算體積 V _{b1} (m ³)	第三方軟體計算體積 V _{b2} (m ³)	相對器差 E(%)
10	10	0.97486	0.97486	11.11400	11.11401	-0.0001
20	20	0.95783	0.95783	20.83220	20.83223	-0.0001
30	40	0.92872	0.92872	40.53610	40.53620	-0.0002
40	60	0.90972	0.90972	59.58970	59.58985	-0.0003
50	80	0.89974	0.89974	77.52000	77.52020	-0.0003

表 4-2-17、天然氣 4 軟體驗證結果

天然氣溫度(°C)	天然氣壓力(kgf/cm ²)	流量電腦壓縮係數	第三方軟體壓縮係數	流量電腦計算體積 V _{b1} (m ³)	第三方軟體計算體積 V _{b2} (m ³)	相對器差 E(%)
10	10	0.97112	0.97112	11.15310	11.15314	-0.0004
20	20	0.95130	0.95130	20.96840	20.96846	-0.0003
30	40	0.91698	0.91698	41.04190	41.04201	-0.0003
40	60	0.89398	0.89398	60.61890	60.61899	-0.0001
50	80	0.88132	0.88132	79.11460	79.11473	-0.0002

2.3.3 流量計算器軟體驗證結果說明

- 此次流量計算器軟體驗證結果器差都在 0.01 % 以下，會造成誤差主要有三方面：
 - ✓ 單位換算造成誤差

- ✓ 計算過程小數點進位或捨去造成誤差
- ✓ AGA8 計算造成誤差
- 流量計算器如果功能正常，準確度一般可以優於 0.01 %。
- 流量計算器初次使用需進行軟體驗證以確保計算結果正確。
- 因為流量計算器可以修改及輸入的參數很多，所以非常容易因為管理不當，造成計量錯誤，此錯誤不管是人為故意或疏忽造成的，其結果都會對計量造成非常大的誤差，造成買賣雙方非常大的交易糾紛。
- 經過檢定檢查驗證的流量計誤差可能只有 1.5 % 以下，但如果是流量計算器出現問題的話，其誤差將大到無法估算。所以流量計算器有必要進行驗證與控管，避免人為故意或疏忽造成計量錯誤造成計量糾紛。
- 流量計算器一般都會儲存修改記錄，可以設定開啟或關閉，目前大部分客戶都是設定關閉，造成修改後無法追溯修改記錄。建議流量計算器需開啟修改記錄功能，任何參數修改記錄無法刪除或修改，當客戶有計量糾紛時，可回溯歷史紀錄進行確認。
- 目前檢定檢查合格的流量計，均會加以鉛封以避免改造，流量計算器也應該進行管理，流量計算器經過確認後也應該有類似防竄改機制，如無法鉛封也應有密碼保護以防止竄改造成計量不公平。

(三)、耳溫槍檢測技術研究

由於耳式體溫計不同於一般電子體溫計(接觸式溫度計)，是屬於臨床形式之輻射溫度計，為非接觸式溫度計，它的檢測技術不同於現有電子式體溫計所依循的 OIMLR115。因此，國際上目前主要地區與國家也都已經制定相關的技術標準，以確保耳溫槍性能與準確性，作為保障民眾健康的基礎，例如美國的 ASTM E-1965-98 (Standard Specification for Infrared Thermometers for Intermittent Determination of Patient Temperature)、歐盟的 EN 12470-5-2003(Clinical thermometers. Performance of Infra-red Ear Thermometers with Maximum Device)，及日本的 JIS T 4207-2005(Infrared Ear Thermometers)。因此本計畫主要要瞭解市售耳溫槍的性能規格、耳溫槍計量性能與電子體溫計計量性能的比較、國際上對耳溫槍的各項性能測試項目、方法以及採用的設備要求等。若參酌已知的上列幾個國際規範，耳式體溫計必須經過嚴謹的性能測試，將包括溫度讀值最大允許誤差、耐環境濕熱、儲存環境測試、電磁干擾測試、低電壓顯示功能測試、生物相容性測試、落下測試以及溫度讀值重複性測試等項目。

【本年度目標】

本計畫針對目前國際規範之試驗項目進行研究比較，進行可行性評估，並對各項測試項目所需之設備能量，如黑體規格與不確定度及試驗方式清楚界定。年度工作項目包括：

1. 國際規範蒐集研究，參考國際標準規範：OIML-R115、ASTM 1965-98、JIS T 4207:2005 與 EN 12470-5:2003 等規範。
2. 蒐集目前國內販售之耳式體溫計進行功能測試，常溫下溫度最大允許誤差。
3. 進行黑體(標準器)可行性測試方法評估。
4. 拜訪國內耳式體溫計大廠蒐集資料、國內市場現況評估與分析。
5. 耳式體溫計測試方法程序書。

【執行成果】

1. 耳式體溫計國際規範研究

國際上針對醫療用體溫計有幾項標準，分別為 OIML、EN、ASTM、JIS、CNS、ISO、GBT 等，各標準整理如表 4-3-1 及表 4-3-2。

表 4-3-1、各種醫療用體溫計於 OIML、EN、ASTM 與 JIS 標準之分類

體溫計種類/標準編號	OIML	歐洲	美國	日本
玻璃溫度計	R7(1979)	12470-1:99	E66798	T 4206:89
電子式體溫計(最大裝置)	R115(1995)	12470-3:99	E879:01	T 1140:98
電子式體溫計(連續型)	E114(1995)	12470-4:00	E1112:00	T1306:89
紅外線耳式體溫計	--	12470-5:03	E1965-98	T4207:2005
相變化體溫計	--	12470-2:99	E825:98 E1299:02	--

表 4-3-2、各種醫療用體溫計於 CNS、ISO 與 GBT 標準之分類

體溫計種類/標準編號	臺灣	ISO	中國大陸
醫療型電子設備	--	80601-2-56:2009	
電子式體溫計	CNS 15212-4 CNS 15212-3	--	GBT 21416-2008
紅外線耳式體溫計	CNS 15212-5 CNS 15042	--	GBT 21417:1-2008

本計畫依據 ASTM E1965:98、EN 12470-5:2003、JIS 4207:2005 所制定的產品規範，針對性能測試部分進行分析與研究，如表 4-3-3 所示。表 4-3-4 為各標準對於測試時所需標準黑體之建議。

表 4-3-3、耳式體溫計各國際標準之性能要求

要求	ASTM E1965:98	EN 12470-5:2003	JIS 4207:2005
顯示範圍	(34.4 - 42.2) °C	(35.5 - 42.0) °C	(35.5 - 42.0) °C
最大容許誤差	黑體溫度(36 - 39) °C 時; MPE= ± 0.2 °C 黑體溫度 < 36.0 °C 或 黑體溫度 > 39.0 °C 時 MPE= ± 0.3 °C	(35.5 - 42.0) °C : MPE= ± 0.2 °C 超出上述範圍: MPE= ± 0.3 °C	(35.5 - 42.0) °C : MPE= ± 0.2 °C 超出上述範圍: MPE= ± 0.3 °C
操作環境條件	(16.0 - 40.0) °C	(16.0 - 35.0) °C 85 % 以上	(16.0 - 35.0) °C (30 - 75) %
在操作環境條件下最大 允許誤差之符合性測試 ^{*1}	(16 - 18) °C --- < 50 % (16 - 18) °C --- (90 - 95) % (24 - 26) °C --- (40 - 60) % (38 - 40) °C --- < 25 % (38 - 40) °C --- (70 - 75) %	(16 - 18) °C --- < 50 % (16 - 18) °C --- (80 - 85) % (24 - 26) °C --- (40 - 60) % (33 - 35) °C --- < 25 % (33 - 35) °C --- (80 - 85) %	(17 ± 1) °C --- (30 - 50) % (17 ± 1) °C --- (70 - 75) % (23 ± 2) °C --- (40 - 60) % (34 ± 1) °C --- (30 - 50) % (34 ± 1) °C --- (70 - 75) %

^{*1} 在操作環境條件下最大允許誤差之符合性測試”表示耳式體溫計與黑體直接在這幾個環境範圍內分別實施校正，校正點數(黑體設定溫度)三點(35.0 °C、37.0 °C、41.0 °C 或顯示範圍內等間距 3 點)。

表 4-3-4、耳式體溫計各國際標準之黑體要求

要求	ASTM E1965:98	EN 12470-5:2003	JIS 4207:2005
黑體不確定度	水槽(Water bath) ≤ 0.03 °C, k = 2	≤ 0.07 °C, k = 2	NA
改變環境條件下最大允許誤差之符合性測試 ^{*2}	NA	黑體溫度設定在 (37 ± 0.5) °C	黑體溫度設定在 (37 ± 0.5) °C

^{*2} 改變環境條件下最大允許誤差之符合性測試”表示耳式體溫計先置於較實驗室環境溫度高(10 ± 0.5) °C 的恆溫恆濕箱中穩定後，取出校正；接著再將耳式體溫計置於較實驗室環境溫度低(10 ± 0.5) °C 的恆溫恆濕箱中穩定後，再做一次校正。

2.國內市場現況評估與分析

耳式體溫計在國內屬 II 級醫療器材，IEK 針對全球醫療器材產業發展現況與趨勢報告指出：全球醫療器材市場持續穩健成長，在高齡化議題持續加劇的大趨勢，且先進國家市場逐步復甦以及新興國家的快速成長下，帶動全球醫療器材市場呈現穩健的向上成長，預估 2017 年將可成長至 4,053 億美元，2014-2017 年之年複合成長率達 6.0%。圖 4-3-1 為全球醫療器材產業市場分布預測分析(資料來源: BMI Espicom, 工研院 IEK(2015))



圖 4-3-1、全球醫療器材產業市場分布預測分析

針對高齡化社會，居家醫材是最能落實健康照護的醫材，在臺灣，居家醫材方面，醫療器材最新的發展是能將人體健康資訊上傳至雲端平台，並連結至醫護人員進行遠端諮詢。血壓計、耳式體溫計和血糖計都是居家遠距健康照護的重要產品。

由醫療器材產業產值及產業結構觀察，我國醫療器材相關廠商六百多家，廠商多為 300 人以下之中小企業，廠商以 OEM/ODM 為主，產品多為中低階醫材，九成廠商以生產為主要營運活動，表 4-3-5 為診斷與監測用醫材重要廠商名單。

表 4-3-5、臺灣醫材與醫療通路重要廠商名單

單位:新台幣百萬元

公司	2010 營收	2011 營收	2012 營收	2013 營收	2013 純益率(%)
合○生醫 (1781)	1,207	762	1,308	1,345	2.03
百○醫學 (4103)	4,877	4,268	4,503	5,897	11.00
優○醫學 (4121)	858	772	707	2,854	0.00
熱○光電 (3373)	633	581	571	663	2.32
紅○醫 (1799)	194	77	94	100	-165.00
豪○醫療 (4735)	462	375	432	586	-5.00

由於醫療器材產業附加價值高，較不易隨經濟景氣而有大幅波動，且在人口結構朝高齡變化帶動的醫療健康照護需求不斷擴增，醫療器材產業結合電子、資通訊產業發展已漸成為顯學，許多異業廠商看好醫療電子產業發展，而紛紛投入醫療電子產業，目前投入的相關業者大致可分為：(1)以利基產品為基礎，進一步成為整體解決方案提供者；(2)衍伸應用本業核心技術，以提供關鍵零組件的方式，切入國際醫材價值鏈；(3)藉由併購策略，熟悉產品驗證與品質管理流程，以縮短學習曲線。

在技術與產品日益進步的同時，臺灣異業廠商積極投入醫材產業，帶動醫材產業高值化，如臺灣具優勢的電子大廠台○電、鴻○、廣○、研○、明○、大○及奇○電等，均佈局投資醫材產業領域，除電子資通訊廠商外，也不乏有多家傳統產業業者，也積極轉型切入醫材領域，異業的投入有助於使醫療器材產業的技術能量獲得提升，也可協助降低生產成本、提升整體產業競爭力。

電子體溫計分為接觸型電子體溫計(以下簡稱電子式體溫計)與紅外線耳式體溫計(以下簡稱耳式體溫計)兩類。國內申請上市耳式體溫計之製造商有 14 家之多，產品多達 47 種，而電子式體溫計國內申請上市製造商目前僅有 4 家，國產申請上市產品有 11 種，由此推判，在風險管理上耳式體溫計風險遠高於電子式體溫計。表 4-3-6 為國內體溫計(I、II 級)之製造商與進口商整理表。

表 4-3-6、體溫計(I、II 級)之製造商與進口商整理表

醫療器材分類	J.2910 II 級 紅外線耳式體溫計	J.2910 II 級 電子數字體溫計	J.2910 I 級 前額液晶體溫片
通過許可產品 (台製/進口)	47/18	11/21	3/2
國內製造商	14	4	3
國外製造商	4	2	1
大陸製造商	8	8	1
申請陸輸耳式體溫 計廠商	11	12	1
申請非陸輸耳式體 溫計廠商	4	1	1

拜訪國內耳式體溫計製造廠商，共 10 家，訪談結果彙整如下表。

表 4-3-7、耳式體溫計製造廠商訪談結果彙整表

議題	廠商意見
針對耳式體溫計納入法定計量是否支持意見	<ul style="list-style-type: none"> • 目前販售於國內耳式體溫計有台製也有國外進口，此產品的競爭非常激烈，納入法定計量可提升產品的品質，優質廠商支持的意願相對高。 • 若能提升廠內生產品質與解決困難點後，支持意願會提高。
未來納入法規之前，主管機關提供哪些相關訓練或推廣之意見	<ul style="list-style-type: none"> • 教育訓練 • 座談/說明會 • 專題演講
目前耳式體溫計所採用的測試標準	<ul style="list-style-type: none"> • ASTM E1965-98 • EN 12470-5:2003

參考衛生福利部食品藥物管理署之醫療器材資料庫，整理截至 2016 年 9 月止，產品通過申請 TFDA 註冊之國內耳式體溫計製造商有 13 家，名單如下：

- 立○科技股份有限公司
- 熱○光電股份有限公司
- 捷○科技股份有限公司
- 豪○醫療科技股份有限公司
- 北○企業有限公司
- 和○科儀企業有限公司三重廠
- 泰○科技股份有限公司五股廠
- 凱○健企業股份有限公司五股廠
- 長○醫學科技股份有限公司林口廠
- 數○生醫科技股份有限公司
- 優○醫學科技股份有限公司內湖二廠
- 維○股份有限公司
- 鉅○科技股份有限公司中和廠

產品通過申請 TFDA 註冊之陸輸耳式體溫計製造商有 9 家，名單如下：

- ROSSMAX(SHANGHAI) INCORPORATION LTD.
- ONBO ELECTRONIC (SHENZHEN) CO. LTD
- COVIDIEN MEDICAL PRODUCTS (SHANGHAI) MANUFACTURING L.L.C.
- LIVING SCIENCE CO., LTD
- HANGZHOU SEJOY ELECTRONICS & INSTRUMENTS CO., LTD.

- AVITA (WUJIANG) CO., LTD
- ORIENTAL SYSTEM TECHNOLOGY BOLUO PLANT
- BAI LU HEALTH CO., LTD.
- Fudakang Industrial Co., Ltd

國內申請陸輸耳式體溫計之臺灣廠商有 11 家，名單如下：

- 優 ○ 醫學科技股份有限公司
- 台灣康 ○ 股份有限公司
- 台灣柯 ○ 股份有限公司
- 合 ○ 生醫科技股份有限公司
- 盟 ○ 國際有限公司
- 百 ○ 醫學科技股份有限公司
- 豪 ○ 醫療科技股份有限公司
- 眾 ○ 光電科技股份有限公司
- 長 ○ 貿易有限公司
- 凱 ○ 企業股份有限公司五股廠
- 福 ○ 康科技有限公司

國內廠商申請非陸輸之耳式體溫計製造商有 5 家，名單如下：

- 博 ○ 康健股份有限公司
- 艾 ○ 思生物科技股份有限公司
- 臺灣泰 ○ 醫藥股份有限公司
- 高 ○ 智慧科技股份有限公司
- 香港商卡 ○ 遠東有限公臺灣分公司

國內廠商申請非陸輸耳式體溫計製造商有 4 家，名單如下：

- BEURER GMBH & CO.
- KEY TRONIC CORPORATION(百 ○ 牌)
- KENDALL, A DIVISION OF TYCO HEALTHCARE GROUP LP
- Truly Instrument Ltd

2. 耳式體溫計測試方法程序研擬

2.1 測試方法程序，主要內容如下。

2.1.1 量測原理

如圖 4-3-2 所示，耳式體溫計量測係由一系列元件作動產生之最終結果。元件分別為光學系統、紅外溫度偵測器、電子電路放大器、訊號處理及輸出等。

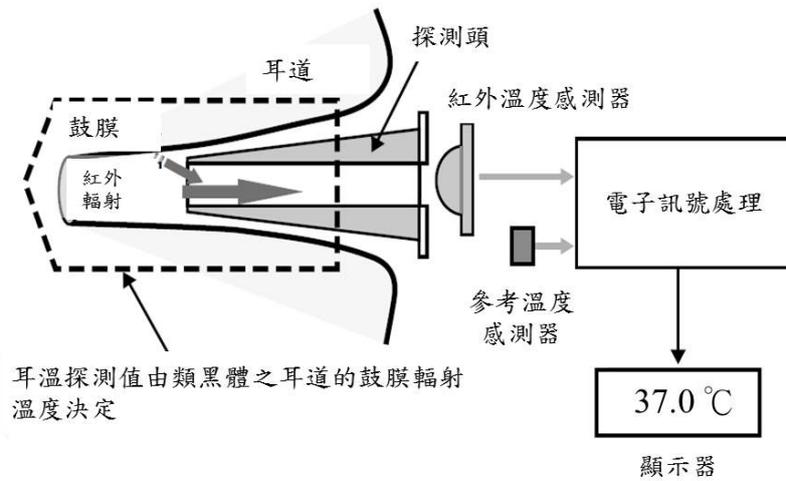


圖 4-3-2、耳溫量測原理

耳溫標準追溯，如圖 4-3-3 所示。追溯之黑體的擴充不確定度至少小於 0.07 °C，最終須追溯至 ITS-90 國際溫標。而各階度之追溯標準源(器)之能力要求建議如圖 4-3-4 所示。

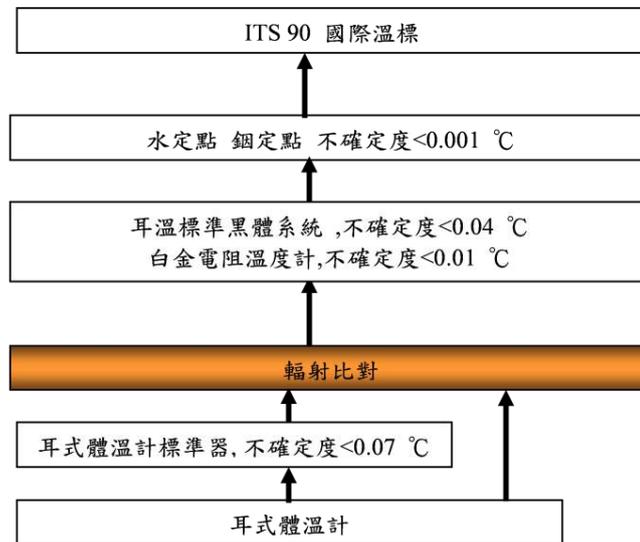


圖 4-3-3、耳式體溫計量測標準追溯圖

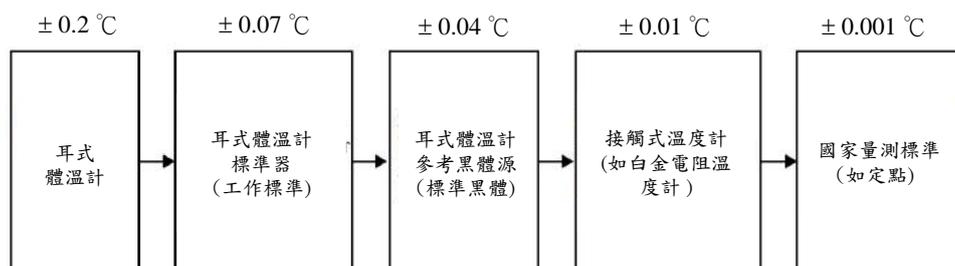


圖 4-3-4、耳式體溫計各階段溯源之不確定度需求

2.1.2 測試儀具需求

表 4-3-8、耳式體溫計各國際標準之黑體要求

儀具名稱	數量	性能規格	備註
白金電阻溫度計	1	範圍：(10 ~ 90) °C 不確定度 ≤ 0.01 °C	標準件
紅外線耳式體溫計	1	範圍：(34.0 ~ 43.0) °C 不確定度 ≤ 0.2 °C	查核件
恆溫水槽+黑體腔*	1	範圍：(34.0 ~ 43.0) °C 不確定度 ≤ 0.07 °C	標準熱源
耳溫計標準器	1	不確定度 ≤ 0.07 °C	標準熱源
循環水冷卻槽	1	冷卻水至 25 °C	冷卻水槽 若需要時搭配恆溫槽使用
溫濕度記錄器	1	溫度：(10 ~ 45) °C 相對濕度：(25 ~ 95) %	環境監控

*黑體腔之型式可參考各標準之建議。其中標準熱源：恆溫水槽+黑體腔與耳溫計標準器可擇一使用於測試中。

2.1.3 準備事項

2.1.3.1 收件檢查

- 2.1.3.1.1 檢查送測件之表面是否有毀損、探頭表面是否有污染、刮傷。
- 2.1.3.1.2 檢查送測件之相關附件如探針護套等是否更新備齊，標示是否清晰。
- 2.1.3.1.3 檢查送測件之各項文件是否齊全，並將各項資料記錄於表格內。
- 2.1.3.1.4 測試前需先詳讀測試程序及儀器使用說明書。
- 2.1.3.1.5 檢查標準耳式體溫計是否更新可拋棄式探針護套(如果可行時)。
- 2.1.3.1.6 若無耳套設計，須檢查探頭是否保持乾淨。
- 2.1.3.1.7 調整標準耳式體溫計在耳朵模式或是校正模式之位置(如果可行時)。
- 2.1.3.1.8 原則上以校正模式進行測試，若不可行時則以耳朵模式進行測試。(參考製造商所建議之矯正方法)

2.1.3.1.9 待測件需在測試實驗室環境下靜置半小時以上或更久(若製造商有規定)方可進行測試。

2.1.4 測試步驟

2.1.4.1 系統接線如圖 4-3-5 所示的量測標準黑體爐之輻射溫度裝置圖。

2.1.4.2 打開黑體爐恆溫水槽開關，設定欲測試點溫度，並開啟電腦溫度讀取程式(可行時)，讀取黑體腔各點溫度紀錄。

2.1.4.3 量測時爐溫必須穩定在 ± 0.02 °C 以內 30 分鐘以上，才能進行數據擷取。並將各項資料記錄於自行設計之測試數據記錄表中。

2.1.4.4 讀取黑體角錐端點之白金電阻溫度計的讀值作為標準黑體輻射溫度。

2.1.4.5 讀取標準黑體輻射溫度計及待測件輻射溫度，各項資料記錄於自行設計之測試數據記錄表中。

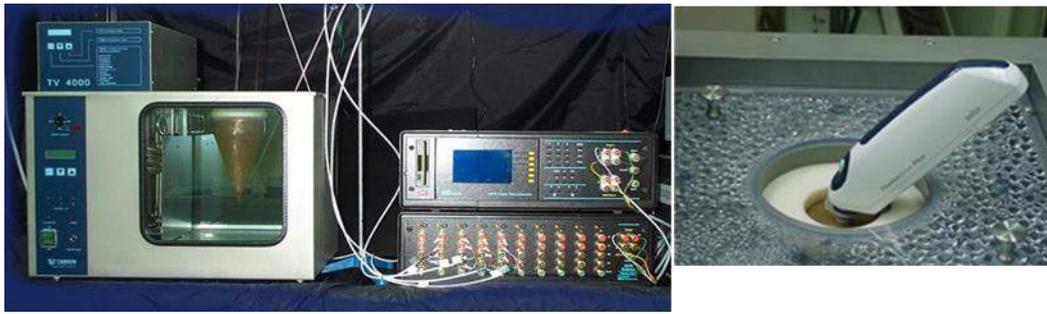
其它注意事項：

- (1) 依照製造商針對該紅外線耳溫計所建議的步驟讀取黑體溫度。
- (2) 若溫度計為可連續量測輸出，則每次量測間隔 30 秒，每次量測完畢，應將耳溫計置於該環境條件下之桌面，等待進行下次量測。每個溫度點共進行 3 次量測，作為該溫度點之平均讀值。
- (3) 若溫度計為有耳套設計，則於測試前應更換新的耳套，若無耳套設計者，應檢視探頭表面有無污損。
- (4) 測試時由低溫至高溫。
- (5) 每次更改設定溫度時，至少需等 60 分鐘，以使黑體爐穩定。
- (6) 每次讀取數據時，需確定溫度計是否仍瞄準爐口中心。
- (7) 測試者應穿戴手套，以避免手部溫度影響量測結果。
- (8) 量測耳溫之原理如圖 4-3-2。
- (9) 耳式體溫計標準追溯圖如圖 4-3-3。
- (10) 耳式體溫計各階段溯源之不確定度需求如圖 4-3-4。

2.2 國內販售之耳式體溫計進行功能測試結果說明

蒐集百○、優○及熱○等國內公司目前販售於國內之耳式體溫計十餘款，依 EN12470-5:2003 所制定的產品規範進行性能測試(如常溫下溫度最大允許誤差等)，抽測國內外新品耳式體溫計。

本測試之黑體選取溫度為 35 °C、37 °C、38 °C 及 41 °C，測試時施環境條件為(23 ± 5) °C，相對濕度為(50 ± 20) %，本測試之測試裝置圖如圖 4-3-5 所示。



標準黑體爐

電橋式量測

耳溫測試圖

圖 4-3-5、紅外線耳式體溫計比較測試之裝置示意圖

原則上須調整標準紅外線耳式體溫計在耳朵模式或是校正模式之位置(如果可行時)。測試時以校正模式進行測試，若不可行時則以耳朵模式進行測試。(參考製造商所建議之矯正方法)，而待測件需在測試實驗室環境下靜置半小時以上方或更久(若製造商有規定)可進行測試。測試結果如表 4-3-9 及表 4-3-10 所示。

表 4-3-9、4 種黑體溫度之各廠牌耳式體溫計溫度誤差表一(常溫環境)

誤差 溫度(°C)	A	B	C	D	E	F
35	-0.3	-0.3	0.2	0.9	0.0	0.2
37	-0.3	-0.3	0.3	0.0	0.1	0.3
38	-0.1	-0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
41	-0.3	-0.2	0.4	-0.1	0.2	0.3

表 4-3-10、4 種黑體溫度之各廠牌耳式體溫計溫度誤差表二(常溫環境)

誤差 溫度(°C)	G	H	I	J	K	L
35	0.8	0.8	0.1	0.1	0.1	0.8
37	-0.3	0.9	0.3	0.2	0.2	0.0
38	-0.1	0.9	0.2	0.2	0.1	-0.1
41	-0.3	0.8	0.3	0.3	0.3	-0.1

註：耳式體溫計廠牌以代號表示。

經抽查市售新品耳式體溫計在不同溫度標準時的最大允許誤差率，根據表 4-3-9 及表 4-3-10 整理分析結果如下：

黑體溫度 35 °C 時，超出最大允許誤差：33.3 %

黑體溫度 37 °C 時，超出最大允許誤差：58.3 %

黑體溫度 38 °C 時，超出最大允許誤差：25.0 %

黑體溫度 41 °C 時，超出最大允許誤差：8.3 %

抽測結果，超出最大誤差率頗高，此攸關人身健康判斷與用藥依據，建議應嚴加把關。

附 件

附件一、三百萬元以上科學儀器設備彙總表.....	256
附件二、一百萬元以上儀器設備清單.....	257
附件三、出國暨赴陸會議人員一覽表.....	258
附件四、專利成果一覽表.....	263
附件五、技術/專利應用一覽表.....	264
附件六、論文一覽表.....	266
附件七、技術報告一覽表.....	279
附件八、研討會/技術推廣說明會/訓練課程一覽表.....	287
附件九、研究成果統計表.....	289
附件十、國家度量衡標準實驗室校正服務成果統計表.....	290
附件十一、執行進度與計畫符合情形.....	291
附件十二、105 年度結案審查委員意見回覆表.....	294
附件十三、國家度量衡標準實驗室量測標準系統能量與校正服務.....	303
附件十四、國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明.....	353

附件一、三百萬元以上科學儀器設備彙總表

機關(學校)名稱：經濟部標準檢驗局

單位：新臺幣元

編號	儀器名稱 (英文名稱)	使用單位	單位	數量	單價	總價	優先 順序	備註
1	高壓氣流溫控系統 (High pressure air flow temperature control system)	工研院 量測中心	台	1	3,320,000	3,320,000	1	
2	循環式風洞 (Closed -Loop Wind Tunnel)	工研院 量測中心	台	1	6,000,000	6,000,000	1	
3	衝擊比較式系統 (Shock Accelerometer System)	工研院 量測中心	台	1	3,480,000	3,480,000	1	
4	交流電流輸出及量測系統 (AC current source and measurement system)	工研院 量測中心	台	1	4,740,000	4,740,000	1	
5	微波晶片式高功率放大器 (Solid State Power Amplifier)	工研院 量測中心	台	1	8,650,000	8,650,000	1	
6	低頻加速規系統 (Low-Frequency Vibration System)	工研院 量測中心	台	1	3,899,000	3,899,000	1	
7	奈米壓痕量測系統 (Nanoindentation System)	工研院 量測中心	台	1	3,900,000	3,900,000	1	
8	5 kN m 靜法碼天平式扭矩 標準機(5 kN m Torsion Standard Machine)	工研院 量測中心	台	1	4,500,000	4,500,000	1	
9	薄膜厚度與成份分析儀 (Film Thickness and Composition Analyser)	工研院 量測中心	台	1	8,000,000	8,000,000	1	

填表說明：

- 1.本表中儀器名稱以中文為主，英文為輔。
- 2.依契約本計畫新臺幣 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。

附件二、一百萬元以上儀器設備清單

單位：新臺幣元

儀器設備名稱 (中/英文)	主要功能規格	預算數	單價	數量	總價	備註
無						

註：依契約本計畫新臺幣 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。

附件三、出國暨赴陸會議人員一覽表

短期訓練

出差性質	主要內容	出差國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	計畫書項次
參加會議、發表論文	參加奈米尺度研討會(Nanoscale 2016)並發表論文，參訪弗羅茨瓦夫工業大學奈米計量實驗室參訪。	波蘭	2016.03.07-03.13/7天	何柏青	奈米計量技術研究	發表論文技術分享交流，瞭解目前國際上在表徵技術發展最新動態。	29(1)
參加會議、發表論文	拜訪英國國家物理實驗室(NPL)及參加2016歐洲頻率與時間研討會(EFTF)會議	英國	2016.04.02-04.10/9天	彭錦龍	長度領域光頻率標準發展規劃	代表NML受邀評鑑，同時可了解日本NMJ技術能量及技術交流。	27
參加會議、發表論文	參加2016年能源材料奈米技術之光電子學研討會並發表論文(EMN MEETING ON OPTOELECTRONICS 2016)	泰國	2016.04.11-04.16/6天	劉子安	光通訊計量技術發展	瞭解光通訊相關發展，並藉由論文發表與專家交流小型光通訊光源技術及探詢新產業應用契機。	30
受邀評鑑(邀請單位支付差旅費)	受邀赴馬來西亞(NMIM)擔任振動聲量實驗室之同儕評鑑(peer review)技術評審員	馬來西亞	2016.04.19-04.22	黃宇中	聲音/振動/超音波領域規劃	技術能力受肯定，受邀同儕評鑑，提升NML形象。	--
參加會議、拜訪機構	參加德國聯邦物理技術研究院(PTB)舉辦之「具追溯性之線上尺寸量測研討會」(TIM workshop)，並拜訪相關儀器設備公司，進行三維尺寸量測技術交流。	德國	2016.05.16-05.25/10天	許博爾	三維尺寸計量技術開發	蒐集座標量測量測儀校正實務及德國產業發展需求，以作為未來技術發展的參考。	28
參加會議	參加「亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會促進研討會」(APMP TCAUV TCI workshop)，及參加亞太計量組織(APMP)年中會議。	泰國	2016.05.30-06.11/13天	黃宇中	聲音/振動/超音波領域規劃	以亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會主席身分出席會議，建立人脈，協助亞太地區計量技術交流與合作。	5
受邀會議(邀請單位支付差旅費)	受邀參加亞太計量組織聲音/振動/超音波技術委員會促進研討會(APMP TCAUV TCI Workshop)演講	泰國	2016.05.30-06.04/6天	涂聰賢	聲音/振動計量技術研究	與亞太計量組織分享交流聲音/振動/超音波計量技術在交通運輸應用，提升我國技術能見度。	-
參加會議	以APMP執行委員(Executive Committee, EC)身分，參加2016亞太計量組織年中會議及相關活動	泰國	2016.06.05-06.11/7天	藍玉屏	協同計畫主持人	參與APMP重大決策，及與亞太其他先進國家執行委員交流互動，建立良好關係，可增進未來國際合作機會。	9(1)
參加會議、拜訪機構	參加德國聯邦物理技術研究院(PTB)矽晶球公斤重新定義研討會及拜訪PTB實驗室	德國	2016.06.20-06.29/10天	陳生瑞	力質量系統負責人及領域規劃	了解公斤重新定義之最新技術，及施行後對質量標準追溯之影響，以擬定公斤重新定義後之相關措施。	3(1)

出差性質	主要內容	出差國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	計畫書項次
參加會議、發表論文	拜訪維也納計量與量測聯邦辦公室(BEV)之溫度實驗室及物理技術考試服務中心及參加2016年工業與科學上之溫度和熱量測研討會(TEMPMEKO 2016)發表論文	奧地利	2016.06.21 -07.02/12 天	柯心怡	溫度系統負責人與熱物性計量技術研究	發表論文研究成果，與 BEV 討論溫度與熱之量測技術，建立國際溫度量測技術之交流與合作關係。	25
參加會議	參加國際度量衡局(BIPM)與義大利國家計量院(INRIM)合辦之「瓦倫那夏季學校 2016」	義大利	2016.06.25 -07.08/14 天	葉建志	溫度領域計量技術研究	代表 NML 溫度團隊參加課程，蒐集國際研究趨勢，以提供我國計量發展方向的制定與規劃。	11(1)
參加會議	參加國際度量衡局(BIPM)與義大利國家計量院(INRIM)合辦之「瓦倫那夏季學校 2016」	義大利	2016.06.25 -07.08/14 天	葉育姍	質量及奈米計量技術研究	代表 NML 質量及奈米團隊參加課程，瞭解各計量的最新發展，與各國計量人員之交流。	26
參加會議、發表論文	參加 2016 精密電磁量測研討會及發表論文	加拿大	2016.07.09 -07.17/9 天	許俊明	前瞻計量技術分項主持人	技術交流及蒐集精密電子與電磁計量技術的研發資訊。	6(1)
參加會議	參加 2016 精密電磁量測研討會及發表論文	加拿大	2016.07.09 -07.17/9 天	陳士芳	電量系統負責人及技術研究	發表 NML 電壓計量標準技術能量及前瞻研究成果及技術交流。	6(2)
參加會議、發表論文	參加 2016 美國國家標準實驗室大會國際研討會暨論文發表會	美國	2016.07.22 -07.30/9 天	陳意婷	品質管理	瞭解實驗室管理與校正技術最新發展資訊及應用。	22(1)
參加會議	參加 2016 美國國家標準實驗室大會國際研討會	美國	2016.07.24 -07.31/8 天	林增耀	計畫主持人	代表 NML 出席該組織年度大會，與各個國家實驗室的主任及產業界交流。	1(1)
參加會議	參加 2016 美國國家標準實驗室大會國際研討會	美國	2016.07.24 -07.31/8 天	藍玉屏	協同計畫主持人	代表亞太計量組織執行委員會之執行委員身份出席，藉此提升計量技術及管理新知，促進亞太計量組織與國際接軌。	1(2)
參加會議、論文發表	參加國際噪音控制工程研討會 INTER-NOISE 2016 研討會發表論文，及拜訪 SPEKTRA 公司原級衝擊振動實驗室	德國	2016.08.20 -08.27/8 天	陳俊凱	聲量與振動技術研發	技術分享交流，同時瞭解聲量與振動領域的校正技術發展之最新動態。	23
參加會議、論文發表、拜訪機構	參加第十六屆奈米技術國際研討會(IEEE Nano 2016)並發表論文。日本產業技術總和研究所/日本國家計量研究院(NMIJ/AIST)	日本	2016.08.21 -08.30/10 天	陳生瑞	力質量系統負責人及領域規劃	了解奈米技術未來發展趨勢，參訪醫學計量標準相關實驗室，以利後續亞太計量組織醫學聚焦工作小組之工作規劃與推展。	31
參加會議、拜訪機構	拜訪 NIM 及 NMIJ/AIST 法定計量實驗室，瞭解法定計量非自動衡器型式認證之管理及	中國大陸、日本	2016.08.23 -08.31/9 天	段靜芬	質量校正系統負責人	瞭解法定計量非自動衡器型式認證的管理方法及執行狀況，供未來非自動衡器型式認	10(1)

出差性質	主要內容	出差國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	計畫書項次
	質量領域技術的現況與發展。					證執行之參考。	
參加會議、論文發表	國際光電工程學會光學與光子學研討會(SPIE Optics + Photonics conference)	美國	2016.08.27-09.02/7 天	魏祥鈞	半導體多維參數子項計畫主持人	發表半導體多參數檢測技術成果，瞭解相關學術單位及國際技術發展現況及趨勢。	29(2)
拜訪機構	拜訪日本 NMIJ 及慶應義塾大學	日本	2016.09.04-09.07/4 天	藍玉屏	協同及運轉維持分項計畫主持人	加強雙方在 APMP 計量事務上之互信合作。瞭解日本光通訊研究及產業發展現況。	3(2)
參加會議	參加光度與光輻射諮詢委員會(CCPR)工作小組會議及年度大會	法國	2016.09.17-09.25/9 天	吳貴能	光輻射領域技術規劃	交流互動建立與強化關係，瞭解目前國際間在光輻射計量領域技術發展趨勢。	15(1)
參加會議、論文發表	參加 CCM-WGFF 會議、音速噴嘴工作研討會及流量研討會發表論文，參與流量領域國際標準事務，提昇 NML 國際地位與影響力。	澳洲	2016.09.20-10.01/12 天	蘇峻民	流量領域技術規劃	發表論文及技術交流，了解國際流量社群最新發展動態並建立人脈。	8
參加會議、論文發表	參加 FLOMEKO 2016 研討會及發表論文。	澳洲	2016.09.25-10.01/7 天	王文彬	流量系統負責人	技術分享交流，了解流量量測技術之最新動態。	24(2)
參加會議	參加國際法定度量衡組織(OIML)第 15 屆大會暨國際法定度量衡委員會(CIML)第 51 屆會議。	法國	2016.10.15-10.23/9 天	楊正財	法定計量技術發展分項主持人	我國為仲會員以觀察員身分與會，代表 NML 參加。	32
參加會議	參加第 19 屆「臺史技經合作會議」，參觀史瓦濟蘭標準部門。	史瓦濟蘭	2016.10.18-10.24/7 天	許俊明	前瞻計量技術發展分項主持人	協助主管機關了解史瓦濟蘭王國之度量衡標準能量及執行現況。	11(2)
參加會議、拜訪機構	參與長度諮詢委員會工作小組會議(CCL-WG)會議，並拜訪比利時歐洲跨校際微電子研究中心 IMEC、比利時根特大學、德國 Bruker、德國聯邦物理技術研究院及西門子公司。	荷蘭、比利時、德國	2016.10.18-10.30/13 天	傅尉思	產業計量技術發展分項主持人	瞭解長度計量領域比對、量測與校正能量(CMC)等相互認可相關技術活動情形與未來趨勢。參訪公司討論未來量測上合作之可能性。	7
參加會議、拜訪機構	參加全球國家標準實驗室及計量機構負責人會議(NMI director meeting)，及拜訪德國聯邦物理技術研究院(PTB)、西門子公司。	法國、德國	2016.10.22-10.30/9 天	林增耀	總計畫主持人	參與組織事務運作，使我國度量衡業務與國際接軌，及技術交流尋求合作機會。	2
參加會議	參加 APMP 2016 物量技術委員(TCQM)會議與焦點工作組技術研討會。	越南	2016.11.09-11.16/8 天	林采吟	化學領域發展規劃	蒐集國外技術發展、確立化學領域之相互認可及技術資訊交流，維持國際等同。	20
參加會議	參加氣候變遷焦點工作組研討會、APMP 2016 溫度技術委員(TCT)會議及研討會、及綜合	越南	2016.11.10-11.17/8 天	蔡淑妃	溫濕度領域發展規劃	與亞太各國之溫、濕度領域實驗室主管及專家交流，瞭解亞太會員在溫、濕度技術領域的	16

出差性質	主要內容	出差國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	計畫書項次
	技術研討會等。					技術活動、發展現況及未來規劃。	
參加會議	參加 2016 APMP 會員大會 (GA)、質量計量技術委員 (TCM)會議、材料計量技術委員 (TCMM)會議及研討會及綜合技術研討會等。	越南	2016.11.10 -11.17/8 天	傅尉恩	質/力/壓力/真空領域發展規劃	報告我國於奈米、材料檢測標準發展近況，並討論質量、材料計量在標準制定之角色扮演，展現我國在奈米材料標準技術發展成果。	21
參加會議	參加 APMP 2016 聲音/超音波/振動技術委員 (TCAUV) 技術研討會與會議及綜合技術研討會等。	越南	2016.11.10 -11.17/8 天	涂聰賢	聲音/超音波/振動領域技術規劃	聲音/超音波/振動 (AUV) 領域之研究技術發展現況及未來規劃，同時討論現在及未來國際比對之進度。	24(1)
參加會議	參加 APMP 2016 會員大會 (GA)、聲音/超音波/振動技術委員 (TCAUV) 會議及綜合技術研討會等。	越南	2016.11.10 -11.18/9 天	黃宇中	聲音/振動領域技術規劃	擔任 TCAUV 主席，協助亞太地區計量技術交流與合作。	14
參加會議	參加 APMP 2016 會員大會 (GA)、質量技術委員 (TCM) 會議與研討會及綜合技術研討會等。	越南	2016.11.10 -11.18/9 天	陳生瑞	系統負責人及質/力領域發展規劃	蒐集國外技術發展、討論 MRQ (質量及相關量) 國際比對及技術資訊交流，維持國際等同。	18
參加會議	參加 APMP 2016 會員大會 (GA)、流量技術委員 (TCFF) 會議與研討會及綜合技術研討會等。	越南	2016.11.10 -11.18/9 天	蘇峻民	流量領域發展規劃	報告台灣的研究進展與成果，接任 TCFF 主席，並參與會員大會交接相關工作及瞭解任務與職責。	19
參加會議	參加 APMP 2016 電磁技術委員會 (TECM) 技術研討會與會議及綜合技術研討會等。	越南	2016.11.11 -11.17/7 天	許俊明	電磁領域發展規劃	與電量領域主管及專家交流，並瞭解各國在計量標準發展現況。	12
參加會議	參加 APMP 2016 長度技術委員會 (TCL) 技術研討會與會議及綜合技術研討會等。	越南	2016.11.11 -11.17/7 天	許博爾	長度領域計量技術研發	蒐集長度領域技術發展、討論國際比對及技術資訊交流，維持長度領域國際等同。	13
參加會議	參加 APMP 2016 光度與光輻射技術委員 (TCPR) 會議及研討會及綜合技術研討會等。	越南	2016.11.11 -11.17/7 天	莊宜蓁	光量領域研發	蒐集國外技術發展、討論光輻射國際比對及技術資訊交流，維持國際等同	15(2)
參加會議	參加 APMP 2016 品質系統技術委員 (TCQS) 會議及研討會、綜合技術研討會及實驗室參觀等。	越南	2016.11.11 -11.17/7 天	王品皓	品質系統發展規劃	報告 NMI 品質系統之運作狀況，以維持校正與量測能量 (CMC) 之登錄，進行品質管理系統技術交流。	17
參加會議	參加 APMP 2016 會員大會 (GA)、執行委員會 (EC)、焦點工作組研討會 (FG workshop)、APMP-APLAC 能力試驗聯合工作組會議	越南	2016.11.11 -11.19/9 天	藍玉屏	協同及產業分項計畫主持人	以 EC 委員出席 APMP 各會議，參與重要議題討論參與國際重要會議，促進亞太地區計量技術交流。	9(2)

出差性質	主要內容	出差國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	計畫書項次
	(PTWG)及綜合技術研討會等。						
參加會議	參加 APMP 2016 會員大會 (GA)、綜合技術研討會及國家計量機構負責人研討會等。	越南	2016.11.15 -11.19/5 天	林增耀	總計畫主持人	代表 NML 出席年度 APMP 大會，參與國際事務運作討論，推動國際事務。	4
參加會議	參加第 23 屆亞太法定計量論壇(APLMF)年會及相各主要工作小組的會議討論。	日本	2016.11.22 -11.26/5 天	楊正財	法定分項計畫主持人	蒐集最新法定計量法規制定方向及發展趨勢。協助主管機關主導之醫療器材工作小組，蒐集議題相關資訊。	10(2)

長期訓練

出差性質	主要內容	出差國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	計畫書項次
研究(國際合作研究)	赴美國 NIST 進行「X 光前瞻量測技術」合作研究。	美國	2016.08.12 -11.11/92 天	何柏青	薄膜厚度量測子項 X 光前瞻量測技術研究	藉此交流實際進行機台量測操作及數據擬合分析方法之學習，以建立國內 X 光量測 CD 之方法。	33

附件四、專利成果一覽表

專利獲證(計 4 件)

項次	獲證日期	專利名稱	發明人	類型	申請國家	專利證號	專利起期	專利迄期	分項別
1	20161017	增加穿透式小角度 X 光散射之散射強度的裝置	傅尉恩, 吳文立	發明	日本	6006768	20160916	20341014	前瞻計量
2	20160616	增加穿透式小角度 X 光散射之散射強度的裝置	傅尉恩, 吳文立	發明	中華民國	I538565	20160611	20341013	前瞻計量
3	20161130	增加穿透式小角度 X 光散射之散射強度的裝置	傅尉恩, 吳文立	發明	美國	9,297,772	20160329	20340524	前瞻計量
4	20161004	光頻量測方法及裝置	彭錦龍, 劉子安, 徐仁輝	發明	法國	EP2051053	20160907	20280117	標準維持

專利申請(4 件)

項次	申請案號	申請日	專利名稱	發明人	類型	申請國家	分項別
1	201610430722.X	20160628	測距裝置及其測距方法	劉子安, 李浩瑋, 劉惠中, 潘善鵬, 許博爾	發明	中國大陸	產業計量
2	105114460	20160513	測距裝置及其測距方法	劉子安, 李浩瑋, 劉惠中, 潘善鵬, 許博爾	發明	中華民國	產業計量
3	105100083	20160106	熱探針	葉建志	發明	中華民國	前瞻計量
4	201610000000	20160705	光學共振腔的腔長量測裝置	陳生瑞	發明	中國大陸	前瞻計量

◎審查中表示已完成專利申請並通過工研院專利審查委員會之審核，現專利局審查中

附件五、技術/專利應用一覽表

- 本年度完成與友達等廠商 19 案之技術與專利授權簽約，簽約金額 5,916,048 元。另 4 案為 104 年遞延，執行中共 23 案。
- 本年度已開出發票計 8,166,048 元，完成艾恩迪等廠商 17 案之成果運用收款 6,505,572 元，依據合約 60% 繳庫(即 3,903,343 元繳庫)。

項次	技術項目	廠商	運用模式	合約數 (元)	目前 收入數 (元)	目前 繳庫金 額(元)	簽約 年度	備註
1	薄膜製程光學量測技術授權	艾恩迪	技術授權	720,000	720,000	432,000	104	
2	B787 SKIN 專機性能提升技術運用	漢翔	技術授權	500,000	500,000	0	104	Q4 已開發票，未收款。
3	空間尺寸量測與分析技術授權	計量學會	技術授權	280,000	280,000	168,000	104	
4	符合 burn in 機構之定點熱原設計技術應用	台積電	技術授權	1,000,000	1,000,000	600,000	104	
5	風速計及水量計校正系統建置暨校正實驗室管理系統能力提昇顧問服務計畫	宇田	技術授權	540,000	540,000	216,000	105	已收款 360 千元，另 180 千元發票，未收款。
6	氣體流量計驗證技術運用	永隆	技術授權	130,000	130,000	78,000	105	
7	氮化矽薄膜奈米壓痕量測技術授權運用	英商思睿	技術授權	104,762	104,762	62,857	105	
8	線距標準量測應用	友達	技術授權	200,000	200,000	0	105	Q3 已開發票，未收款。
9	新世代溶液中奈米微粒監控離型機開發	台積電	技術授權	1,130,000	1,130,000	678,000	105	
10	三點彎矩力量量測技術授權服務	東捷	技術授權	120,000	120,000	72,000	105	
11	Technology application for measuring mechanical properties of thin films	思睿邏輯	技術授權	120,000	120,000	72,000	105	
12	液態粒子計數器比對技術運用	台灣思百吉	技術授權	100,000	100,000	0	105	Q4 已開發票，未收款。
13	6D 量測模組技術授權	台灣暹勁	技術授權	1,000,000	1,000,000	600,000	105	

項次	技術項目	廠商	運用模式	合約數 (元)	目前 收入數 (元)	目前 繳庫金 額(元)	簽約 年度	備註
14	高速薄膜厚度光學檢測技術授權	艾恩迪	技術授權	200,000	200,000	0	105	Q4 已開發票，未收款。
15	微波毫米波電磁波隔離室隔離效果量測技術授權	米博	技術授權	143,810	143,810	86,286	105	
16	溫度計檢測系統技術授權	冠輝	技術授權	300,000	300,000	180,000	105	
17	駐波管高頻音源設計製作技術授權	譜威	技術授權	192,000	192,000	115,200	105	
18	階高標準量測技術授權與技術顧問服務	五鈴	技術授權	400,000	400,000	240,000	105	2016
19	衝擊游校系統顧問輔導計畫技術服務暨授權	金頓	技術授權	700,000	300,000	180,000	105	
20	精密熱源裝置建置與熱電偶量測系統能力提昇計畫	量測科技	技術授權	350,000	350,000	0	105	Q4 已開發票，未收款。
21	動態顯微流體晶片技術應用	台灣電鏡	技術授權	130,476	130,476	0	105	Q4 已開發票，未收款。
22	非游離輻射長期監測設備校驗技術研究之智權應用	千一	專利授權	300,000	100,000	60,000	105	
23	蜘蛛絲強度量測分析與技術授權運用	東海大學	專利授權	105,000	105,000	63,000	105	
	合計				8,166,048	3,903,343		

附件六、論文一覽表

期刊論文 50 篇、研討會論文 57 篇，總計 107 篇

(1).標準維持與國際等同分項：計 64 篇(國外期刊 13 篇(含 10 篇 SCI)；國內期刊 22 篇；國外研討會 9 篇；國內研討會 20 篇)

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
1	Zintl 相化合物 Ca _{1-x} EuxZn ₂ Sb ₂ 的熱電性質	Tessera Alemneh Wubieneh,Pai-Chun Wei,葉建志,Yang-Yuan Chen	Journal of electronic materials	20160329	5	美國	期刊論文	075A50039	1.798
2	實現銀定點之雜質效應探究	蔡淑妃	International Journal of Thermophysics	20160301	13	美國	期刊論文	075A50077	0
3	利用原子力顯微鏡量測聚苯乙烯參考球粒直徑方法	John A. Dagata,Natalia Farkas,Prem Kavuri,Andras E. Vladar,吳忠霖,Hiroshi Itoh,Kensei Ehara	NIST Special Publications	20160701	26	美國	期刊論文	075A50163	0
4	APMP.T-K7 水三相點囊關鍵比對	蔡淑妃,Rod White,Jun Tamba,Kazuaki Yamazawa,Mong-Kim Ho,C M Tsui,Ghufron Zaid,Aditya Achmadi,Kee Sool Gam,Hafidzah Othman,Nurulaini Md Ali,Kho Hao Yuan,Ye Shaochun,Hans Liedberg,Charuayrat Yaokulbodee	Metrologia	20160616	92	美國	期刊論文	075A50209	2.5
5	APMP.L-K3 比對報告論文	張威政	Metrologia	20160608	29	美國	期刊論文	075A50214	2.5

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
	Metrologia, 2016, 53, Tech. Suppl., 04006								
6	油流量關鍵比對 CCM.FF-K2.2015 總結報告	Takashi Shimada,蘇峻民,陳逸正,Karin Bittner-Rohrhofer,Victor J. Medina Lopez,Roberto Arias R.,Fabien Ribere,Linda Rowan,Simon Dignan	Metrologia	20161001	99	法國	期刊論文	075A50218	2.5
7	以兆赫時域頻譜法針對在重覆撓曲測試下之軟性顯示器專用透明導電基板執行非接觸式電阻量測	溫博浚,劉子安,余興政,陳士芳,程郁娟	Displays	20160213	5	美國	期刊論文	075A50219	1.903
8	3D 光學式旋轉軸旋轉誤差光學感測器	李浩瑋,邱得評,劉建宏	Sensors and Materials	20160523	14	日本	期刊論文	075A50220	0.489
9	可用於智慧製造之即時線上直度與角度誤差量測之高精度光學感測器	李浩瑋,劉建宏	Smart Science	20160627	8	中華民國	期刊論文	075A50221	0
10	APMP.L-K3 比對報告論文 Metrologia, 2016, 53, Tech. Suppl., 04006	張威政	Metrologia	美國	29	美國	期刊論文	075A50214	2.5
11	油流量關鍵比對 CCM.FF-K2.2015 總結報告	Takashi Shimada,蘇峻民,陳逸正,Karin Bittner-Rohrhofer,Victor J. Medina Lopez,Roberto Arias R.,Fabien Ribere,Linda Rowan,Simon Dignan	Metrologia	法國	99	法國	期刊論文	075A50218	2.5

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
12	以兆赫時域頻譜法針對在重覆撓曲測試下之軟性顯示器專用透明導電基板執行非接觸式電阻量測	溫博浚,劉子安,余興政,陳士芳,程郁娟	Displays	美國	5	美國	期刊論文	075A50219	1.903
13	3D 光學式旋轉軸旋轉誤差光學感測器	李浩璋,邱得評,劉建宏	Sensors and Materials	日本	14	美國	期刊論文	075A50220	0.489
14	台灣智慧電網之同步相量量測器檢測平台建置	陳坤隆,蔡琇如,陳士芳	先進工程學刊	20161001	4	中華民國	期刊論文	075A40091	0
15	(2500 ~ 3000) nm 光生物安全評估方法	莊宜蓁,蔡淑妃,劉玟君	先進工程學刊	20160430	5	中華民國	期刊論文	075A50044	0
16	應用變異數分析於奈米量測能力之實驗室間比對	林秀璘	先進工程學刊	20160401	6	中華民國	期刊論文	075A50047	0
17	溫濕度計校正能力試驗探討	王品皓,洪辰昀,柯心怡,	先進工程學刊	20160401	5	中華民國	期刊論文	075A50048	0
18	紫爆了嗎? 新世代空氣品質監測站網品保維運平台為您把關	林采吟,黃欣俊	量測資訊雙月刊	20160501	9	中華民國	期刊論文	075A50053	0
19	動態負載之電力量測研究	蔡琇如,陳坤隆,黃昭榕,陳南鳴	量測資訊雙月刊	20160502	6	中華民國	期刊論文	075A50065	0
20	力平衡式活塞壓力計原理與不確定度分析	洪溱川	量測資訊雙月刊	20160701	7	中華民國	期刊論文	075A50078	0
21	LED 路燈應用與實驗場域評估之研究	陳政憲,徐紹維,洪紹棠	量測資訊雙月刊	20160901	9	中華民國	期刊論文	075A50080	0
22	氣體監測設備原理與校正	李嘉真	量測資訊雙月刊	20160129	6	中華民國	期刊論文	075A50086	0
23	全反射式 X 射線螢光光譜	葉育嫻	量測資訊雙月刊	20160301	5	中華民國	期刊論文	075A50094	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
	技術								
24	交流可編輯式約瑟夫森電壓標準執行電感式分壓器校正之量測技術	陳士芳,許俊明	量測資訊雙月刊	20161101	8	中華民國	期刊論文	075A50096	0
25	NML 直流電阻標準量測系統改良	程郁娟,蕭仁鑑	量測資訊雙月刊	20161101	6	中華民國	期刊論文	075A50097	0
26	雷射閃光法熱導率量測技術的介紹	葉建志,柯心怡,徐瑋宏	量測資訊雙月刊	20160901	5	中華民國	期刊論文	075A50134	0
27	熱探針量測熱導率技術簡介	葉建志,柯心怡,徐瑋宏	量測資訊雙月刊	20161101	6	中華民國	期刊論文	075A50140	0
28	非自動衡器輸入歐盟市場所須注意之新指令要求	張啟生,黃宏偉,林以青,段靜芬	標準與檢驗月刊	20160101	12	中華民國	期刊論文	075A50145	0
29	地震儀監控資料應用於橋樑結構放大效應與自然頻率及阻尼分析	陳俊凱,黃宇中,孫維忠	量測資訊雙月刊	20160701	5	中華民國	期刊論文	075A50159	0
30	陸域型風力發電機噪音檢測技術與結果解析	涂聰賢	量測資訊雙月刊	20160701	5	中華民國	期刊論文	075A50165	0
31	歐盟新立法架構下非自動衡器通過符合性評鑑之分析	張,黃,林以青,段靜芬	量測資訊雙月刊	20160301	8	中華民國	期刊論文	075A50167	0
32	計量品質工程專輯引言	王品皓	量測資訊雙月刊	20161101	3	中華民國	期刊論文	075A50177	0
33	計量領域量測品保一管制圖之更新方法探討	林旂萱,洪辰昀,張明偉	量測資訊雙月刊	20161101	7	中華民國	期刊論文	075A50178	0
34	重複性量測不確定度評估	林秀璿	量測資訊雙月刊	20161101	10	中華民國	期刊論文	075A50186	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
	實務								
35	精密熱源裝置技術簡介	蔡淑妃,張威政,王聖涵	量測資訊雙月刊	20161101	5	中華民國	期刊論文	075A50210	0
36	以 AC-PJVS 電壓標準作 低頻交流電壓波形之差值 取樣量測研究	陳士芳	CPEM	20160713	2	加拿大	研討會論文	075A50006	0
37	以交流可編輯約瑟夫森電 壓標準校正用於電力頻段 之電感式分壓器	許俊明,陳士芳,蕭仁鑑,郭晉榮	Conference on Precision Eletromagnetic Measurements	20160713	2	加拿大	研討會論文	075A50074	0
38	皮托管校正以及三維自動 化位移平台與風速系統整 合	李信宏,蘇峻民	Internation Conference of Floe Measurement(Flomeko)	20160926	1	澳洲	研討會論文	075A50108	0
39	NML 原級衝擊加速規校正 系統能量精進	陳俊凱,黃宇中	InterNoise	20160822	6	德國	研討會論文	075A50125	0
40	一種臨床耳溫計用之便攜 式定點黑體校正器	柯心怡,葉建志	TEMPMEKO	20160627	1	波蘭	研討會論文	075A50126	0
41	國內電子天平校正能力試 驗之分析與探討	陳意婷,王品皓	National Conference of Standards Laboratories, International(NCSLI)	20160727	11	美國	研討會論文	075A50143	0
42	輪廓投影儀校正之不確定 度評估	呂錦華,陳意婷,方承彥,王沛安	National Conference of Standards Laboratories,	20160726	14	美國	研討會論文	075A50147	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
			International(NCSLI)						
43	下吹式高壓氣體流量校正設備之精進	王文彬,楊峰銳,蘇峻民,Bodo Mickan	Internation Conference of Floe Measurement(Flomeko)	20160929	6	澳洲	研討會論文	075A50168	0
44	台灣長期空氣溫度變化測量和分析	蔡淑妃,王世堅,葉瑞元	TEMPMEKO	20160629	10	波蘭	研討會論文	075A50211	0
45	風力發電機噪音調查技術與探討	涂聰賢,游培堯,中秋峰,唐文元	中華民國振動與噪音工程學術研討會	20160625	4	中華民國	研討會論文	075A50036	0
46	國際標準 ISO 17123 應用於大地測量儀器校正之探討	李瓊武,彭焱祥,謝文祺,張明偉,黃宇中,張威政	測量及空間資訊研討會暨國土測繪成果發表會	20160825	9	中華民國	研討會論文	075A50073	0
47	運用光害動態變化研究台灣城市交通流量監測方法	彭保仁,溫照華,洪紹棠,何政霖,歐陽盟	海峽兩岸計量學術研討會	20161101	6	中華民國	研討會論文	075A50082	0
48	台灣航遙測感應器系統校正: 數位航空測量攝影機、空載光達系統及無人飛行載具系統攝影機	李瓊武,彭焱祥,張國明	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	4	中華民國	研討會論文	075A50099	0
49	葉克膜體外循環系統之血液幫浦流力分析	郭景宜,陳建源,何宜霖	全國計算流體力學學術研討會	20160819	5	中華民國	研討會論文	075A50100	0
50	超音波式流量計壓力效應研究	郭景宜,何宜霖	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	5	中華民國	研討會論文	075A50101	0
51	PVTt 系統雙邊比對成果	郭景宜	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	5	中華民國	研討會論文	075A50102	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
52	AC-PJVS 系統執行電感式分壓器校正之研究	陳士芳,許俊明	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	5	中華民國	研討會論文	075A50107	0
53	化粧品中二氧化鈦奈米粒徑量測	葉育嫻,曾湜雯,林君彥	奈米工程暨微系統技術研討會	20160825	4	中華民國	研討會論文	075A50114	0
54	風速計校正與風洞裝置設計	陳建源,蘇峻民	全國計算流體力學學術研討會	20160818	7	中華民國	研討會論文	075A50115	0
55	剪切式加速規結構設計與驗證	黃宇中,游培堯,張匡儀,王聖涵,陳俊凱	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	6	中華民國	研討會論文	075A50123	0
56	NML 低頻加速規之校正能量	王聖涵,張匡儀,黃宇中	海峽兩岸計量學術研討會	20161101	5	中華民國	研討會論文	075A50138	0
57	直流高壓(200 kV)分壓器之製作技術與性能驗證.	蘇聰漢	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	3	中華民國	研討會論文	075A50142	0
58	長尺量測系統評估	張威政,林旂萱,謝文祺	海峽兩岸計量學術研討會	20161101	5	中華民國	研討會論文	075A50144	0
59	2012 年至 2014 年標準電阻校正之能力試驗結果分析	洪辰昀,王品皓,蕭仁鑑	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	7	中華民國	研討會論文	075A50154	0
60	麥克 58 風靈敏度頻率響應量測不確定度分析與探討	郭淑芬,盧奕銘	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	6	中華民國	研討會論文	075A50155	0
61	扭力計校正之不確定度評估	呂錦華,陳茂源,張耀東,林秀璘	海峽兩岸計量學術研討會	20161103	5	中華民國	研討會論文	075A50162	0
62	掌上型熱管型探針熱導率量測儀	葉建志,柯心怡,徐瑋宏	中華民國力學學會全國力學會議	20161125	6	中華民國	研討會論文	075A50169	0
63	非自動衡器之力量傳感器模組測試系統研究	段靜芬,陳其潭	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	4	中華民國	研討會論文	075A50170	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
64	流場對科氏力式流量計量測影響性	江俊霖,何宜霖,陳逸正	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	4	中華民國	研討會論文	075A50185	0

(2).產業計量技術發展分項：計 30 篇(國外期刊 5 篇(含 1 篇 SCI)；國內期刊 5 篇；國外研討會 14 篇；國內研討會 6 篇)

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
1	不同類型之雙鎖模雷射絕對測距比較	劉子安,莊宜蓁,李浩瑋,許博爾,彭錦龍	Journal of Mechanics Engineering and Automation	20160420	5	美國	期刊論文	075A50010	0
2	工具機定位準確度與 LaserTRACER 進行 ISO 230-2/-6 測試結果之關係	李浩瑋,陳智榮,潘善鵬,劉惠中,許博爾	Applied Sciences-Basel	20160412	15	瑞士	期刊論文	075A50035	1.484
3	應用於液體中奈米粒子濃度監控之自動稀釋模組開發	葉育姍,翁漢甫,Kaoru Kondo	Sensors and Materials	20160622	6	日本	期刊論文	075A50076	0
4	雷射干涉儀應用於工具機定位準確度之估測	李浩瑋,劉惠中,潘善鵬,許博爾	The Journal of the Coordinate Metrology Systems Conference	20160430	4	美國	期刊論文	075A50188	0
5	小型自參考飛秒摻鉍光纖雷射振盪器無外部功率放大	彭錦龍,劉子安,程郁娟	European frequency and time forum	20160405	1	英國	研討會論文	075A40205	0
6	自製主軸運動誤差精度分析系統	張匡儀,王聖涵,涂聰賢,陳智榮	The International Conference on Computing and Precision Engineering	20161003	4	中華民國	研討會論文	075A50041	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
7	以雙自由運行之鎖模光纖雷射進行現場可編程輯間陣列之絕對測距技術	劉子安,程郁娟,李浩瑋,彭錦龍	The International Conference on Computing and Precision Engineering	20161001	4	中華民國	研討會論文	075A50045	0
8	低造價且抗酸鹼之霧化器於半導體工業之粒徑量測之應用	王盛翰,林彥良,何信佳,林秀臨	IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference	20160524	1	中華民國	研討會論文	075A50058	0
9	使用光譜反射儀作為高深寬比矽穿孔深度之量測	魏祥鈞,劉志祥,郭仲倫	The International Conference on Computing and Precision Engineering	20161001	7	中華民國	研討會論文	075A50075	0
10	單一 LaserTRACER 之座標量測儀校正系統量測不確定度評估	劉惠中,呂錦華	european society for precision engineering & nanotechnology	20160602	2	英國	研討會論文	075A50079	0
11	發展自動取樣模組用於監測液態粒子濃度	陳國棟	IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference	20160524	1	中華民國	研討會論文	075A50105	0
12	顯微式反射儀在高深寬比矽穿孔深度量測之設計	魏祥鈞,羅竣威,劉志祥	SPIE Optical Engineering	20160829	7	美國	研討會論文	075A50112	0
13	SPIE Optical Engineering	Mario Tapilouw Abraham,張奕	SPIE Optical	20160830	8	美國	研討會論文	075A50113	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
	2016 研討會論文-克服雙波包訊號影響之白光干涉系統應用於 PSS 微結構形貌量測	威,余隆佑,王浩偉	Engineering						
14	次微米解析度的光學粒子計數器的設計	倪懿池,潘小晞,陳生瑞	The International Multi-Conference on Engineering and Technology Innovation	20161028	5	中華民國	研討會論文	075A50151	0
15	TSI Model 3775 凝結粒子計數器之核化凝結現象模擬	余大昌	國際氣膠科技研討會	20160923	1	中華民國	研討會論文	075A50156	0
16	一種基於球面反射麥克森干涉法之座標量測儀光學式探頭系統之發展概念	李浩瑋,陳智榮	The International Conference on Computing and Precision Engineering	20161001	4	中華民國	研討會論文	075A50160	0
17	工具機垂直度於使用雷射追跡儀進行 ISO 230-2/-6 測試結果之影響	陳智榮,李浩瑋,許博爾,潘善鵬	The International Conference on Computing and Precision Engineering	20161001	4	中華民國	研討會論文	075A50161	0
18	藉由粒子濃度系統評估液態粒子計數器效率	陳國棟,翁漢甫	The International Multi-Conference on Engineering and Technology Innovation	20161029	1	中華民國	研討會論文	075A50189	0
19	新型高精度工具機空間檢測技術	潘善鵬,李浩瑋,許博爾,劉惠中	量測資訊計量技術專刊	20160301	3	中華民國	期刊論文	075A50012	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
20	自動追蹤雷射干涉儀應用於工具機 ISO 230-2/-6 測試與工具機誤差影響之探討	李浩瑋,潘善鵬,劉惠中	量測資訊雙月刊	20160501	6	中華民國	期刊論文	075A50013	0
21	二維及三維逐層掃描量測技術	卓嘉弘,陳心怡	量測資訊雙月刊	20160701	5	中華民國	期刊論文	075A50017	0
22	應用光譜反射儀於高深寬比砂通孔深度量測	魏祥鈞	量測資訊雙月刊	20160502	4	中華民國	期刊論文	075A50051	0
23	可用於智慧製造之即時線上直度與角度誤差量測之高精密光學感測器	李浩瑋,劉建宏	Smart Science	20160627	8	中華民國	期刊論文	075A50221	0
24	使用雷射追蹤儀於工具機空間定位誤差研究	潘善鵬,許博爾,李浩瑋,陳智榮	精密機械與製造研討會	20160521	5	中華民國	研討會論文	075A50049	0
25	進氣孔徑及壓力對雙流式霧化器所霧化粒子之粒徑之影響	王盛翰,林彥良,何信佳,林秀臨,	中華民國系統科學與工程研討會	20160708	3	中華民國	研討會論文	075A50059	0
26	建置自動稀釋模組檢測液體粒子計數器計數效率	翁漢甫,葉育姍,陳國棟	精密機械製造研討會	20160521	4	中華民國	研討會論文	075A50067	0
27	夾層玻璃阻抗量測系統	王聖涵,張匡儀,黃宇中,長春石化股份有限公司	海峽兩岸計量學術研討會	20161101	5	中華民國	研討會論文	075A50133	0
28	進氣氣壓對雙流體霧化器霧化奈微米氣膠之粒徑分佈及其穩定性之研究	林秀臨,王盛翰,林彥良,何信佳	Conference on Fine Particulate Matter (PM2.5) & Healthcare	20160923	3	中華民國	研討會論文	075A50141	0
29	雙槓桿式 5 kNm 扭矩原級標準機研製	陳秋賢,潘小晞,陳和順	海峽兩岸計量學術研討會	20161102	3	中華民國	研討會論文	075A50174	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
30	一項全部是偏振恆持的鎖模 8 字形光纖雷射之研究	陳韋華,劉子安,彭錦龍,安惠榮	中華民國物理年會	20160126	1	中華民國	研討會論文	075A50194	0

(3). 前瞻計量技術研究分項：計 12 篇(國外期刊 2 篇；國內期刊 2 篇；國外研討會 4 篇；國內研討會 4 篇)

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
1	經過營養區隔的蜘蛛網與蜘蛛絲表現樣貌	Sean J. Blamires,曾怡璇,吳忠霖,Soren Toft,David Raubenheimer,卓逸民	Scientific Reports	20160524	9	英國	期刊論文	075A50090	0
2	應用於光纖通訊 DWDM 之小型 100 GHz 微光梳產生系統	莊宜蓁,劉子安,丁維若,陳鑫封,程郁娟,許博爾,彭錦龍	Optical Engineering	20161031	4	美國	期刊論文	075A50095	0
3	100 GHz 間距之光通訊用多波長光源產生技術	劉子安,莊宜蓁,丁維若,陳鑫封,程郁娟,許博爾,彭錦龍	量測資訊雙月刊	20161101	6	中華民國	期刊論文	075A50104	0
4	鱸式金氧半場效電晶體幾何誤差與其電性之研究	李逸哲	量測資訊雙月刊	20160901	7	中華民國	期刊論文	075A50182	0
5	基於熔融石英微共振腔之緊緻型 100 GHz 光頻率梳的可行封裝設計	劉子安,陳鑫封,程郁娟,莊宜蓁,許博爾,彭錦龍	EMN Meeting on Optoelectronics	20160413	2	泰國	研討會論文	075A50011	0
6	利用高熱解定向石墨進行原子力顯微鏡 XY 掃描軸次奈米等級尺寸之校正	何柏青,傅尉恩,吳國真	NanoScale Proceeding	20160309	2	波蘭	研討會論文	075A50022	0
7	用於空氣中懸浮粒子質量量測之壓阻懸臂樑	陳生瑞,林彥良,吳忠霖	IEEE NANO 2008	20160824	3	日本	研討會論文	075A50136	0
8	模擬研究高效能超薄受應	李逸哲	The Annual	20161124	2	日本	研討會論文	075A50212	0

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
	力鰭式場效電晶		Conference on Engineering and Applied Science						
9	應用 X 射線反射儀(XRR)與電鏡技術(TEM)於前瞻半導體高介電常數/金屬多層堆疊薄膜之特性研究	簡筠珊,葉育姍,何柏青,李逸哲,陳國棟,傅尉恩	奈米元件技術研討會	20160512	2	中華民國	研討會論文	075A50046	0
10	利用 CFD 研究風洞截面效應	高奕桓,范盛詮,江昭緯	全國計算流體力學研討會	20160820	9	中華民國	研討會論文	075A50111	0
11	實用化頻率穩定之微共振腔光梳開發技術	丁維若,劉子安,莊宜蓁,陳鑫封,程郁娟,許博爾,彭錦龍	AOI Forum & Show	20161020	11	中華民國	研討會論文	075A50119	0
12	利用窄化通道增強鰭式場效電晶體效能	李逸哲	Taiwan Precision Technology Workshop	20161111	2	中華民國	研討會論文	075A50184	0

(4).法定計量技術發展分項：計 1 篇(國內期刊 1 篇)

項次	名稱	作者	會議/期刊名稱	發表日	頁數	國別	類別	資料編號	SCI IF 值
1	膜式氣量計音速噴嘴檢定系統評估與驗證	林文地,王文彬	標準與檢驗	20161107	15	中華民國	期刊論文	075A50198	0

附件七、技術報告一覽表

評估報告(MSVP)54份、校正報告(ICT)47份、技術報告41份，總計142份研究報告

(1).標準維持與國際等同分項：計113份(MSVP 50份、ICT 44份、技術報告19份)

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
1	輻射溫度計測試程序	20161116	CMS-RP-157	中文	非機密	劉春媛,柯心怡	12	073900136
2	微流量量測系統評估報告-稱重法	20160303	CMS-FR-1381	中文	非機密	蔡昆志	54	073940071
3	流量量測系統稱重平台校正與不確定度評估程序	20160308	CMS-FR-1742	中文	非機密	郭景宜,蔡昆志	20	073960107
4	奈米壓痕測試程序	20160318	CMS-FR-2112	中文	非機密	吳忠霖,林以青	26	073984315
5	混合氣驗證參考物質生產作業指引	20161011	CMS-FR-2568	中文	非機密	鄭瑞翔,林采吟,黃炯坤, 劉信旺	17	073A02398
6	FY101 至 FY104 NML 顧客資料分析	20161116	CMS-FR-3666	中文	非機密	林旂萱,陳意婷,王品皓	63	073A50102
7	泰國出差出國報告	20160606	CMS-FR-3584	中文	非機密	葉育嫻	12	073A50104
8	104 年度 NML 顧客滿意度調查研究報告	20160630	CMS-FR-3588	中文	非機密	洪辰昀,王品皓	15	073A50114
9	交流電能測試程序	20160803	CMS-FR-3597	中文	非機密	何宗翰	49	073A50124
10	Varena Sumemr School 2016 訓練報告	20160725	CMS-FR-3596	中文	非機密	葉育嫻	9	073A50130
11	光譜分析儀測試程序	20160920	CMS-FR-3630	中文	非機密	于學玲	8	073A50143
12	交流電功率測試程序	20160901	CMS-FR-3625	中文	非機密	何宗翰	72	073A50145
13	甲醇中鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯驗證參考物質生產作業指引	20160923	CMS-FR-3632	中文	非機密	葉明泓		073A50157
14	瓦倫那暑期學校訓練報告 2016	20160830	CMS-FR-3622	中文	非機密	葉建志	14	073A50146
15	105 年度 NML 內部稽核綜合報告	20161005	CMS-FR-3638	中文	非機密	洪辰昀,王品皓	62	073A50170
16	微波散射參數量測標準簡介	20161123	CMS-FR-3672	中文	機密	陳士芳,林文琪	13	073A50178
17	雙成分標準氣體國內能力試驗比對報告	20161121	CMS-FR-3670	中文	非機密	張君綾,劉信旺	15	073A50194
18	天然氣計量線上流量計算器軟體驗證	20161128	CMS-FR-3675	中文	非機密	王文彬	10	073A50216

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
19	分光輻射通量標準燈量測系統評估技術報告	20161230	CMS-FR-3735	中文	非機密	陳政憲	63	073A50293
20	衝擊加速規校正程序-比較法	20160906	CMS-ICT-034	中文	非機密	陳俊凱	18	073760007
21	角度塊規校正程序	20160802	CMS-ICT-040	中文	非機密	張威政	11	073760068
22	比流器量測系統校正程序	20160106	CMS-ICT-031	中文	非機密	蕭仁鑑	21	073760083
23	振動計校正程序-比較法	20160913	CMS-ICT-088	中文	非機密	崔廣義	11	073770030
24	聲音校正器校正程序-比較法	20160831	CMS-ICT-139	中文	非機密	郭淑芬	28	073800027
25	磁通計校正程序	20160714	CMS-ICT-187	中文	非機密	蕭仁明	10	073810017
26	黏度系統旋轉式黏度計校正程序	20160420	CMS-ICT-204	中文	非機密	葉明泓	20	073810063
27	微波功率感測器校正程序	20160803	CMS-ICT-298	中文	非機密	林文琪	27	073820093
28	加速規校正程序-比較法	20160909	CMS-ICT-234	中文	非機密	陳俊凱	30	073830038
29	加速規校正程序-條紋計數法	20160909	CMS-ICT-237	中文	非機密	崔廣義	11	073830045
30	麥克風音壓靈敏度校正程序-互換法	20160901	CMS-ICT-238	中文	非機密	盧奕銘	38	073830046
31	探索線圈校正程序	20160714	CMS-ICT-241	中文	非機密	蕭仁明	14	073830049
32	聲音校正器校正程序-內插電壓法	20160901	CMS-ICT-242	中文	非機密	郭淑芬	31	073830050
33	直流電阻系統校正程序	20161110	CMS-ICT-252	中文	非機密	程郁娟	22	073840042
34	微電流系統校正程序	20160419	CMS-ICT-272	中文	非機密	蕭仁鑑	10	073840109
35	低頻振動計校正程序-比較法	20160909	CMS-ICT-314	中文	非機密	崔廣義	10	073860044
36	低頻加速規校正程序-比較法	20160908	CMS-ICT-319	中文	非機密	王聖涵	29	073860085
37	高壓氣體流量系統氣量計校正程序-比較法	20161228	CMS-ICT-325	中文	非機密	王文彬	29	073860115
38	低頻加速規校正程序-正弦逼近法	20160908	CMS-ICT-327	中文	非機密	王聖涵	25	073870004
39	電容量測系統校正程序-100 kHz、1MHz 電容標準	20160831	CMS-ICT-349	中文	非機密	程郁娟	38	073900007
40	氣體式活塞壓力計(連通比較法)校正程序	20161115	CMS-ICT-359	中文	非機密	吳國真	25	073900068
41	加速規校正程序-正弦逼近法	20160909	CMS-ICT-368	中文	非機密	崔廣義	11	073900117
42	分度盤校正程序	20160721	CMS-ICT-372	中文	非機密	張威政	1	073910026

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
43	風速量測系統風速計校正程序-雷射都卜勒法	20161228	CMS-ICT-405	中文	非機密	陳建源	23	073930130
44	低溫絕對輻射系統光輻射功率校正程序	20160118	CMS-ICT-407	中文	非機密	于學玲	17	073930196
45	微流量量測系統微流量計與幫浦校正程序-稱重法	20160303	CMS-ICT-415	中文	非機密	蔡昆志	22	073940095
46	電荷放大器校正程序	20160910	CMS-ICT-447	中文	非機密	崔廣義	19	073960230
47	噪音計音壓位準校正程序	20160901	CMS-ICT-449	中文	非機密	郭淑芬	15	073970083
48	衝擊加速規校正程序—相位運算法	20160822	CMS-ICT-462	中文	非機密	陳俊凱	22	073986157
49	小質量量測系統法碼校正程序-直接衡量法	20160810	CMS-ICT-469	中文	非機密	段靜芬	39	073A00756
50	分光輻射通量標準燈校正程序	20160104	CMS-ICT-476	中文	非機密	吳貴能,徐榕鎂	16	073A10073
51	麥克風自由場靈敏度校正程序-互換法	20160831	CMS-ICT-485	中文	非機密	郭淑芬	23	073A20205
52	氣瓶氣體充填質量與混合氣濃度驗證程序-秤重法	20160908	CMS-ICT-493	中文	非機密	鄭瑞翔,黃炯坤,劉信旺, 林采吟	27	073A30179
53	單相交流電功率量測系統(10 mA 至 80 A)校正程序	20160108	CMS-ICT-504	中文	非機密	蔡琇如	79	073A30312
54	單相交流電能量測系統(10 mA ~ 80 A)校正程序	20160108	CMS-ICT-503	中文	非機密	蔡琇如	33	073A30313
55	氣體濃度稀釋裝置校正程序-光譜法	20160421	CMS-ICT-506	中文	非機密	張君綾	30	073A40079
56	座標量測儀校正程序	20160816	CMS-ICT-517	中文	非機密	許博爾,潘善鵬	22	073A40118
57	力平衡式活塞壓力計校正程序	20161103	CMS-ICT-523	中文	非機密	洪溱川	14	073A40158
58	長尺校正程序	20160506	CMS-ICT-513	中文	非機密	張威政,謝文祺	14	073A50037
59	低壓氣體流量計校正程序—比較法	20160722	CMS-ICT-515	中文	非機密	張君綾,楊逸群	12	073A50050
60	天平校正程序	20160816	CMS-ICT-518	中文	非機密	鄭瑞翔,段靜芬,游議輝, 黃炯坤	14	073A50077
61	氣體式活塞壓力計(PG-7601)校正程序	20161128	CMS-ICT-524	中文	非機密	吳國真	23	073A50080
62	全光通量系統光通量標準燈校正程序—3 m 積分球	20160831	CMS-ICT-519	中文	非機密	陳政憲	19	073A50128
63	麥克風音壓靈敏度校正程序-比較法	20160912	CMS-ICT-520	中文	機密	盧奕銘	18	073A50152
64	加速規校正系統評估報告—比較法	20160909	CMS-MSVP-035	中文	非機密	崔廣義	30	073760027

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
65	比流量測系統評估報告	20160104	CMS-MSVP-019	中文	非機密	蕭仁鑑	13	073760044
66	分光輻射系統分光輻射照度標準燈評估報告	20160509	CMS-MSVP-065	中文	非機密	張佳瑩,莊宜蓁,蕭金釵	40	073800028
67	黏度系統旋轉式黏度計評估報告	20160420	CMS-MSVP-074	中文	非機密	葉明泓	17	073800094
68	衝擊加速規校正系統評估報告-比較法	20160906	CMS-MSVP-079	中文	非機密	陳俊凱	19	073810029
69	聲音校正器校正系統評估報告-比較法	20160831	CMS-MSVP-093	中文	非機密	郭淑芬	37	073820024
70	微波功率量測系統評估報告	20160607	CMS-MSVP-169	中文	非機密	林文琪	47	073820092
71	磁通計校正系統評估報告	20160817	CMS-MSVP-109	中文	非機密	蕭仁明	19	073830021
72	麥克風音壓靈敏度校正系統評估報告-互換法	20160901	CMS-MSVP-117	中文	非機密	郭淑芬,盧奕銘	53	073830068
73	加速規校正系統評估報告-條紋計數法	20160909	CMS-MSVP-116	中文	非機密	崔廣義	21	073840006
74	直流電阻系統評估報告	20161110	CMS-MSVP-130	中文	非機密	程郁娟	25	073840073
75	大水流量系統評估報告-稱重法	20160303	CMS-MSVP-167	中文	非機密	何宜霖,江俊霖	10	073850067
76	小水流量系統評估報告-稱重法	20160303	CMS-MSVP-172	中文	非機密	江俊霖	56	073850095
77	低頻加速規校正系統評估報告-比較法	20160908	CMS-MSVP-186	中文	非機密	王聖涵	45	073860093
78	低壓氣體流量校正系統評估報告 —Piston Prover	20160301	CMS-MSVP-187	中文	非機密	林文地	38	073860094
79	高壓氣體流量系統評估報告-稱重法	20160303	CMS-MSVP-189	中文	非機密	王文彬	29	073860112
80	低頻加速規校正系統評估報告-正弦逼近法	20160908	CMS-MSVP-198	中文	非機密	王聖涵	39	073870011
81	大質量量測系統評估報告-Mettler KC1000 質量比較儀搭配 ID5 終端機	20160810	CMS-MSVP-199	中文	非機密	段靜芬	10	073870012
82	低壓氣體流量校正系統(F06)評估報告—標準流量計法	20160301	CMS-MSVP-227	中文	非機密	林文地	45	073890123
83	電容量測系統評估報告-100 kHz~1 MHz 電容標準	20160831	CMS-MSVP-232	中文	非機密	程郁娟	30	073900011
84	高壓氣體流量系統評估報告-比較法	20160303	CMS-MSVP-242	中文	非機密	王文彬	15	073900098
85	校正微波功率計評估報告	20160803	CMS-MSVP-246	中文	非機密	林文琪	21	073900133
86	加速規校正系統評估報告-正弦逼近法	20160909	CMS-MSVP-247	中文	非機密	崔廣義	28	073900135

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
87	分度盤校正系統評估報告	20160721	CMS-MSVP-251	中文	非機密	張威政	18	073910027
88	聲音校正器校正系統評估報告-內插電壓法	20160901	CMS-MSVP-256	中文	非機密	郭淑芬	58	073910061
89	絕對輻射系統照度計評估報告	20160512	CMS-MSVP-266	中文	非機密	陳鑫封	41	073910082
90	風速量測系統評估報告-雷射都卜勒法	20160303	CMS-MSVP-289	中文	非機密	陳建源	18	073930129
91	低溫絕對輻射系統分光輻射功率響應系統評估報告	20160601	CMS-MSVP-297	中文	非機密	于學玲	33	073940036
92	振動計校正系統評估報告-比較法	20160913	CMS-MSVP-298	中文	非機密	崔廣義	23	073940077
93	低頻振動計校正系統評估報告-比較法	20160909	CMS-MSVP-300	中文	非機密	崔廣義	24	073940085
94	電荷放大器校正系統評估報告	20160910	CMS-MSVP-328	中文	非機密	崔廣義	15	073960240
95	噪音計音壓位準校正系統評估報告	20160901	CMS-MSVP-330	中文	非機密	郭淑芬	32	073970082
96	衝擊加速規校正系統評估報告-相位運算法	20160822	CMS-MSVP-342	中文	非機密	陳俊凱	28	073986126
97	雙壓濕度產生器(2500)校正系統評估報告	20160309	CMS-MSVP-346	中文	非機密	柯心怡	24	073995146
98	低壓氣體流量校正系統評估報告-標準流量計法	20160301	CMS-MSVP-350	中文	非機密	林文地	46	073A02073
99	分光輻射通量標準燈評估報告	20161121	CMS-MSVP-355	中文	非機密	吳貴能	57	073A10094
100	麥克風自由場靈敏度校正系統評估報告-互換法	20160831	CMS-MSVP-373	中文	非機密	郭淑芬	34	073A30113
101	單相交流電功率量測系統(10 mA 至 80 A)評估報告	20160108	CMS-MSVP-386	中文	非機密	蔡琇如	60	073A30317
102	單相交流電能量測系統(10 mA 至 80 A)評估報告	20160108	CMS-MSVP-385	中文	非機密	蔡琇如	25	073A30320
103	氣體濃度稀釋裝置量測系統評估報告-光譜法	20160421	CMS-MSVP-390	中文	非機密	張君綾	32	073A40080
104	交流可編輯式約瑟夫森電壓量測系統評估報告	20160205	CMS-MSVP-395	中文	非機密	陳士芳	13	073A50027
105	長尺校正不確定度評估報告	20160509	CMS-MSVP-396	中文	非機密	張威政,謝文祺	15	073A50036
106	低壓氣體流量計校正評估報告-比較法	20160722	CMS-MSVP-397	中文	非機密	張君綾,楊逸群	20	073A50051
107	天平校正系統評估報告	20160816	CMS-MSVP-399	中文	非機密	鄭瑞翔,段靜芬,游議輝, 張君綾	19	073A50081
108	甲醇中鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯濃度檢驗、均勻性與穩定性評估報告	20161025	CMS-MSVP-403	中文	非機密	徐繹翔,劉益宏	25	073A50109

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
109	氣體式活塞壓力計(PG-7601/1974)評估報告	20161128	CMS-MSVP-408	中文	非機密	劉力維	25	073A50126
110	全光通量系統光通量標準燈量測系統評估報告-3 m 積分球	20160901	CMS-MSVP-400	中文	非機密	陳政憲	42	073A50127
111	力平衡式活塞壓力計系統評估報告	20161104	CMS-MSVP-407	中文	非機密	洪溱川	25	073A50131
112	麥克風音壓靈敏度校正系統評估報告-比較法	20160912	CMS-MSVP-401	中文	機密	盧奕銘,郭淑芬	34	073A50151
113	氣體式活塞壓力計(PG-7601/1998)評估報告	20161128	CMS-MSVP-409	中文	非機密	劉力維	24	073A50156

(2).產業計量技術發展分項：計 17 份(ICT 3 份、MSVP 4 份、技術報告 10 份)

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
1	高精度與快速之小型模組化絕對測距技術	20160205	CMS-FR-3567	中文	非機密	劉子安,張威政,程郁娟,彭錦龍	11	073A40199
2	氣膠凝結成長之物理現象	20161111	CMS-FR-3663	中文	非機密	余大昌,陳生瑞,潘小晞,羅英傑	17	073A50044
3	液體粒子計數器的計數效率測定方法與標準程序	20160705	CMS-FR-3591	中文	非機密	翁漢甫	14	073A50103
4	透過稀釋法所計算出的液體中粒子計數器計數效率不確定度研究	20160907	CMS-FR-3626	中文	非機密	翁漢甫,陳國棟	13	073A50150
5	自動追蹤雷射干涉儀之兩軸旋轉治具調校技術報告	20161103	CMS-FR-3659	中文	非機密	陳智榮,李浩璋,許博爾,潘善鵬	23	073A50171
6	自製雙流體霧化模組應用於溶液中粒子數量濃度量測之效率研究	20161024	CMS-FR-3647	中文	機密	王盛翰,林彥良,何信佳,林秀臨	11	073A50175
7	多倍率白光干涉形貌量測系統評估	20161104	CMS-FR-3660	中文	非機密	張奕威,Mario Tapi,李漢文	14	073A50190
8	高深寬比矽穿孔深度白光光譜反射量測系統	20161102	CMS-FR-3656	中文	機密	魏祥鈞	11	073A50191
9	不同架構下之全保偏摻鉀光纖鎖模八字形雷射	20161110	CMS-FR-3662	英文	非機密	彭錦龍,劉子安	69	073A50198

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
10	In-situ 加工顫振檢測技術報告	20161124	CMS-FR-3673	中文	非機密	張匡儀,王聖涵,涂聰賢, 李浩璋	9	073A50202
11	電子式非自動衡器校正程序	20161103	CMS-ICT-522	中文	非機密	段靜芬	11	073A50059
12	階規校正程序	20161230	CMS-ICT-526	中文	非機密	陳智榮,許博爾,潘善鵬, 李浩璋	12	073A50193
13	扭矩校正系統校正程序-扭矩傳感器	20161230	CMS-ICT-525	中文	非機密	陳秋賢	16	073A50244
14	電子式非自動衡器校正系統評估報告-電子式質量比較儀	20161103	CMS-MSVP-406	中文	非機密	林以青,段靜芬	10	073A50119
15	座標量測儀校正系統評估報告	20160816	CMS-MSVP-398	中文	非機密	許博爾,劉惠中	19	073A40238
16	階規校正系統評估報告	20161230	CMS-MSVP-411	中文	非機密	許博爾,陳智榮,潘善鵬, 李浩璋	17	073A50192
17	扭矩校正系統評估報告	20161230	CMS-MSVP-410	中文	非機密	陳秋賢	21	073A50245

(3).前瞻計量技術研究分項：計 5 份(技術報告 5 份)

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
1	利用 IMD 模擬多層薄膜之 X-RAY 反射光譜研究	20160623	CMS-FR-3583	中文	非機密	李逸哲,簡筠珊,何柏青, 傅尉恩	28	073A50105
2	可攜式光纖通訊用多波長光源開發	20161021	CMS-FR-3645	中文	非機密	劉子安,丁維若,莊宜蓁, 陳鑫封,程郁娟,許博爾	11	073A50179
3	光纖通訊用光梳頻率穩定度分析與其鎖模技術開發	20161028	CMS-FR-3650	中文	非機密	劉子安,莊宜蓁,陳鑫封, 丁維若,程郁娟,彭錦龍	10	073A50184
4	非侵入式流量量測技術	20161220	CMS-FR-3690	中文	非機密	范盛詮,蘇峻民,高奕桓, 李宗錡	16	073A50199
5	小型光學式粒子計數設計製作概要	20161117	CMS-FR-3668	中文	非機密	倪懿池,陳生瑞,潘小晞	34	073A50200

(4).法定計量技術發展分項：計 7 份(MSVP 0 份、ICT 0 份、技術報告 7 份)

項次	名稱	產出日期	輔助編號	語言	機密等級	作者	頁數	資料編號
1	非自動衡器型式認證技術規範研究(OIML R76-1 (2006)：計量和技術要求 – 測試)	20160705	CMS-FR-3590	中文	非機密	吳國真	127	073A50115
2	超音波氣量計檢定檢查技術規範草案	20160923	CMS-FR-3631	中文	非機密	范盛詮,林文地	6	073A50160
3	OIML R76:2006 法規之電子衡器附加測試新增部分相容性測試研究報告	20161130	CMS-FR-3677	中文	非機密	劉家維,段靜芬	31	073A50176
4	紅外線耳式體溫計準確度測試程序-實驗室適用	20161031	CMS-FR-3652	中文	非機密	柯心怡,葉建志	14	073A50180
5	超音波氣量計檢定檢查技術規範草案(大型錶)	20161101	CMS-FR-3655	中文	非機密	范盛詮,林文地	7	073A50187
6	轉子式氣量計檢定檢查技術規範草案	20161115	CMS-FR-3665	中文	非機密	林文地,范盛詮	7	073A50206
7	電子式非自動衡器型式認證技術規範修訂建議書	20161228	CMS-FR-3714	中文	非機密	段靜芬	157	073A50207

附件八、研討會/技術推廣說明會/訓練課程一覽表

項次	名稱	舉辦期間 (起~迄)	舉辦地點	廠商家數	參加人數
壹、研討會					
1	尺寸精密量測技術研討會-基礎班	105.03.07-105.03.08	新竹	20	24
2	ISO GUM 量測不確定度與統計應用研習會－統計先修	105.03.15-105.03.15	新竹	8	13
3	ISO GUM 量測不確定度與統計應用研習會－基礎班	105.03.16-105.03.17	新竹	10	14
4	精密工業之智慧機械振動計量應用技術研討會	105.05.03-105.05.04	新竹	21	41
5	扭矩量測技術研討會	105.05.10-105.05.10	新竹	9	13
6	2016 奈米量測技術研討會	105.06.29-105.06.29	新竹	9	13
7	光量量測技術研討會	105.07.01-105.07.01	新竹	16	25
8	尺寸精密量測技術研討會-進階班	105.08.09-105.08.09	新竹	16	32
9	溫濕度量測技術研討會	105.08.24-105.08.24	新竹	26	41
10	細懸浮微粒(PM2.5)量測技術研習班	105.09.06-105.09.06	新竹	12	25
11	電量量測與校正技術研討會	105.10.28-105.10.28	新竹	18	25
12	電量量測技術研討會	105.12.23-105.12.23	新竹	4	30
小計				169	296
貳、技術推廣說明會/成果發表會					
1	2016 年精密溫度熱源與熱物性量測技術研討會	105.03.30~105.03.30	新竹	38	75
2	智慧機械應用技術發表會(台北場)	105.04.12~105.04.12	台北	25	34

項次	名稱	舉辦期間 (起~迄)	舉辦地點	廠商家數	參加人數
3	智慧機械應用技術發表會(台中場)	105.04.22~105.04.22	台中	46	73
4	智慧機械應用技術發表會(台南場)	105.04.29~105.04.29	台南	20	35
5	2016 精密機械計量技術研討會	105.08.23-105.08.23	台中	70	127
6	國家度量衡標準實驗室校正服務能力精進成果發表會	105.12.22-105.12.22	新竹	23	56
7	520 世界計量趨勢研討會(協辦)	105.05.18-105.05.18	新竹	31	167
小計				253	567
參、計量人員訓練課程					
1	衡器原理、校正及相關國際規範介紹	105.09.09-105.09.09	台南	18	39
小計				18	39
總計				440	902

附件九、研究成果統計表

成果 項目	專利權 (項數)		著作權 (項數)	論文 (篇數)		一般研究報告 (篇數)			技術創新 (項數)				技術 引進 (項數)	技術移轉 或專利應用		技術服務		研討會		
	獲證	申請		期刊	研討會	技術	調查	訓練	產品	製程	應用軟體	技術		項數	廠家	項數	廠家	場次	人數	日數
標準維持與國際等同	1	0		35	29	113		34						23	21			20	902	22
產業計量技術發展	3	2		10	20	17		3												
前瞻計量技術研究	0	2		4	8	5		3												
法定計量技術發展	0	0		1	0	7		2												
小計	4	4		50	57	142		42						23	21			20	902	22
合計	8		-	107		184			-				-	-		-		-		

註：(1) 技術創新一欄中所謂產品係指模型機、零組件、新材料等。

(2) 專利權及著作權項數以當年度核准項目為主，若為申請中案件則於次年度中列報。

(3) 研討會含在職訓練、成果發表會、說明會、論壇。

附件十、國家度量衡標準實驗室校正服務成果統計表

項次	領域別	105 年校正數量(件)			合計
		收費校正	NML 自校	BSMI 免收費校正	
1	電 量	1039	129	47	1215
2	磁 量	287	6	1	294
3	光 量	429	22	5	456
4	微 波	134	2	1	137
5	溫 度	95	53	14	162
6	濕 度	62	35	5	102
7	化 學	68	55	0	123
8	振 動	23	14	0	37
9	聲 量	331	37	0	368
10	長 度	826	61	7	894
11	質 量	19	21	23	63
12	力 量	308	21	4	333
13	壓 力	119	52	29	200
14	真 空	31	8	0	39
15	流 量	312	73	17	402
	小 計	4083	589	153	4825

附件十一、執行進度與計畫符合情形

1.標準維持與國際等同分項

預定進度 ———— 實際進度 - - - - -

工作項目	105 年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A.產業服務												
●提供校正服務			(1)			(2)			(3)			(4)
●舉辦研討會/在職訓練												(5)
●出版「量測資訊」												(6)
●維護更新 NML 網站												(7)
●執行新聞、推廣業務												(8)
●執行公關業務												(9)
B.國際等同												
●執行第三者認證												(1)
●執行國際比對												(2)
C.系統維持												
●維持品質運作審核業務			(1)			(2)			(3)			(4)
●進行內部稽核與管理審查									(5)			
●進行實驗室環境與安全系統 定期檢查/維護						(6)		(7)				(8)
●撰寫/修正 ICT 及 MSVP							(9)					(10)
●客戶滿意度調查												(11)
●維護標準系統												(12)
●執行國內/外追溯												(13)
●系統精進/改良												
-全光通量校正系統						(14)			(15)			(16)
-振動比較校正系統								(17)		(18)		(19)
-直流電阻系統系統					(20)				(21)			(22)
-氣壓量測系統						(23)			(24)			(25)
-標準麥克風比較校正系統					(26)				(27)			(28)
-高壓氣體流量系統					(29)				(30)			(31)
-風速量測系統								(32)		(33)		(34)
●系統設備汰換												(35)
進度百分比%	25%			50%			75%			100%		

2. 產業計量技術發展分項

進度 工作項目	105 年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. 三維尺寸量測系統與技術												
• 階規校正技術				(1)	(2)	(3)	(4)					
• 自動追蹤雷射絕對測距技術			(5)	(6)	(7)	(8)						
• 超音波顫振感測與相位解調技術			(9)	(10)	(11)	(12)						
B. 半導體多維參數量測標準技術												
• μ -Bump 參考標準件製作		(1)	(2)	(3)								
• 白光干涉量測系統建立		(4)	(5)	(6)								
• μ -Bump 量測評估							(7)	(8)				
C. 氣膠粒子量測標準技術												
• 溶液中粒子量測應用技術			(1)	(2)	(3)							
• 奈米粒子凝結技術			(4)	(5)	(6)							
• 液體中粒子計數器自動檢校技術				(7)	(8)	(9)						
D. 扭矩標準系統												
• 5 kN 扭矩系統設計製作			(1)	(2)	(3)	(4)						
• 系統自動化								(5)				
• 系統評估											(6)	
進度百分比% (依經費之比重計算)	24%			50%			78%			100%		

3. 前瞻計量技術研究分項

進度 工作項目	105 年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. 光通訊頻率標準技術					(1)	(2)	(3)					
B. 高靈敏質量偵測技術					(1)	(2)	(3)					
C. 薄膜厚度量測技術						(1)	(2)	(3)				
D. 非侵入式流量量測技術							(1)	(2)				
進度百分比% (依經費之比重計算)	25%			50%			75%			100%		

4.法定計量技術發展分項

進度 工作項目	105 年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A.CNPA 76 與新版 R76 (2006) 調和評估												
1.法規相容性研究(R76 附錄 B 新增部分)	===== (1)											
2.專家座談會辦理							===== (2)	===== (3)				
3.規範草案擬訂					===== (4)	===== (4)	===== (4)	===== (4)	===== (4)	===== (4)	===== (4)	===== (4)
B.超音波及轉子式氣量計檢測技術研究												
1.超音波氣量計檢定檢查技術開發與驗證	===== (1)											
2.研擬超音波氣量計檢定檢查技術規範草案		===== (2)										
3.轉子式氣量計檢定檢查技術開發與流量計算器驗證			===== (3)									
4.研擬轉子式氣量計檢定檢查技術規範草案						===== (4)						
C.耳溫槍檢測技術研究												
1.國際規範蒐集研究	===== (1)											
2.耳溫計測試方法研究						===== (2)						
3.國內市場現況評估與分析				===== (3)								
進度百分比%	18 %		49 %				82 %			100 %		

附件十二、105 年度結案審查委員意見回覆表

計畫名稱：國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫（4/4）

105 年度 細部計畫審查 期中報告 期末報告

建 議 事 項	說 明
A 委員	
1.本計畫旨在建立、拓展具國際等同性之國家最高實體量測標準，提供國內產業民生之量測追溯，確保研發階段及生產製造之量測一致性及準確性，滿足國家科技、產業、民生、安全之量測儀器追溯校正需求，維繫國家品質基磐，整體執行品質佳。	感謝委員肯定及鼓勵，國家度量衡標準實驗室將持續堅守崗位，善盡 NML 任務，維持國家量測標準之國際等同，提供國內產業民生之量測追溯，以計量基磐輔助整體科技發展。
2.整體計畫之執行成果豐碩，皆有完成原計畫之預定目標數，建議能持續將相關計畫成果撰寫成國內外專利並技轉給業界，以增強國內廠商競爭力。	感謝委員肯定及鼓勵，符合專利申請要件的計畫成果將提出專利申請。NML 並將持續以計量技術服務業界，強化對產業技術發展之支援。
3.計畫部分查核點工作說明之描述不夠明確，請具體說明或簡易量化其內容以供查核相關執行績效。而在法定計量技術發展分項之相關成果較缺乏，宜進一步具體說明並於後續計畫改善之。另國外期刊及國外研討會論文發表篇數較少，宜改善之以提升臺灣在該領域之國際地位。	查核點工作說明乃依據計畫書之查核點對應說明，還請委員提點未盡完善之處，以於下一版結案報告補強說明。 感謝委員提醒。法定分項任務在配合主管機關，進行法定計量器相關規範之研擬/修訂與計量技術研究，在規範嚴謹性、國際調和性的前提之下，依據國際建議之技術規範與管理制度，研擬適用於我國之法定計量儀表所需之技術標準，故成果部分以技術規範草案或建議書等為主，供主管機關參用。 感謝委員的期許。至 105.12.31 日國外期刊及研討會論文發表篇數為 47 篇(SCI 10 篇)，在資源及研發課題對應下，NML 將持續努力計量技術的提升及國際交流。
4.無其他改善事項。	感謝委員肯定及鼓勵。
B 委員	
1.摘要過長，不像摘要 報告分部門撰寫，但各章節格式不一致，建議統一使用一個 word 範本(*.dotx)。整本報告，大標題、小標題均使用相同字體大小、未加區分，讀起來非常吃力。特殊名詞的英譯文字有	為表達 NML 執行政府計畫之執行成果與效益，本計畫以 6 頁重點摘要，闡述近 300 頁執行報告內容，期能有效表達執行成果，展現績效，供管考單位瞭解。還請委員諒察。 另感謝委員建議，將依建議再檢視及確認英

建議事項	說明
的大寫、有的小寫，並未統一。	譯文字適切表達方式，調整標題以有效提高文件之可視性。
2.報告缺參考文獻，建議補上。	感謝委員對計畫之關心，本執行報告旨在呈現執行團隊本年度於本計畫中所產生之各項研究與發展成果，重點著眼於實務過程及研發成果之描述，因此未列參考文獻，請委員諒悉。
3.報告中，準確度與精度用詞未統一。	感謝委員提醒，將統一用語為準確度。
4.報告中提到廠商名稱時有的地方用全名，有些地方去掉一個字，應是考慮個資法，但各章節作法未統一。	感謝委員提醒，將統一表達方式，於下一版結案報告修正。
5.P.25，階規校正技術，看起來有超出目標，why 差異分析未提？ μ_Bump 參考標準件製作之功能說明不完整；白光干涉儀量測系統建立之功能說明亦不完整。	感謝委員指正，階規校正技術不確定度評估結果於期末報告初稿呈現時，尚未完成審閱，故僅將現有數據進行呈現，目前已完成審閱，結果為 $0.28 \mu\text{m} + 0.4 \times 10^{-6} \text{L}$ 超出目標。 μBump 參考標準件係利用熱融方式((Thermal reflow process))製作於晶圓表面，目前有直徑 $20 \mu\text{m}$ 、 $30 \mu\text{m}$ 和 $40 \mu\text{m}$ 三種規格，主要提供相關設備量測追溯用，以確保量測的準確性。本計畫之白光干涉儀量測系統主要可提供 μBump 的形貌、球體直徑和高度的量測。
6.P.37，(2)與 NIST...下方第 3 行，“然而此在技術節點下”應該改成“然而在此技術節點下”。	感謝委員指正，將於下一版結案報告修正。
7.P.46-48，(2)項底下的每一個項目，建議補上參考文獻/報告資訊，並附上時間點。	P.46-48，(2)項底下的每一個項目皆有對應之校正報告編號可查詢，因依據 ISO/IEC 17025 4.1.5 需確保顧客機密資料與財產權及計畫個資法規定，揭露資料有限。可於現場查證當日，提供校正收發件系統資訊供查閱，請委員諒察。
8.P.49，(2)專家口述歷史...，這一項目的不太清楚，建議加上說明。	專家口述歷史目的為文物史料調查，藉由訪談過程中配合實地文物史料調查，或由受訪者提供與訪談主題相關之實體物件、照片、檔案、文獻、影音資料等，建立史料調查檔案。「專家」身分以度量衡、商品檢驗、標準之發展有重要貢獻的人物，或與重要事件或

建 議 事 項	說 明
	業務之發展有關的人物為優先訪談對象。上述說明將補充於下一版結案報告。
9.P.43-57，在歸類不同標題時，顯得有些混亂，例如：p.49 3.文物數位典藏標題下，出現專家口述歷史…，相關性頗牽強；度量衡探索箱…也出現在文物數位典藏標題下，這也很突兀。	1.p43-57 係依所對應之工作項目，逐項說明執行成果，將再審視適當表達方式修正之。 2.文物數位典藏為配合主管機關之執行項目-「105 年文物數位典藏網資料擴充及度量衡科普教育推廣服務計畫」，該執行項目(計畫)基於標準檢驗局文物典藏保存及知識宣導與推廣之目的，就該局度量衡、商品檢驗與標準之文物(包括檢測設備、重要文書、照片、口述歷史等)進行文物數位化、文物研究、建物數位化、數位網站維護與更新，以及開發「度量衡探索箱」科普教材並至偏遠地區進行度量衡科學知識之宣傳與推廣。請委員諒察。
10.P.95 之後，方程式許多未標號，且符號定義很多都漏掉，應修正。	感謝委員指正，將於下一版結案報告修正。
11.P.116-118，所有表格雖有標號，但文中並未引用(交互參照)，僅用文字「組裝與測試結果：」句子帶過，未明確指出該結果是哪個表格，這容易讓人困惑。	感謝委員指正，將補上所對應之表號，於下一版結案報告修正。
12.P.124，下方方程式符號未定義。	感謝委員指正，將於下一版結案報告訂正。
13.P.125 最後一行，「…量測結果顯示於畫面最右邊」，在圖 2-1-5 中完全看不出來，令人困惑。	感謝委員指正，將於下一版結案報告訂正。
14.P.134-135，方程式標號缺。	感謝委員指正，將於下一版結案報告訂正。
15.P.138，[本年度目標]不完整，應交代採用的方法。	感謝委員建議，[本年度目標]係依據原細部計畫書採一致性列示，因此未列採用的方法，而是於執行內容中說明。
16.P.139，方程式標號缺。hx,y 應改為 hx,y。	感謝委員指正，將於下一版結案報告更正。
17.P.141-143，「重覆」乃誤用，應改為「重複」。另，p.143 下方提到「重複精度」這指的是甚麼？高精度指的是高準確度？	感謝委員指正。其 p.143 下方提到「重複精度」指的是量測重複性；高精度指的是高準確度。將於下一版結案報告更正錯字及用詞。
18.P.144，圖 2-2-8 數據曲線的軸文字/數字字體太小，看不清楚。 表 2-2-2 中的水平方向寬度與垂直方向寬度指甚麼？	感謝委員建議，將於下一版結案報告將數據值放大標示。 水平方向寬度與垂直方向寬度更改為 X 方向寬度與 Y 方向寬度(由於樣品並非正圓，因此

建議事項	說明
	以兩個維度表示其寬度，並於圖上標示座標軸)。
19.P.145，側向干涉理論，應附上英譯。	感謝委員指正，將於下一版結案報告附上英譯。
20.P.146，方程式缺標號，且符號未定義。(3)項中「繞曲」指甚麼？應加上英譯。	感謝委員指正。「繞曲」為「撓曲」之筆誤，英文為 flexible。將於下一版結案報告中訂正。
21.P.149，表 2-2-4 中解析度是指縱向或橫向，應標明。	感謝委員指正，其解析度為縱向解析度，將於下一版結案報告中訂正。
22.P.168，表 2-4-4 中，重覆性應該為重複性。	感謝委員指正，將於下一版結案報告訂正。
23.P.169，方程式缺標號。	感謝委員指正，將於下一版結案報告訂正。
24.P.170，「未來推廣應用/效益」的內容與「推廣/效益」連不起來。	感謝委員指正，其扭矩系統建置後之未來推廣應用/效益增修如附表二，並於下一版結案報告中進行「未來推廣應用/效益」的內容修正。
25.P.178，[技術創新]下第一行，“金屬繞性”指甚麼？英譯呢？繞性是指撓性？	感謝委員提點，金屬「繞性」為「撓性」之筆誤，英文為 flexibility。
26.P.179，[國際技術比較]下方的表，因為所列項目很難對應，如何比較呢	感謝委員意見將修訂 P.179，修訂該表如附一，增列共振腔之規格參數，包括：使用材料、幾何尺寸、Q 值及產生之光梳間距，使能與技術領先國家單位現況做規格對應比較。
27.P.184-185，這兩頁有兩個“3.”小節，應是筆誤。	感謝委員指正，將更正誤植處。
28.P.220-221，型式認證是否為形式認證？	型式認證英文為 Pattern Approval 或 Type Approval，除外觀式樣外，主要與儀器的性能、規格、耐久性等大量製造時的要求相關。於度量衡法第四章度量衡型式認證，該法定文件即使用「型式認證」的文字。
29.P.221，法碼應改為砝碼。	「法碼」為法定計量的量具，依「度量衡業應備置之度量衡標準器及追溯檢校機構」法規中，其用語即使用「法碼」為正確之寫法。
30.P.232，方程式缺標號；可壓縮係數、壓縮係數，用詞未統一。 名詞英譯應統一字頭大寫或是均小寫。	感謝委員指正，將統一為“壓縮係數”，名詞英譯部分也將統一字頭，於下一版結案報告中修訂。
31.P.233 的方程式與 p.232 方程式完全相同，為何要出現兩次？	感謝委員指正，兩處文字皆提到此公式，將保留 p.232，並加上方程式標號。p.233 內容提及此方程式，以引用此方程式標號補充說

建議事項	說明
	明，於下一版結案報告中修訂。
32.P.234，方程式缺標號。	感謝委員指正，將於下一版結案報告中補充修訂。
C 委員	
1.報告書所載完成超音波顫振感測與相位解調技術，可解析出的顫振位移解析量約為 $4\mu\text{m}$ ，最大位移量為 8mm ，與校正過之加速規比較，差異值小於 $0.4\mu\text{m}$ 。惟加速規係量測加速度，如何與位移量比較？又位移解析量約為 $4\mu\text{m}$ ，為何可得到差異值小於 $0.4\mu\text{m}$ ？	<p>感謝委員的指教，如同委員所述，加速規量測參數為加速度值，若將當下量測的加速度值做兩次積分，可得到位移量測值。本計畫加速規訊號係利用 HP 35670A 頻譜分析儀擷取，該分析儀內建加速度信號轉換為位移訊號的功能(透過二次積分)，因此可與超音波量測之位移值進行比較。</p> <p>差異值小於 $0.4\mu\text{m}$ 有誤，感謝委員指正，正確應為最大差異為在低頻($<10\text{Hz}$)時之 $32\mu\text{m}@8\text{mm}$ 行程，最小差異為約 1kHz 時之 $0.02\mu\text{m}@1\mu\text{m}$ 行程。超音波顫振感測器所量測出的位移值是多次讀值後的平均，故與加速規相減後得到小於解析量的差異值。將於下一版結案報告中修訂圖 2-1-17 及相關內容說明。</p>
2.扭矩系統迴饋控制之平衡點誤差預期完成扭矩系統迴饋控制之平衡點誤差為 $\pm 100\mu\text{m}$ ，而實際完成之平衡點誤差為 $\pm 0.01\mu\text{m}$ 。其差異相當大，請說明原因為何？	考量產業需求，扭矩系統迴饋控制之平衡點誤差規格設定為 $\pm 100\mu\text{m}$ 。系統評估結果，平衡點之雷射干涉儀補償變動範圍是 $(0.03 \pm 0.01)\text{mm}$ ，即平衡點誤差為 $\pm 10\mu\text{m}$ ，優於預期。
3.本年度預期之校正服務收入目標數為 41,090 千元，至 11 月底達成數為 40,248 千元，請說明至年底實際之達成數為何？	至 105 年 12 月 31 日止，本年度校正服務收入為 43,640 千元。
D 委員	
1.第 I 頁報告摘要資料中之實際支用經費 263,731 仟元似與第 10 頁歲出預算執行之 274,631 仟元有出入，應予修正。	感謝委員指正，至 105 年 12 月 31 日止，執行單位實際支用數為 308,437 千元，因預算數為 307,639 千元，所以超出 798 千元執行單位自行吸收，本計畫年度決算數為 307,639 千元。
2.第 11 頁歲入繳庫之權利售價部分，若能訂定年度預算數，似較合理。	感謝委員提醒。101.10.24「研商科技技術研究發展成果歸屬及運用事宜會議」結論，本計畫研發成果認定屬社會公益又 NML 類似環境建構計畫，原則上不以專利數量及收入

建議事項	說明
	<p>為主要績效指標，專利與計畫效益可分開處理。</p> <p>另依據 105.12.02 經濟部沈次長主持之「經濟部 107 年度科技概算作業說明暨新興重點政策計畫商議會議紀錄」結論一：各單位研發成果收入繳庫數應以各單位預算之 0.5% 為目標，以彰顯計畫效益。據此以本計畫之規模繳庫目標約 1,540 千元。</p>
<p>3. 第 36 頁歲入收入部分，除校正服務外，餘產出分項之 105 年目標數，較諸 103~105 年達成數，似嫌略高，以致無法達成。</p>	<p>感謝委員關心，誠如委員所述歷年校正服務達成目標外，其他項目未能達成，但執行單位仍儘量努力，在總體歲入目標。至 105 年 12 月 31 日止，本年度歲入數達 48,992 千元，為預算數之 16%。</p>
<p>4. 第 36 頁量化成果顯示，在技術研發、系統維持、技術擴散三部分，絕大多數均逾 105 年之目標數，執行情況值得肯定。</p>	<p>感謝委員的肯定，本計畫將持續努力。</p>
<p>E 委員</p>	
<p>1. 在標準維持與國際等同分項</p> <p>(1) 計畫執行項目皆已達成標準，尤其在執行國內外追溯件數更是超出 151 件。</p> <p>(2) 進行技術/專利運用推廣方面，有 17 件，技轉金 5,786,048 元。技術與專利推廣部分超過百萬有三筆，其他件數金額較少，建議適當分析原因與因應。</p> <p>(3) 智慧機械領域的技術/專利的應用方面都沒有，這是政府發展重要政策，建議未來可以往這方面推廣。</p>	<p>(1) 國內外追溯為維持國家量測標準重要品質工作，日後將持續努力，以提供良好校正服務。</p> <p>(2) 技術與專利推廣部分超過百萬三筆，主要為協助廠商解決產線問題，故技轉金額較高。NML 計畫之專利產出，其屬性大部分為建置國家標準系統時衍生之校正量測裝置或校正量測方法，與產業關聯性非那麼直接，推廣及金額上有其限制。</p> <p>(3) 感謝委員建議，智慧機械為國家未來發展重點，未來將持續加強此技術能量及推廣。</p>
<p>2. 產業技量技術發展分項</p> <p>(1) 三維尺寸量測技術中的自動追蹤雷射絕對測距與線上音頻、振動量測技術這兩項技術是智慧機械發展的重要關鍵技術之一，目前為產業所需時間點，應加速應於產業，並分析未來市場應用與效益性與未來在技術/專利推廣應用面的規劃。</p> <p>(2) 智慧機械相關產業計量技術建議未來可列入</p>	<p>感謝委員的肯定，本計畫將持續努力，加速應用於產業，並分析未來市場應用與效益性與未來在技術/專利推廣應用面的規劃，積極蒐集及彙整智慧機械相關產業計量技術項目，並作為未來列入產業計量技術發展之考量。</p>

建議事項	說明
產業技量技術發展。	
3. 前瞻技量技術發展分項 (1) 這些技術發展應多強調應用於台灣產業的規劃，以利未來在技術服務與專利運用推廣的效益。 (2) 前瞻技量技術發展除了建立台灣在此計量技術能力外，未來台灣產業的承接性應多說明與分析。 (3) 前瞻技量技術建議要規劃發展智慧機械需求之前瞻計量技術。	(1) 感謝委員對本計畫期許，前瞻分項規劃與執行方向，係對 NML 運作所需及產業探詢之具前瞻性計量課題，進行技術研發與驗證，進而為發展為成熟的計量技術，提供產業可行解決方案。技術團隊將遵循委員之期望，除繼續提供技術諮詢服務外，力求展現專利運用效益。 (2) 如同委員所見，廠商之承接性確為計量技術能否有效保有及傳遞的重要影響因素，本分項亦因考量於此，故會透過產業計量技術發展分項將本分項所研發之技術進一步發展為廠商所適用之成熟計量技術。政府於 105 年 5 月起提出 5+2 產業創新政策，本分項亦已自下期程開始著手規劃發展智慧機械需求之前瞻計量技術，謝謝委員之提點。

附表一

修訂後之[國際技術比較]表(p. 179)

技術或量測系統名稱	技術領先國家/單位現況	NML 目前技術狀況	計畫執行完成狀況	市場需求狀況
• 雷射耦合環形共振腔之光梳產生	<ul style="list-style-type: none"> • 美國 NIST \ 石英環形腔 環形腔直徑： 170 μm ($Q=2\times 10^8$)、220 μm($Q=2\times 10^8$)、860 μm($Q=6\times 10^8$) • 美國 Cornell University \ SiN 半導體環形共振腔 環形腔直徑: 58 μm (輸出光梳間距 407 GHz) ($Q=5\times 10^5$) 	<ul style="list-style-type: none"> • 利用非線性四波混頻效應產生多個同樣間距的多波長光梳，使用石英加工成環形共振腔，直徑為 680 μm ($Q=1\times 10^7$)，光梳間距為 100 GHz。 	<ul style="list-style-type: none"> • 高功率(毫瓦等級)與穩頻(長時間擾動量 < 3 GHz)之光通訊用多波長光源，利用非線性四波混頻效應產生多個同樣間距的多波長光梳，使用石英加工成環形共振腔，直徑為 680 μm ($Q=1\times 10^7$)，光梳間距為 100 GHz。 	<ul style="list-style-type: none"> • 提供光通訊或光載無線通訊產業 DWDM 光通道頻率標準及頻率源，目前最常見的 DWDM 頻率間距規格為 100 GHz，功率為毫瓦等級。

附表二

【未來推廣應用/效益】

1. 手工具產品的品質設備之計量追溯與檢測

台灣的手工具產業密集度很高，根據「台灣手工具工業同業公會」網站資料，其會員名單約有 500 多家，其生產的扭力手工具幾乎全部外銷，每年外銷扭力扳手在 40 萬件以上，年產值高達 25 億美元以上。一般手工具廠都將扭矩視為廠內最高量測標準，用來校正或檢測所有標準件或產品。而扭力手工具是屬於大量生產的產品，尤其是高單價的外銷數位扭力工具需要高準確度及精密度的標準，必須有相對應的國家標準給予支援，因此，扭矩標準校正技術的完成，將可協助國內手工具廠商進行校正追溯與 TAF 認可實驗室之能力試驗比對，達成扭矩標準追溯的需求，提升國內手工具製造產業的產品品質，增加國際市場的競爭性。

2. 支援本土精密工具機之關鍵的結合扣件與傳動元件的產品再升級

經濟部自從提出「台灣產業結構優化—三業四化具體行動計畫」，篩選出之工具機智慧製造(製造業服務化)示範亮點產業，之後，為加速產業轉型升級擇定五大創新產業，「智慧機械」為其中之一，推動產業結構優化，結合中部精密機械產業能量，發展高階設備與智慧製造技術，推升中部地區成為結合研發、創新、製造高值化的工具機產業新聚落，發揮引領整體產業發展之效果。所以扭矩標準的建置完成，正可協助本土扭矩傳動元件與「主軸精密螺帽」的技術再升級，將成為台灣的另項新興扭矩產業，讓工具機主軸精密螺帽產業、傳動元件之連軸器產業、電機馬達產業等提升扭矩量測儀器設備，以提升產業競爭力，確保產業永續發展。

附件十三、國家度量衡標準實驗室量測標準系統能量與校正服務

105 年度國家度量衡標準實驗室量測標準系統能量與校正服務

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
1	標準麥克風互換校正系統	A01	(1) 1 英吋(符合 IEC 61094-1 LS1P) 頻率：20 Hz to 12.5 kHz (2) 1/2 英吋(符合 IEC 61094-1 LS2P) 頻率：20 Hz to 25 kHz	(1) 0.06 dB (20 Hz to 40 Hz) , 0.05 dB (40 Hz(不含) to 5 kHz) , 0.08 dB (5 kHz(不含) to 10 kHz) , 0.12 dB (10 kHz(不含) to 12.5 kHz) (2) 0.06 dB (20 Hz to 40 Hz) , 0.05 dB (40 Hz(不含) to 8 kHz) , 0.11 dB (8 kHz(不含) to 20 kHz) , 0.20 dB (20 kHz(不含) to 25 kHz)	83.06.30	電容式麥克風 (Condenser Microphone)	23	1	19	5	23	◎			原級系統，提供 A02 與 A03 兩套系統之標準件追溯，校正週期 2 年。
2	標準麥克風比較校正系統	A02	(1) 1 英吋(符合 IEC 61094-1 LS1 and 61094-4 WS1) 頻率：20 Hz to 12.5 kHz (2) 1/2 英吋(符合 IEC 61094-1 LS2 and 61094-4 WS2) 頻率：20 Hz to 20 kHz (2) 1/4 英吋(符合 IEC 61094-4 WS3) 頻率：20 Hz to 20 kHz	(1) 0.12 dB (20 Hz to 40 Hz) , 0.08 dB (40 Hz(不含) to 8 kHz) , 0.16 dB (8 kHz(不含) to 12.5 kHz) (2) 0.12 dB (20 Hz to 40 Hz) , 0.08 dB (40 Hz(不含) to 8 kHz) , 0.16 dB (8 kHz(不含) to 20 kHz) (3) 0.12 dB (20 Hz to 40	81.05.25	電容式麥克風(Condenser Microphone)	151	132	71	103	129	◎	※		104 年完成設備汰換之採購，105 進行精進改良。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				Hz) , 0.08 dB (40 Hz(不含) to 8 kHz) , 0.16 dB (8 kHz(不含) to 16 kHz) , 0.20 dB (16 kHz(不含) to 20 kHz)											
3	聲音校正器校正系統	A03	(1) (90 to 120) dB re 20 µPa (31.5 Hz to 16 kHz) (2) (90 to 130) dB re 20 µPa (250 Hz) (3a) 頻率 250 Hz (124 dB)或 1 kHz (94 dB or 114 dB) (3b) 頻率 31.5 Hz 至 16 kHz (94 or 104 or 114) dB	(1)(2) 比較法：0.14 dB , 內插電壓法：0.08 dB to 0.18 dB (3a) 0.2 dB (3b) 0.2 dB to 0.6 dB	81.12.07	(1)聲音校正器(Sound Calibrator) (2)活塞式校正器(Pistonphone) (3)噪音計(Sound Level Meter)	196	182	192	211	211	◎			
4	麥克風自由場靈敏度互換校正系統	A04	(1) 1 英吋(符合 IEC 61094-1 LS1P) 頻率：1 kHz to 10 kHz (2) 1/2 英吋(符合 IEC 61094-1 LS2P) 頻率：1 kHz to 20 kHz	(1) 0.16 dB (1 kHz to 3.15 kHz) , 0.17 dB (4 kHz to 10 kHz) (2) 0.16 dB (1 kHz to 5 kHz) , 0.17 dB (6.3 kHz to 20 kHz)	103.08.11	電容式麥克風(Condenser Microphone)	-	-	-	4	5	◎			104年1月規費公告後，開放服務。
5	核磁共振磁通密度量測系統	B01	50 mT to 1.5 T	0.01 % (相對)	81.12.28	高斯計(Gaussmeter)、標準參考磁鐵	83	98	102	117	134				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						(Standard Reference Magnet)									
6	磁通量測系統	B02	(1) 10^{-4} Wb to 2 Wb (2) 0.001 m^2 to 1 m^2 (turns)	(1) $0.78 \mu\text{Wb}$ to 2.6 mWb (2) 21 mm^2 to 0.0027 m^2 (turns)	82.09.15	(1) 磁通計 (Fluxmeter) (2) 探索線圈 (Search Coils)	14	10	11	10	13				
7	低磁場量測系統	B03	(1) 1 mT to 50 mT (2) 1 mT to 1 mT (3) 0.5 mT to 50 mT @ (50 Hz to 1 kHz)	(1) 0.38 % (相對) (2) 0.36 % to 0.48 % (相對) (3) 0.09 % to 0.47 % (相對)	82.04.19	高斯計 (Gaussmeter)、標準參考磁鐵 (Standard Reference Magnet)	116	134	139	156	147				
8	黏度計量測系統	C01	$1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ to $2 \times 10^5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$	$0.04 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ to $2300 \text{ mPa} \cdot \text{s}$	80.06.30	旋轉式黏度計 (Rotational Viscometer)	13	16	13	12	11				
9	鋼瓶氣體濃度量測系統	C03	CO : (10 to 200000) $\mu\text{mol/mol}$ CO ₂ : (100 to 300000) $\mu\text{mol/mol}$ CH ₄ : (100 to 100000) $\mu\text{mol/mol}$ C ₃ H ₈ : (100 to 50000)	$0.08 \mu\text{mol/mol}$ to 0.12 mmol/mol	83.10.26	鋼瓶氣體濃度之驗證	4	11	10	27	14				104 年配合 RMP 認證配置氣體，故該年鋼瓶驗證量較多。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明	
			μmol/mol O ₂ : (1000 to 250000) μmol/mol NO in N ₂ : (50 to 2000) μmol/mol SO ₂ in N ₂ : (50 to 2000) μmol/mol C ₂ H ₅ OH in Air : (137 to 547) μmol/mol													
10	氣體量測系統	C07	(1) CO : (0.0 to 0.1) mol/mol CO ₂ : (0 to 1) mol/mol CH ₄ : (0.00 to 0.05) mol/mol ((0 to 100) %LEL) C ₃ H ₈ : (0.00 to 0.02) mol/mol ((0 to 100) %LEL) (2) 分流率 : 0 % to 100 %	(1) 視其解析度與功能而定 (2) 視範圍氣體成份而定	84.08.10	(1) 氣體濃度檢知管、警報器、測漏儀、氣體濃度分析儀 (2) 氣體分流器	42	46	48	63	33					104 年配合 RMP 認證配置氣體，故該年鋼瓶驗證量較多。另因 105 年 8 月暫停收件，105 年 11 月恢復收件，故校正量減少約 10 件。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明	
11	質量法高壓混合氣體供應驗證系統	C08	(1) 雙成分氣體 CO in N ₂ : (0.001 to 100) mmol/mol CO ₂ in N ₂ : (0.1 to 160) mmol/mol CH ₄ in N ₂ : (0.1 to 100) mmol/mol C ₃ H ₈ in N ₂ : (0.1 to 50) mmol/mol CF ₄ in N ₂ : (100 to 3000) μmol/mol SF ₆ in N ₂ : (10 to 1000) μmol/mol NO in N ₂ : (50 to 2000) μmol/mol SO ₂ in N ₂ : (50 to 2000) μmol/mol O ₂ in N ₂ : (1 to 10) μmol/mol、(1 to 14) mmol/mol CH ₄ in Air : (1 to 20) mmol/mol (2) 多成分氣體 (CO+CO ₂ +C ₃ H ₈ in N ₂) CO : (5 to 40) mmol/mol CO ₂ : (50 to 160) mmol/mol C ₃ H ₈ : (100 to 1600) μmol/mol	(1) 雙成分氣體 CO in N ₂ : 0.1 % to 2.0 % CO ₂ in N ₂ : 0.1 % to 1.5 % CH ₄ in N ₂ : 0.1 % to 1.0 % C ₃ H ₈ in N ₂ : 0.2 % to 1.0 % CF ₄ in N ₂ : 0.1 % to 1.0 % SF ₆ in N ₂ : 0.2 % to 1.5 % NO in N ₂ : 0.5 % to 2.0 % SO ₂ in N ₂ : 0.5 % to 1.5 % O ₂ in N ₂ : (1 to 10) μmol/mol : 1.5 % to 3.0 %、(1 to 14) mmol/mol : 0.2 % to 1.5 % CH ₄ in Air : 0.1 % to 0.5 % (2) 多成分氣體 (CO+CO ₂ +C ₃ H ₈ in N ₂) CO : 0.2 % to 0.8 % CO ₂ : 0.1 % to 0.5 % C ₃ H ₈ : 0.5 % to 1.0 %	83.10.26	(1) 雙成分氣體 (CO in N ₂ 、CO ₂ in N ₂ 、CH ₄ in N ₂ 、C ₃ H ₈ in N ₂ 、CF ₄ in N ₂ 、NO in N ₂ 、SF ₆ in N ₂ 、SO ₂ in N ₂ 、O ₂ in N ₂ 、CH ₄ in Air) (2) 多成分氣體 (CO+CO ₂ +C ₃ H ₈ in N ₂)	18	27	92	65	39					主要對內提供標準氣源，配合 104 年認證，103 年大量配置氣體供化學其他系統追溯使用，故該年校正量增多。104 年則恢復往年供應情形。105 年因 C07 自 8 月暫停收件，氣體經盤點數量足夠，故 C08 今年度配置數量亦減少。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
12	低碳能源氣體濃度量測系統	C09	(1) 以具有計量追溯性之合成天然氣標準氣體進行待校氣體的濃度驗證，可執行驗證之濃度以實驗室具備之天然氣標準件濃度範圍為依據，濃度大於 1 % 之主成分氣體，可驗證濃度為標準氣體濃度的 1/2 倍至 2 倍之間 (2) CH ₄ in N ₂ : (0.1 to 10) cmol/mol C ₃ H ₈ in N ₂ : (0.1 to 5) cmol/mol CO ₂ in N ₂ : (0.1 to 16) cmol/mol	(1) 0.2 % to 1.2 % (2) 0.5 % to 1.0 %	102.05.24	(1) 合成天然氣濃度 (2) 雙成分氣體濃度 (CH ₄ in N ₂ 、C ₃ H ₈ in N ₂ 、CO ₂ in N ₂)	-	4	4	25	20				104 年中油有大量鋼瓶需求，105 年亦有需求。
13	氣體濃度稀釋裝置與分析設備校正系統	C10	(1) CO in N ₂ : (1 to 100) μmol/mol CO ₂ in N ₂ : (50 to 5000) μmol/mol CH ₄ in Air : (0.1 to 2) cmol/mol (2) C ₂ H ₅ OH in Air : (90 to 1200) μmol/mol	(1) 1.2 % to 3.0 % (2) 1.3 % to 2.0 %	103.12.18	(1) 氣體濃度稀釋裝置 (CO in N ₂ 、CO ₂ in N ₂ 、CH ₄ in Air) (2) 氣體濃度分析設備 (C ₂ H ₅ OH in Air)	-	-	-	3	6				103 年完成新建，104 年開放服務。104 年擴建部分，已完成查驗，105 年 2 月提供服務。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
14	塊規比較校正系統	D01	0.5 mm to 100 mm	鋼質： $[(39)^2 + (0.5L)^2]^{1/2}$ nm 陶瓷： $[(39)^2 + (0.6L)^2]^{1/2}$ nm 碳化鎢： $[(40)^2 + (0.8L)^2]^{1/2}$ nm 碳化鎢： $[(40)^2 + (1.9L)^2]^{1/2}$ nm L 為以 mm 為單位之塊規標稱長度值	76.04.26	標準塊規(公制)(Gauge Blocks)	19	24	19	29	20				
15	塊規干涉校正系統	D02	0.5 mm to 100 mm	$[19^2 + (0.3L)^2]^{1/2}$ nm, L 為單位 mm 之塊規標稱長度值	82.07.20	標準塊規(公制)(Gauge Blocks)	0	2	3	1	2				原級系統，提供 D01 系統與 D23 系統兩套系統之標準件追溯。
16	端點尺寸量測系統	D03	(1) 環規：1 mm to 200 mm (2) 針規：1 mm to 20 mm (3) 塞規：20 mm to 100 mm	(1) 環規： $2 \times [(0.132)^2 + (0.00136D)^2]^{1/2}$ μm, D 為單位 mm 之環規內徑尺寸 (2) 針規： $[(0.22)^2 + (0.013 D)^2]^{1/2}$ μm, D 為單位 mm 之針規外徑尺寸 (3) 塞規： $2 \times [(0.088)^2 + (0.00136$	76.04.22	(1) 環規、 (2) 針規、 (3) 塞規	12	32	11	35	10			▲	廠商校正週期約 2 年，與 101 年、103 年校正量同期一致。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				$D)^2]^{1/2} \mu\text{m}$ ， D 為單位 mm 之塞規外徑尺寸											
17	線刻度校正系統	D05	(1) 標準玻璃尺、標準尺、顯微鏡標準片 0.01 mm to 200 mm (2) 標準玻璃尺、標準尺 0.01 mm to 500 mm (3) 標準玻璃尺、標準尺 0.01 mm to 1000 mm	$[74.2^2 + (0.159L)^2]^{1/2}$ nm， L 為單位 mm 之量測長度	83.07.27	標準玻璃尺、標準尺、顯微鏡標準片	138	126	107	77	188		※		104年4月至6月進行系統改良；104年6月至9月其一元件故障，10月恢復收件。故部分廠商延至105年送校，導致校正量明顯增加。另三豐集團今年度送校高達50件，約為總校正量之1/3。
18	角度塊規校正系統	D06	1" to 45°	0.29"	79.04.12	角度塊規	5	2	4	2	3			▲	

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
19	大角度校正系統	D07	(1) 3面 to 72面(120° to 5°) (2) 0.1° to 360° (3) 3面 to 72面(120° to 5°)	(1) 方規、多邊規:0.23" (2) 分度盤:0.29" (3) 多邊規與轉盤(互校):0.04"	84.06.30	(1) 方規、多邊規、(2) 分度盤、(3) 多邊規與轉盤(互校)	7	5	12	3	9				
20	小角度校正系統	D08	(1) -6' to +6' (解析度 0.2") (2) -1° to +1° (解析度 1") (3) -1° to +1° (解析度 2")	(1) 0.4" (2) 1.3" (3) 2.0"	76.05.31	電子水平儀 (Electronic Level)	22	25	31	29	22				
21	直角度校正系統	D09	高度 ≤ 600 mm	0.28"(0.82 μm / 600 mm)	82.07.10	圓柱型直角量規、直角量規、角尺	24	0	33	18	41				廠商校正週期約2年。
22	真圓度量測系統	D12	直徑: ≤ φ200 mm; 失圓度: 0 μm to 2 μm	15 nm	76.04.19	真圓度標準件 (圓球狀、半球狀、圓柱狀)	16	16	11	13	13				
23	表面粗度量測系統	D13	Ra : 0.01 μm to 20 μm	$Ra \cdot Rq : [5^2 + (13R)^2]^{1/2}$ nm, $R_{max} \cdot Rt \cdot Rz : [20^2 + (13R)^2]^{1/2}$ nm R: 各項參數, 以μm 為單位	76.04.28	表面粗度標準片 (Surface Roughness Standard)	47	40	48	64	48				
24	大地長度儀器校正系統	D14	0 m to 432 m	$[0.8^2 + (0.4L)^2]^{1/2}$ mm, L 為單位 km 之量測距離 (解析度 0.1 mm) $[1.0^2 + (0.4L)^2]^{1/2}$ mm, L	84.04.12	電子測距儀 (Electronic Distance Meters)、全	19	14	10	14	11				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				為單位 km 之量測距離 (解析度 1.0 mm)		站儀(Total Stations)									
25	大地角度儀器校正系統	D15	0° to 360°	0.7"	84.04.14	光學經緯儀(Optical Theodolites)、電子經緯儀(Electronic Theodolites) 全站儀(Total Stations)	21	17	13	16	15				
26	穩頻雷射校正系統	D16	(1) 波長 633 nm (或頻率 474 THz) (2) 波長 633nm (或頻率 474 THz)	(1) 0.03 fm (2) 0.002 fm	102.03.20	(1) 穩頻氦氖雷射(雷射波長及頻率校正)(2) 碘穩頻氦氖雷射(光梳絕對頻率量測)	18	19	17	17	26				
27	長尺校正系統	D17	(1) 0.1 m to 10 m (2) 0.1 m to 3 m	(1) $[5.95^2 + (2.63L)^2]^{1/2}$ μm (2) $[5.88^2 + (2.75L)^2]^{1/2}$ μm L: 以 m 為單位之量測長度	86.04.18	(1) 標準捲尺(Standard Tape)、(2) 條碼鋼尺(Invar Bar Code Staff)	26	27	33	0	22				104 年因元件故障，暫停服務，進行維修精進。105 年 5 月恢復收件。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
28	雷射干涉儀校正系統	D18	(1) 位移：0 m to 10 m，溫度：15 °C to 30 °C，相對濕度：40 % to 60 %，壓力：85 kPa to 105 kPa (2-1) 0 mm to 15 mm (解析度：0.2 μm) (2-2) 0 mm to 30 mm (解析度：0.1 μm) (2-3) 0 mm to 30 mm (解析度：1.0 μm) (2-4) 0 mm to 60 mm (解析度：0.1 μm)	(1) 位移(加入環境感測器時)： $2.0 \times [u^2(D_i) + 6^2 + (5.6 \times 10^{-8})^2 \times D^2]^{1/2}$ nm 位移(不加入環境感測器時)： $2.0 \times [u^2(D_i) + 6^2 + (2.9 \times 10^{-8})^2 \times D^2]^{1/2}$ nm D 為以 m 為單位之量測位移數值； $u(D_i)$ 為待校件之重複性的標準不確定度 溫度(空氣感測器)：0.1 °C，溫度(物質感測器)：0.1 °C，相對濕度：1.0 %，壓力：16 Pa (2-1) 0.34 μm (2-2) 0.46 μm (2-3) 0.73 μm (2-4) 0.81 μm	90.10.01	(1) 雷射干涉儀(含環境感測器)(Laser Interferometer)、(2) 量錶校正器(Dial Indicator Calibrator)	50	38	51	57	63				
29	線距校正系統	D19	(1a) AFM：50 nm to 25 μm (1b) 繞射式：280 nm to 10 μm (2) 50 nm to 1000 nm	(1a) AFM：0.13 nm to 1.7 nm (1b) 繞射式：0.009 nm to 6.3 nm (2) 3.3 nm to 20 nm	91.08.01	(1) 線距標準片(Pitch Standards)、光柵線距標準片(Grating)	11	12	13	11	14				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Pitch Standards) (2) 線寬標準片(Line Width Standard)									
30	衛星定位儀校正系統	D20	0 m to 25 km	(1) 靜態相對定位—超短距離(≤ 50 m)：4.8 mm，中距離(≤ 25 km)：19 mm (2) 動態相對定位—超短距離(≤ 50 m)：4.8 mm (3) 單點絕對定位：35 mm	92.10.08	衛星定位儀	60	7	11	6	16				因二級校正實驗室家數增加，其能量不足的部分，才會送校 NML，因此近幾年校正量減少。
31	階高校正系統	D21	(1) 光學式：0.01 μm to 100 μm (2) 探針式：0.01 μm to 50 μm	(1) 光學式($D \leq 3 \mu\text{m}$)： $[3^2 + (1.2D)^2]^{1/2}$ nm 光學式($D > 3 \mu\text{m}$)： $[9.5^2 + (3.6D)^2]^{1/2}$ nm (2) 探針式： $[5^2 + (3.2D)^2]^{1/2}$ nm D ：階高量測值，單位 μm	94.05.02	階高標準片(Step Height Standards)	123	163	154	164	173				
32	薄膜量測系統	D22	(1) 1.5 nm to 1000 nm (2) 1.5 nm to 200 nm (3) 標稱孔徑尺寸為 2.0 nm	(1) 0.10 nm (2) 0.02 nm (3) 0.3 nm	91.08.01	(1) 二氧化矽薄膜標準片 (SiO ₂)	96	91	121	84	95				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Reference Materials: Spectroscopic Ellipsometry) (2) 薄膜標準片 (SiO ₂ , HfO ₂ , Al ₂ O ₃ Reference Materials: X-ray Reflectivity) (3) 孔隙薄膜標準片 [材質: SiOCH, 膜厚: 2 nm to 200 nm] (Porous Thin Film Standards)									
33	精密型長塊規校正系統	D23	(1) 100 mm to 600 mm (2) 100 mm to 1000 mm	(1) $[84^2 + (735L)^2]^{1/2}$ nm (2) $[65^2 + (285 \times L)^2]^{1/2}$ nm <i>L</i> : 以 m 為單位之塊規	95.11.22	長塊規	32	15	31	38	25				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				標稱長度											
34	液晶間隙尺寸校正系統	D24	(1) 0.1 μm to 10 μm (2) 0.1 μm to 10 μm	(1) 26 nm (2) 37 nm	96.06.28	(1) 穿透式 TN 液晶盒之液晶層厚度 (2) 穿透式 VA 液晶盒之液晶層厚度	1	3	3	2	1				
35	二維影像標準校正系統	D25	(1) 二維：10 μm × 10 μm to 1.4 mm × 1.0 mm (2) 一維：10 μm to 400 mm (3) 二維：10 μm × 10 μm to 400 mm × 400 mm	(1) $[(0.36)^2 + (1.66 \times L)^2]^{1/2}$ μm, L 為線距長度, 單位 m (2) $[(0.63)^2 + (1.66 \times L)^2]^{1/2}$ μm, L 為線距長度, 單位 m (3) $[(0.77)^2 + (1.66 \times L)^2]^{1/2}$ μm, L 為線距長度, 單位 m	99.02.03	影像標準片 (Image Standards)	19	17	19	27	27				
36	奈米粒徑量測系統	D26	(1) 20 nm to 1000 nm (2) 100 nm to 500 nm (3) 20 nm to 500 nm (4) 100 nm to 300 nm	(1) 3.3 nm to 34 nm (2) 2.5 nm (3) 1.3 nm (4) 100 nm to 200 nm(不含) : 8.1 nm 200 nm to 300 nm : 19 nm	95.11.24	標準粒子 (聚苯乙烯、PSL) [Standard Particles (Polystyrene)] (1) 動態光	20	30	17	23	27				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						散射法 (DLS) (2) 電重力氣膠平衡法(EAB) (3) 微分電移動度分析法(DMA) (4) 表面奈米微粒粒徑標準件									
37	奈米粒子功能性量測系統	D27	(1a) 粒徑：100 nm；濃度：1 cm ⁻³ to 1000 cm ⁻³ (1b) 粒徑：50 nm to 200 nm；濃度：1000 cm ⁻³ to 10000 cm ⁻³ (2) -75 mV < Zeta 電位 < 75 mV (粒徑 > 20 nm) (3) 5 m ² /g to 550 m ² /g	(1a) 3.7 % (相對) (1b) 2.2 % to 2.4 % (相對) (2) 2.7 mV (3) 2.1 % (相對)	100.04.25	標準粒子 (Standard Particles)、標準粒子計數器 (Standard Particle Counter) (1) 奈米粒子濃度量測 (標準粒子計數器之偵測效率) (2) Zeta 電位量測 (聚	3	6	6	3	13				104年9月25日獲局同意系統更名。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						苯乙烯標準粒子) (3) 比表面積量測(標準粒子)									
38	掃描式電子顯微量測系統	D28	(1) 標準粒子之粒徑：10 nm to 60 nm (2) 線距標準片之線距：70 nm to 1000 nm	(1) 粒子粒徑量測值為量測 100 顆粒子所得之粒徑平均值 (2) 同一線距片不同標稱線距之待校線距區塊以及不同線距片，皆算不同件	101.1.17	(1) 標準粒子 (Standard Particles) (2) 線距標準片 (Pitch Standards)	5	7	9	11	10				
39	約瑟芬電壓量測系統	E01	1 mV to 10 V	50 nV to 98 nV	81.06.30	固態型電壓標準器 (Solid State Voltage Standard)、直流電壓表 (DC Voltage Meter)	21	6	8	15	10			▲	104 年進行系統改良。
40	直流 1~10 V 量測系統	E03	1 V、1.018 V、10 V	0.3 μ V/V(相對)	81.09.01	固態型電壓標準器 (Solid State Voltage Standard)、直流電壓標準	19	16	19	12	16				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						器(DC Voltage Standard)									
41	直流電壓量測系統	E04	1 mV to 1000 V	6 μ V/V to 0.7 mV/V (相對)	76.04.25	直流電壓標準器(DC Voltage Standard)	99	102	113	94	131				
42	直流高壓量測系統	E05	1 kV to 200 kV	100 μ V/V (相對)	83.12.20	直流高壓分壓器 (DC High Voltage Divider)、直流高壓電表 (DC High Voltage Meter)、直流高壓源 (DC High Voltage Source)	51	45	45	47	53				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
43	交流電壓量測系統	E06	1 mV to 1000 V , 20 Hz to 1 MHz	4 μ V/V to 0.5 mV/V (相對)	76.04.20	熱效電壓轉換器 (Thermal Voltage Converter)、 熱效轉換標準器 (Thermal Transfer Standard)	94	84	105	88	129				
44	比壓器量測系統	E07	(1) 1 kV to 100 kV / 10 V to 240 V (一次側 / 二次側), 60 Hz (2) 1 kV to 100 kV / 60 Hz	(1) 82 μ V/V (相對); 60 μ rad (2) 82 μ V/V (相對)	76.06.25	(1) 比壓器 (Potential Transformer) (2) 交流高壓分壓器 (AC High Voltage Divider)、 交流高壓電表 (AC High Voltage Meter)、 交流高壓源 (AC High Voltage	55	47	54	48	57				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Source)									
45	直流微電流量測系統	E08	10 pA to 1 μ A	0.07 mA/A to 0.9 mA/A (相對)	84.04.10	(1) 直流電流分流器 (DC Current Shunt) (2) 直流電流源(DC Current Source)、直流電流表 (DC Current Meter)	9	12	11	9	18				
46	直流中電流量測系統	E09	10 μ A to 100 A	17 μ A/A to 67 μ A/A (相對)	76.03.23	(1) 直流電流分流器 (DC Current Shunt) (2) 直流電流源(DC Current Source)、直流電流表 (DC Current	142	112	132	113	154				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Meter)									
47	直流大電流量測系統	E10	300 A to 1000 A	0.34 mA/A to 0.46 mA/A (相對)	76.03.23	(1) 直流電流分流器(DC Current Shunt) (2) 直流電流源(DC Current Source)、直流電流表(DC Current Meter)	15	18	23	20	27				
48	交流電流量測系統	E11	10 μ A to 20 A / 20 Hz to 100 kHz	11 μ A/A to 0.25 mA/A (相對)	76.04.20	交流電流源(AC Current Source)、交流電流表(AC Current Meter)、交流電流分流器(AC Current Shunt)、熱效電流轉換器(Thermal Current Converter)	104	95	101	102	113		◆		

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
49	比流器量測系統	E12	(1) 5 A to 5000 A / 1 A 或 5 A (一次側 / 二次側) / 60 Hz (2) 5 A to 5000 A	(1) 0.0070 %, 0.024 mrad (2) 0.29 mV/V (相對)	76.04.24	(1) 比流器 (Current Transformer) (2) 交流電流分流器 (AC Current Shunt)、交流電流轉換器 (AC Current Converter)	85	57	60	85	85			▲	
50	直流電阻量測系統	E13	0.1 mΩ to 100 kΩ	0.10 μΩ/Ω to 4.2 μΩ/Ω (相對)	76.04.30	標準電阻器 (Standard Resistor)	83	66	76	83	83		※		105 年系統改良。
51	直流高電阻量測系統	E14	100 MΩ、1 GΩ、10 GΩ、100 GΩ、1 TΩ	(0.09、0.18、0.19、0.23、0.6) mΩ/Ω (相對)	76.04.30	(1) 標準高電阻器、 (2) 高阻計 / 表、十進高電阻器	30	32	31	30	32				
52	標準電容量測系統	E15	1 pF to 1000 pF (1 kHz to 1 MHz)、1 pF to 1 μF (1 kHz)	0.7 μF/F to 0.61 mF/F (相對)	79.04.09	(1) 標準電容器 (Standard Capacitor) (2) 精密電容表、RLC 表	47	75	58	64	64				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
53	標準電感量測系統	E16	100 μ H to 10 H	(0.22 to 2) mH/H (相對)	76.03.03	(1) 標準電感器 (Standard Inductor)、 (2) RLC 表	35	58	43	52	60				
54	單相交流電功率量測系統	E18	(1) 單相有效電功率： 電壓：110 V、120 V、220 V、240 V、480 V 電流：10 mA、100 mA、1 A、5 A、10 A、50 A、80 A 頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：1、0.5 Lead、0.5 Lag (2) 單相無效電功率： 電壓：110 V、120 V、220 V、240 V、480 V 電流：10 mA、100 mA、1 A、5 A、10 A、50 A、80 A 頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：0 Lead、0 Lag、0.866 Lead、0.866 Lag (3) 電壓諧波： 基波電壓：110 V、220 V (諧波/基波)比：2%、10% 基頻：50 Hz、60 Hz 諧波次：2、3、5、10、20、30、40、50、64	(1) 70 μ W/W to 0.41 mW/W (2) 70 μ var/var to 0.41 mvar/var (3) (0.31 to 0.63) mV/V (4) (0.24 to 0.48) mA/A	76.04.22	單相交流電功率源 (Single-Phase AC Power Source) 、單相交流電功率表 (Single-Phase AC Power Meter)、 單相交流瓦特轉換器 (Single-Phase AC Watt Converter)	33	27	31	32	38				104 年完成擴建查驗，105 年 2 月開放服務。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
			(4) 電流諧波： 基波電流：1 A、2 A、5 A、10 A (諧波/基波)比：2 %、10 % 基頻：50 Hz、60 Hz 諧波次：2、3、5、10、20、30、40、50、64												
55	單相交流電能量測系統	E19	(1) 單相有效電能： 電壓：110 V、120 V、220 V、240 V、480 V 電流：10 mA、100 mA、1 A、5 A、10 A、50 A、80 A 頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：1、0.5 Lead、0.5 Lag (2) 單相無效電能： 電壓：110 V、120 V、220 V、240 V、480 V 電流：10 mA、100 mA、1 A、5 A、10 A、50 A、80 A 頻率：50 Hz、60 Hz	(1) (0.10 to 0.47) mWh/Wh (2) (0.10 to 0.47) mvarh/varh	76.04.30	單相交流電能表 (Single-Phase AC Energy Meter)、單相交流瓦時轉換器 (Single-Phase AC Watthour Converter)	9	7	8	7	12				104 年完成擴建查驗，105 年 2 月開放服務。
56	三相交流電能量測系統	E20	(1) 三相有效電能： 電壓：110 V、220 V、480 V 電流：10 mA、100 mA、1 A、5 A、10 A、50 A、80 A 頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：1、0.5 Lead、0.5 Lag (2) 三相無效電能：	(1) (0.10 to 0.47) mWh/Wh (2) (0.10 to 0.47) mvarh/varh	82.04.24	三相交流電能表 (Three-Phase AC Energy Meter)	11	7	7	7	7				104 年完成擴建，105 年 1 月完成查驗，2 月開放服務。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
			電壓：110 V、220 V、480 V 電流：10 mA、100 mA、1 A、5 A、10 A、50 A、80 A 頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：0 Lead、0 Lag、0.866 Lead、0.866 Lag												
57	相位角量測系統	E21	5 V, 60 Hz, 90° 5 V, 10 kHz, 180° 5 V, 60 Hz, 180° 5 V, 50 kHz, 90° 5 V, 400 Hz, 90° 5 V, 50 kHz, 180° 5 V, 400 Hz, 180° 50 V, 60 Hz, 180° 5 V, 1 kHz, 90° 50 V, 400 Hz, 180° 5 V, 1 kHz, 180° 100 V, 60 Hz, 180° 5 V, 10 kHz, 90° 100 V, 400 Hz, 180°	0.02°	76.04.23	相位表 (Phase Meter)、相位信號產生器 (Phase Signal Generator)	3	3	4	4	2				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
58	單相交流電功率原級量測系統	E23	單相有效電功率、單相有效電能： 電壓：120 V、240 V 電流：1 A、5 A 頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：1、0.5 Lead、0.5 Lag、0 Lead、0 Lag	(15 to 43) μ W(h)/VA(h)	84.06.30	單相交流瓦特轉換器 (Single-Phase AC Watt Converter) 單相交流瓦時轉換器 (Single-Phase AC Watthour Converter) 單相交流電功率表 (Single-Phase AC Power Meter)	1	2	1	1	1				
59	量化霍爾電阻量測系統	E24	1 k Ω	0.08 $\mu\Omega/\Omega$ (相對)	84.06.30	標準電阻器 (Standard Resistor)	2	1	1	2	1				
60	直流大電阻量測系統	E25	(1) 100 k Ω to 100 M Ω (2) 1 Ω to 100 M Ω	(1) (6、9、13、16) $\mu\Omega/\Omega$ (相對) (2) 0.3 $\mu\Omega/\Omega$ to 18 $\mu\Omega/\Omega$ (相對)	88.06.23	(1) 標準電阻器 (Standard Resistor) (2) 多功能電表/校正	72	66	79	58	59				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						器、十進電阻器									
61	三相交流電功率量測系統	E26	(1) 三相有效電功率： 電壓：110 V、220 V、480 V 電流：10 mA、100 mA、1 A、5 A、10 A、50 A、80 A 頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：1、0.5 Lead、0.5 Lag (2) 三相無效電功率： 電壓：110 V、220 V、480 V 電流：10 mA、100 mA、1 A、5 A、10 A、50 A、80 A 頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：0 Lead、0 Lag、0.866 Lead、0.866 Lag	(1) 70 μ W/W to 0.41 mW/W (2) 70 μ var/var to 0.41 mvar/var	90.10.01	三相交流電功率源 (Three-Phase AC Power Source) 三相交流電功率表 (Three-Phase AC Power Meter)	4	2	7	4	4				104 年完成擴建，105 年 1 月完成查驗，2 月開放服務。
62	片電阻校正系統	E27	0.15 Ω to 4000 Ω	0.46 % (相對)	91.08.01	矽片電阻標準(Silicon Sheet Resistance Standards)	29	40	28	30	48				
63	電容標準追溯電阻標準校正系統	E29	1 pF, 10 pF, 100 pF, 1000 pF (1000 Hz, 1592 Hz)	(0.20 to 0.58) μ F/F (相對)	94.05.02	標準電容器(Standard Capacitor)	10	2	12	4	10				原級系統，提供內部追溯，校正週期 2 年。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
64	高頻介電常數量測系統	E30	頻率範圍為 100 MHz 至 26.5 GHz，介電常數 ϵ_r 範圍為 1 至 50，介質損耗 $\tan(\delta)$ 範圍為 0.0001 至 0.01	0.2 % (相對)	97.06.05	高頻介質材料	1	1	1	1	1				
65	大水流量校正系統	F01	(100 to 8000) L/min	0.04 % (計量) 0.05 % (計率) 0.5 % (計速)	84.12.05	渦輪式流量計、正位式流量計、時間差法超音波式流量計、電磁式流量計、質量式流量計、渦流式流量計、差壓式流量計、可變面積式流量計、蹼輪式流量計、葉輪式流量計	63	70	42	29	32				
66	小水流量校正系統	F02	(2 to 700) L/min	計量：0.03 % (60 kg \leq 稱重量)，0.06 % (20 kg \leq 稱重量 < 60 kg) 計率：0.04 % (60 kg \leq 稱重量)，0.06 % (20 kg	85.03.01	渦輪式流量計、正位式流量計、時間差法超音波式流量	46	46	46	40	51				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				≤ 稱重量 < 60 kg) 計速：1.0 %		計、渦流式流量計、電磁式流量計、質量式流量計、可變面積式流量計、蹀輪式流量計、葉輪式流量計									
67	低黏度油 流量校正 系統	F03	(60 to 6000) L/min , (2.6 to 4.8) cSt / (45 to 15) °C	0.05 %	84.12.14	正位式流量計、渦輪式流量計	36	24	33	26	27			▲	
68	高黏度油 流量校正 系統	F04	(60 to 6000) L/min , (37 to 150) cSt / (45 to 15) °C	0.05 %	84.12.05	正位式流量計、渦輪式流量計	13	7	5	8	4				
69	高壓氣體 流量系統	F05	(15 to 18000) m ³ /h	0.17 %	76.05.31	渦輪式流量計、正位式流量計、超音波流量計、質量式流量計、孔口板流量計、差壓式流量計、文氏管流量計、噴流	73	62	28	38	37		※◆		104 年完成設備汰換採購，105 年系統改良。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						嘴流量計、速度式流量計、層流式流量計、渦流式流量計、特殊設計氣體流量計									
70	低壓氣體流量校正系統(管式校正器)	F06	(1) (0.002 to 24) L/min (2) (0.002 to 24) L/min	(1) 0.10 % to 0.11 % (2) 質量流率 0.13 %、 體積流率 0.14 %	76.04.30	(1) 管式校正器：音速噴嘴、熱質式流量計、差壓式流量計、層流式流量計、活塞管式流量計、可變面積式流量計 (2) 標準流量計法：熱質式流量計、差壓式流量計、音速噴嘴、層流式流量計、皂泡式流量計、可	93	113	80	115	111				104 年進行系統精進。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						變面積式流量計、活塞管式流量計、正位式流量計									
71	低壓氣體流量校正系統(小鐘形校正器)	F07	(4 to 100) L/min	0.16 %	84.06.30	音速噴嘴、熱質式流量計、差壓式流量計、層流式流量計、活塞管式流量計、可變面積式流量計、正位式流量計	61	58	33	52	51				
72	低壓氣體流量校正系統(大鐘形校正器)	F08	(20 to 1000) L/min	0.12 %	76.04.30	音速噴嘴、熱質式流量計、差壓式流量計、層流式流量計、活塞管式流量計、可變面積式流量計、正位式流量計	53	89	56	62	27				其一儀器雷射光學尺故障，已申請購置，目前與其他系統共用以對外提供服務，另部分校正件轉由 F12 提供服務，故校正量減少。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
73	風速校正系統	F10	0.2 m/s to 25 m/s	0.52 %	94.05.02	熱線式風速計、超音波式風速計、輪葉式風速計、差壓式風速計	42	26	37	43	27		※◆		104 年完成設備汰換採購，105 年系統改良。
74	微流量量測系統	F11	0.1 µL/min to 10 mL/min	0.2 % to 2.0 %	95.01.16	微量液體流量計、液體計量幫浦(如注射式幫浦)	7	5	4	10	3				與 103 年同期比較，仍屬正常，將持續推廣以增加校正量。
75	低壓氣體流量校正系統(壓力容積溫度時間校正器)	F12	(1) 10 cm ³ /min to 300 L/min (2) 10 cm ³ /min to 300 L/min	(1) 體積流率：0.12 % to 0.13 % 質量流率：0.11 % to 0.13 % (2) 0.10 %	102.12.06	(1) 標準流量計法：音速噴嘴、熱質式流量計、層流式流量計、差壓式流量計、可變面積式流量計、正位式流量計 (2) PVTt 法：音速噴嘴、層流式流量計、差	-	-	13	41	32				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						壓式流量計									
76	雙壓力濕度產生器量測系統	H01	濕度：10 % to 98 %， 溫度：0 °C to 69.5 °C， 露點溫度：-27 °C to 68 °C	濕度：0.08 % to 0.41 %， 溫度：0.064 °C to 0.12 °C， 露點溫度：0.068 °C to 0.089 °C	77.12.02	電子式濕度計、電子式溫濕度計、光學式露點計、電子式乾溫球溫度計、濕度信號轉換器、溫濕度信號轉換器	112	94	85	98	102				
77	真空比較校正系統	L01	0.1 Pa to 100 kPa	1.8 % (相對)	80.04.30	(1) 電容式真空計 (Capacitance Diaphragm Gauge)、(2) 中低真空度真空計 (Vacuum Gauge)	74	65	63	56	31				105年4月中暫停收件，105年7月恢復收件。暫停期間部分廠商轉送二級實驗室，因此校正件減少。
78	動態膨脹法真空量測系統	L02	(1) 5×10^{-6} Pa to 0.008 Pa (2) 6×10^{-4} Pa to 1 Pa	(1) 6.9 % to 7.4 % (相對) (2) 2.9 % (相對)	83.03.15	(1) 熱陰極離子化真空計(Hot Cathode)	16	21	17	9	8				105年4月底暫停收件，105年7月恢復收件。二級實驗室能

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明	
						Ionization Gauge)、冷陰極離子化真空計(Cold Cathode Ionization Gauge) (2) 旋轉轉子黏滯式真空計(Spinning Rotor Viscosity Gauge)										力提升，部分廠商轉送該處，因此校正件減少
79	小質量量測系統	M01	1 mg to 1 kg	0.0007 mg to 0.069 mg	74.04.23	法碼 (Weight)	66	58	48	67	36					104 年配合鉑銥公斤原器追溯，系統標準件亦重新追溯，所以該年量較多。部分廠商校正週期為 2 年。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
80	公斤質量量測系統	M02	1 kg	0.032 mg	76.04.23	法碼	7	4	5	11	3				原級系統，提供 M01 及 M03 兩套系統之標準件追溯。
81	大質量量測系統	M03	(1) 2 kg、5 kg、10 kg、20 kg (2) 1000 kg	(1) 0.88 mg、1.7 mg、3.3 mg、8.4 mg (2) 3.3 g	84.01.27	法碼 (Weight)	48	8	3	61	22				20 kg 於 105 年 1 月暫停收件，預計 106 年 1 月恢復收件。
82	固體（標準法碼） 密度量測系統	M05	(1) 1 g to 100 g (2) 200 g to 1 kg (3) 2 kg to 50 kg	2.2 kg/m ³ to 17 kg/m ³	95.11.22	標準法碼密度	8	2	4	8	2				原級系統，提供 M01 系統之標準件追溯。
83	靜法碼量測系統 （一）	N01	50 kgf to 5000 kgf (500 N to 50 kN)	2 × 10 ⁻⁵ (相對)	84.05.23	檢力環 (Proving Ring)、力量 傳感器 (Force Transducer)、 荷重元 (Load Cell)、環式 動力計 (Ring)	58	41	47	54	62				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Dynamometer)、測力計 (Force Gauge)									
84	靜法碼量測系統 (二)	N02	5 kgf to 500 kgf (50 N to 5 kN)	2×10^{-5} (相對)	76.04.24	檢力環 (Proving Ring)、力量傳感器 (Force Transducer)、荷重元 (Load Cell)、環式動力計 (Ring Dynamometer)、測力計 (Force Gauge)	47	39	44	44	55				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
85	力量比較校正系統(一)	N03	10000 kgf to 200000 kgf (100 kN to 2000 kN) [壓縮]	5×10^{-4} (相對)	78.06.01	檢力環 (Proving Ring)、力量傳感器 (Force Transducer)、荷重元 (Load Cell)、環式動力計 (Ring Dynamometer)、測力計 (Force Gauge)	26	26	20	22	33				
86	力量比較校正系統(二)	N04	5000 kgf to 50000 kgf (50 kN to 500 kN)[壓縮], 1000 kgf to 20000 kgf (10 kN to 200 kN)[拉伸]	2×10^{-4} to 3×10^{-4} (相對)	76.04.28	檢力環 (Proving Ring)、力量傳感器 (Force Transducer)、荷重元 (Load Cell)、環式動力計 (Ring	63	68	61	85	72				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Dynamometer)、測力計 (Force Gauge)									
87	力量比較校正系統 (三)	N05	500 kgf to 5000 kgf (5 kN to 50 kN)	2×10^{-4} (相對)	76.05.01	檢力環 (Proving Ring)、力量傳感器 (Force Transducer)、荷重元 (Load Cell)、環式動力計 (Ring Dynamometer)、測力計 (Force Gauge)	5	5	5	7	5				待校件為英制時或特殊拉力計才會使用此系統校正，每年來自客戶委託約2至3件。
88	洛氏及表面洛氏硬度原級標準機系統	N06	HRA, HRB, HRC	0.30 HRA, 0.40 HRB, 0.30 HRC	86.06.30	洛氏硬度標準塊 (Rockwell Hardness Standard Block)	44	33	57	71	27				二級實驗室能力提升，部分廠商轉送該處，因此校正件減少。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
89	維克氏硬度原級標準系統	N07	100 HV to 900 HV ; HV2 to HV30	3.0 % (相對)	91.09.01	維克氏硬度標準塊 (Vickers Hardness Standard Block)	12	6	7	14	15				
90	顯微維克氏硬度標準系統	N08	100 HV to 900 HV ; HV0.05 to HV1	4.5 % to 6.1 % (相對)	92.10.08	顯微維克氏硬度標準塊 (Micro Vickers Hardness Standard Block)	22	15	20	22	31				
91	500 N 靜法碼機系統	N09	10 N to 500 N [壓縮或拉伸]	2×10^{-5} (相對)	94.05.02	檢力環 (Proving Ring)、力量傳感器 (Force Transducer)、荷重元 (Load Cell)、環式動力計 (Ring Dynamometer)、測力計	4	4	2	9	9				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						(Force Gage)									
92	奈米壓痕量測系統	N10	位移：50 nm to 300 nm； 力量：0.5 mN to 10 mN	壓痕硬度：2.7 % (相對)； 減縮模數：3.1 % (相對)	94.11.03	塊材(Bulk Material)、 薄膜(Thin Film Specimen)	11	16	13	17	19		◆		
93	力量比較校正系統(四)	N11	0.1 mm ≤ 測長 ≤ 50 mm； 10 mN ≤ 力量 ≤ 200 mN	(1) 楊氏模數：3.1 % (相對) (2) 力量：0.37 mN	97/03/07	(1) 線材料(楊氏模數量測) [Wire Materials(Young's modulus)](2) 力量傳感器(Force Transducer)	4	5	6	6	5				
94	全光通量量測系統	O02	(1) 1 lm to 20000 lm (2) 10 GU to 100 GU	(1) 1.0 % (相對) (2) 0.4 GU (20°, 高光澤), 0.4 GU (60°, 高光澤), 0.5 GU (85°, 高光澤), 0.8 GU (20°, 中光澤), 0.5 GU (60°, 中光澤), 1.1 GU (85°, 中光澤)	82.06.10	(1) 全光通量標準燈 (2) 光澤度標準板、光澤度計	95	91	76	74	60		※		105年進行改良，建置絕對式光通量標準技術。 105年5月下旬暫停收件，105年7月恢復收件。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
95	分光輻射量測系統	003	(1) 250 nm to 2500 nm , 0.01 mW/(m ² •nm) to 240 mW/(m ² •nm) (2) 200 nm to 1100 nm (3) 380 nm to 780 nm (4) 5 cd/m ² to 50000 cd/m ² (5) 色度：近標準 A 光源色度座標 x,y 值，亮度：5 cd/m ² to 50000 cd/m ² (6)(7) 亮度、色度、相關色溫及光譜 380 nm to 780 nm	(1) 1.9 % to 7.6 % (相對) 依波段不同 (2) 0.8 % to 5.1 % (相對) 依波段不同 (3) 0.0006 to 0.013 依波段不同 (4) 亮度：1.5 % (相對) (5) 亮度：1.5 % (相對)；色度座標 x：0.0011，y：0.0009 (6)(7) 亮度：1.5 % (相對)；色度座標 x：0.0011，y：0.0009；相關色溫：13 K；光譜：2.5 % to 3.0 % (相對) 依波段不同	79.08.14	(1) 分光照度標準燈 (Spectral Irradiance Standard Lamp) (2) 矽光偵測器(Si Detector) (3) 視效函數光偵測器 (V(λ) Detector) (4) 亮度計 (Luminance Meter) (5) 亮度色度計 (Luminance Colorimeter) (6) 分光輻射儀 (Spectroradiometer) (7) 分光輻	224	140	133	129	129				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						射亮度標準燈(Spectral Radiance Standard Lamp)									
96	色度量測系統	O05	反射率 Y：1 % to 100 %，色度座標值 x,y：0 to 1，穿透率：1 % to 100 %	白板 反射率 Y：0.38 % to 0.54 % 依幾何條件不同，色度座標值 x,y：0.0002 色板 反射率 Y：0.17 % to 0.22 % 依顏色不同 色度座標值 x:0.0005 to 0.0046，y：0.0009 to 0.0048 依顏色不同 濾片 穿透率：0.07 % to 0.25 % 依範圍不同	83.01.10	標準色板(Standard Color Plate)、濾片(Filter)	77	117	98	118	149				
97	絕對輻射量測系統	O06	(1) 70 cd to 10000 cd (2) 照度：25 lx to 90000 lx (3) 照度：25 lx to 90000 lx；色度：近標準 A 光源色度 x,y 值 (4) 6 μW to 100 mW (300 nm to 9000 nm)	(1) 0.8 % (相對) (2) 0.81 % to 1.4 % (相對) 依照照度範圍不同 (3) 照度：0.81 % to 1.4 % (相對) 依照照度範圍不同；色度：0.0007 to 0.0012 依色度項目不同 (此項色度無 TAF Logo) (4) 0.28 % to 0.52 % (相	82.10.31	(1) 光強度標準燈(Luminous Intensity Standard Lamp) (2) 照度計(Illuminance Meter)	95	90	79	78	80			▲	

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				對) 依項目與波段不同		(3) 照度色度計 (Chroma Meter) (4) 光偵測器 (Optical Detector)									
98	低溫絕對輻射量測系統	O07	(1) 280 nm to 1100 nm (2) 800 nm to 1700 nm	(1) 0.38 % to 3.1 % (相對) 依波段不同 (2) 0.36 % to 2.1 % (相對) 依波段不同	94.08.02	(1) 矽光偵測器 (Si Photodiode) (2) 鍺光偵測器 (Ge Photodiode)	0	0	1	3	2				
99	霧度量測系統	O08	0 % to 40 %	0.04 % to 1.7 % 依規範與霧度範圍不同	96.06.28	穿透霧度標準片	11	16	12	19	20				
100	光散射量測系統	O09	波長範圍：(380 to 800) nm， 幾何條件：-60° ≤ 入射角 ≤ 60°	0.56 % to 0.59 % 依入射角度不同	98.01.16	標準白板 (雙向反射分佈函數 (BRDF) 量測)	0	1	1	1	1				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
101	分光輻射通量標準校正系統	O10	波長範圍：350 nm to 830 nm 分光輻射通量範圍：0.5 mW/nm to 150 mW/nm 色溫範圍：2800 K to 3400 K 色度項目：x, y, u, v	分光輻射通量：1.5 % to 2.7 % (相對) 依波段不同；全光通量：1.1 % (相對) 色溫：15 K；色度：0.0003 to 0.0008 依色度項目不同	101.11.2	分光輻射通量標準燈	-	10	18	15	15				
102	汞柱壓力量測系統	P01	1 kPa to 700 kPa	0.032 kPa	83.06.24	(1) 水銀式大氣壓力計 (Mercury Barometer)、 (2) 汞柱壓力計 (Mercury Manometer)、 (3) 數字型壓力計 (Digital Pressure Gauge)	54	49	50	44	52				
103	油壓量測系統	P03	2.8 MPa to 280 MPa	3.3×10^{-5} to 7.4×10^{-5} (相對)	77.06.29	(1) 油壓式活塞壓力計 (Oil Piston Gauge)、(2) 油壓壓力錶 (Oil	28	22	30	31	25				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Pressure Gauge)、(3) 數字型壓力計(Digital Pressure Gauge)									
104	氣壓量測系統	P04	(1) 17 kPa to 7000 kPa (2) 1 kPa to 6895 kPa (3) 17 kPa to 7000 kPa	(1) 2.6×10^{-5} to 4.2×10^{-5} (相對) (2) 4.3 kPa (3) 2.6×10^{-5} to 4.2×10^{-5} (相對)	76.04.29	(1) 氣體式活塞壓力計(Gas Piston Gauge)、(2) 氣壓壓力錶(Gas Pressure Gauge)、(3) 數字型壓力計(Digital Pressure Gauge)	96	85	89	97	102		※		
105	雷射干涉式微壓原級標準	P06	1 Pa to 10 kPa	0.25 Pa	95.11.22	液柱壓力計(Manometer)、差壓計(Differential Pressure Gauge)、重錘型壓力計(Dead	10	11	12	16	21				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Weight Tester)、數字型壓力計(Digital Pressure Gauge)									
106	輻射溫度計量測系統	T01	(1) 800 °C to 2000 °C (2) 10 °C to 90 °C	(1) 0.3 °C to 4.0 °C (2) 0.1 °C	79.06.28	(1)輻射溫度計(Radiation Thermometer) (2)常/低溫紅外輻射溫度計	11	70	11	33	14			▲	102 年因支援執行機場防疫工作，校正量較要往年多。與 103 年同期比較，仍屬正常。
107	熱電偶溫度計量測系統	T03	0 °C to 961.78 °C (定點)	0.11 °C to 0.20 °C	76.05.01	B. R. S.型熱電偶(Type B., R. or S. Thermocouple)定點校正	18	14	15	1	5				104 年 1 月規費公告後，熱電偶溫度計比較式校正該部分停止服務。105 年 3 月中暫停收件，預計 106 年 8 月恢復收件。

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
108	電阻溫度計量測系統	T04	-70 °C to 300 °C	0.007 °C to 0.018 °C	84.04.07	電阻式溫度感測器、數位式溫度計、熱敏電阻	132	110	127	122	131				
109	白金電阻溫度計定點量測系統	T05	-190 °C to 962 °C	0.16 mK to 6.0 mK	76.04.29	標準白金電阻溫度計 (Standard Platinum Resistance Thermometer)	18	15	12	13	12			▲	
110	微波功率量測系統	U01	(1) 頻率：10 MHz to 18 GHz，功率：1 μW, 1 mW (2a) 頻率：50 MHz，功率：1 mW (2b) 功率：(-25 to 20) dBm	(1) 1.3 % to 3.0 % (相對) (2a) 0.51 % (相對) (2b) 0.28 % (相對)	78.07.31	(1)各式之微波功率感測器(校正因子量測) (2)各式之微波功率計	36	35	32	47	29				與 102, 103 年同期比較，仍屬正常。
111	微波散射參數及阻抗量測系統	U02	頻率：45 MHz to 26.5 GHz	(0.0043 to 0.011) linear (反射)，(0.053 to 0.29) dB (透射)	80.11.05	空氣傳輸線 (Air Line)、開路器 (Open Circuit)、短路器 (Short	25	36	18	21	28				

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						Circuit)、終端器(Load)、不匹配器(Mismatch)、同軸傳輸線(Coaxial Line)、衰減器(散射參數量測)									
112	電磁場強度量測系統	U06	頻率：100 kHz to 8 GHz，最大電場強度：140 V/m (100 kHz to 500 MHz)、100 V/m (500 MHz to 8 GHz)	1.2 dB (100 kHz to 500 MHz)，1.1 dB (501 MHz to 1 GHz)，1.0 dB (1001 MHz to 8 GHz)	84.08.30	電磁場強度計、微波洩漏測試器	68	74	75	78	80		◆		
113	雷射干涉振動校正系統	V01	(1a) 50 Hz to 700 Hz (條紋計數法) (1b) 50 Hz to 10 kHz (正弦逼近法) (2) 10 Hz to 10 kHz	(1a) 條紋計數法：0.5 % (相對) (1b) 正弦接近法：0.52 % to 1.9 % (相對) (2) 0.20 % to 1.2 % (相對)	83.06.15	(1)標準加速規 (2) 電荷放大器	4	4	5	11	9	◎			

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
114	振動比較校正系統	V02	50 Hz to 7 kHz	(1) 1.5 % to 4.4 % (相對) (2) 1.7 % to 2.3 % (相對)	76.04.30	(1) 壓阻式或壓電式加速規 (Piezo-Resistance or Piezoelectric Accelerometer) (2) 振動計	89	78	66	44	1	◎			儀器故障於104年10月底暫停收件，歷經修復與第三者認證，105年12月恢復收件。
115	衝擊振動比較校正系統	V03	200 m/s ² to 100000 m/s ² 之電壓靈敏度	(1) 200 m/s ² to 10000 m/s ² : 1.9 % (相對) (2) 100000 m/s ² : 2.7 % (相對)	81.01.09	壓阻式或壓電式加速規 (Piezo-Resistance or Piezo-Electric Accelerometer)	13	16	11	14	1	◎	※◆		105年3月起實施系統改良陸續更新儀器及因應9月認證展延，周邊相關儀器進行追溯，11月始恢復收件。105年6月因校正系統位置變更，針對查核件實施內校1件。
116	低頻振動校正系統	V04	(1) 3.15 Hz to 50 Hz (2) 0.5 Hz to 160 Hz (比較式)	(1) 1.8 % to 2.7 % (相對)	85.06.30	(1) 低頻振動計、(2)	69	49	68	69	24	◎	◆		105年進行設備汰換，106年

項次	系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	系統完成日期	可校正之儀器名稱	101年度	102年度	103年度	104年度	105年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
			(3) 0.1 Hz to 160 Hz (絕對式)	(2) 1.9 % (相對) (3) 1.0 % (相對)		低頻加速規 (比較式)、 (3) 低頻標準加速規 (絕對式)									系統改良。 105年2月起暫停收件，105年11月恢復收件。
117	衝擊振動原級校正系統	V06	200 m/s ² to 10000 m/s ² 之電壓靈敏度	0.8 % (相對)	99.02.26	壓阻式或壓電式加速規 (Piezo-Resistance or Piezo-Electric Accelerometer)	0	1	2	1	2	◎			原級系統，提供 V03 系統之標準件追溯。
						總計	4903	4629	4546	4971	4825				

106.1.2 製表

年度合計

註：以系統使用次數計算

◎：本年度進行第三者認證再評鑑

※：本年度進行系統改善

◆：本年度進行系統設備汰換

▲：本年度進行國際比對

-：表未建置，無校正件

附件十四、國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明

國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明

項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
系統代碼	A01	A02	A03	A04	B01	B02	B03	C01	C03	
系統名稱	標準麥克風互換校正系統	標準麥克風比較校正系統	聲音校正器校正系統	麥克風自由場靈敏度互換校正系統	核磁共振磁通密度量測系統	磁通量測系統	低磁場量測系統	黏度計量測系統	鋼瓶氣體濃度量測系統	
系統類別(原級、次級、其他)	原級	其他	次級	原級	原級	次級	次級	其他	次級	
系統建置成本(仟元)										
系統完成日期	83.06.30	81.05.25	81.12.07	103.08.11	81.12.28	82.09.15	82.04.19	80.06.30	83.10.26	
可校正之儀器名稱	電容式麥克風	電容式麥克風、麥克風	噪音計、音位校正器、活塞式校正器、噪音量測儀	電容式麥克風(符合IEC 61094-1 LS2P)	磁力計、高斯計、標準參考磁鐵	磁通計、探索線圈	高斯計、標準參考磁鐵、磁力計	旋轉式黏度計	鋼瓶氣體驗證參考物質、具追溯性氣體參考物質	
101年系統服務次數	23	151	196	-	83	14	116	13	4	
102年系統服務次數	1	132	182	-	98	10	134	16	11	
103年系統服務次數	19	71	192	-	102	11	139	13	10	
104年系統服務次數	5	103	211	4	117	10	156	12	27	
105年系統服務次數	23	129	211	5	134	13	147	11	14	
計畫行單位建議方案(合併、改良、推廣、停止、移轉及繼續服務等；並請填寫下列相對應分析)	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	
合併分析	合併前系統維持成本(仟元)									
	合併後系統維持成本(仟元)									
	合併需改善之成本(仟元)									
	欲併入本系統服務成本(仟元)									
改良分析	國際發展趨勢									
	需求調查									
	技術可行性評估									
	經費需求									
停止分析、繼續服務分析、推廣分析	預期成果									
	國家度量衡標準實驗室量測標準追溯之完整性									
	國家度量衡標準實驗室之核心技術									
	全國認證基金會認證之二級實驗室數量									
	近五年來之校正量(平均量)	15	118	199	5	107	12	139	13	14
	未來業界需求量	16	96	217	6	144	11	164	11	24
	擴充二級實驗室能量或可提昇其技術									
	維持成本(仟元)									
移轉分析	校正收費									
	提供服務之實驗室數量及校正需求量									
	經符合前開停止評估，再洽詢本局各實驗室接受移轉意願；									
可用優惠方式，促進廠商接受標準系統技術移轉										
本局建議方案										
備註										

註1：僅合併服務系統進行相對應之「合併分析」評估，其餘空白欄位代表尚未進行評估。

國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明

註2：系統服務次數欄位標示“-”，代表該年度系統尚未建立，無資料顯示。

國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明

44 E07	45 E08	46 E09	47 E10	48 E11	49 E12	50 E13	51 E14	52 E15	53 E16	54 E18	55 E19
比壓器量測系統	直流微電流量測系統	直流中電流量測系統	直流大電流量測系統	交流電流量測系統	比流器量測系統	直流電阻量測系統	直流高電阻量測系統	標準電容量測系統	標準電感量測系統	單相交流電功率量測系統	單相交流電能量測系統
次級	次級	次級	次級	次級	次級	次級	次級	次級	次級	次級	次級
76.06.25	84.04.20	76.03.23	76.03.23	76.04.20	76.04.24	76.04.30	76.04.30	79.04.09	76.03.03	76.04.22	76.04.30
比壓器、交流高壓表、變比器匝數比測試儀...	微電流源、微電流表、電流校正器、數位電表...	直流電流分流器、多功能數位電表、電流分流器...	直流電流分流器、直流電流源、直流電流表	熱效電流轉換器、交流電流分流器、交直流電流分流器...	比流器、轉換放大器、線性電流轉換器...	多功能數位電表、多功能校正器、數位微電阻表...	電阻校正器、複式標準電阻器、十進電阻器...	標準電容器、LCR測試器、超精密電容電橋...	標準電感器、十進電感器、LCR測試器	瓦特轉換器、交流電功率校正器、電力分析儀...	瓦時校正器、精密數位瓦時表...
55	9	142	15	104	85	83	30	47	35	33	9
47	12	112	18	95	57	66	32	75	58	27	7
54	11	132	23	101	60	76	31	58	43	31	8
48	9	113	20	102	85	83	30	64	52	32	7
57	18	154	27	113	85	83	32	64	60	38	12
繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務(合併)	停止服務(合併)
										460	260
										1190	-
										-	-
										-	-
										Y	Y
										Y	Y
										12	3
53	12	131	21	103	75	79	31	62	50	33	9
54	17	139	29	111	83	84	32	69	63	37	11
										N	N
										460	260
										14,500元 / 6點 (每加1點加2,000元)	14,500元 / 6點 (每加1點加2,000元)
										16	5
										N	N
										N	N
										105.06.07 獲局同意 合併服務 (E19、 E20、E26 併入E18)	105.06.07 獲局同意 合併服務 (E19、 E20、E26 併入E18)

國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明

56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
E20	E21	E23	E24	E25	E26	E27	E29	E30	F01	F02
三相交流電能量測量系統	相位角測量系統	單相交流電功率原級量測系統	量化的霍爾電阻量測系統	直流大電阻量測系統	三相交流電功率量測系統	片電阻校正系統	電容標準追溯電阻標準校正系統	高頻介電常數量測系統	大水流量校正系統	小水流量校正系統
次級	次級	次級	原級	次級	次級	原級	原級	次級	原級	原級
82.04.24	76.04.23	84.06.30	84.06.30	86.06.23	90.10.01	91.07.17	94.05.02	97.06.05	84.12.05	85.03.01
三相瓦時計、三相標準瓦時計、三相標準瓦時表...	相位標準器、相位偏移器/相位計	精密數位瓦特表、瓦特轉換器	參考標準電阻器	多功能數位電表、標準電阻器、電阻校正器、...	三相電功率表、電力分析儀、三相電功率轉換器	矽表面電阻標準片	標準電容	高頻介質材料	渦輪式流量計、正位式流量計、超音波式流量計...	渦輪式流量計、正位式流量計、電磁式流量計...
11	3	1	2	72	4	29	10	1	63	46
7	3	2	1	66	2	40	2	1	70	46
7	4	1	1	79	7	28	12	1	42	46
7	4	1	2	58	4	30	4	1	29	40
7	2	1	1	59	4	48	10	1	32	51
停止服務(合併)	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	停止服務(合併)	繼續服務	繼續服務	停止服務(合併)	繼續服務	繼續服務
260					210			225		
-					-			-		
-					-			-		
-					-			-		
Y					Y			N		
Y					Y			N		
3					12			0		
8	4	2	2	67	5	35	8	1	48	46
6	3	1	2	57	5	44	9	1	17	47
N					N			N		
260					210			225		
14,500元 / 6點(每加1點加2,000元)					14,500元 / 6點(每加1點加2,000元)			4,100元 / 2點(每加1點加1,000元)		
6					3			1		
N					N			N		
N					N			N		
105.06.07 獲局同意 合併服務 (E19、 E20、E26 併入E18)					105.06.07 獲局同意 合併服務 (E19、 E20、E26 併入E18)			105.06.07 獲局同意 合併服務 (E30併入 U02)		

國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明

101 O10	102 P01	103 P03	104 P04	105 P06	106 T01	107 T03	108 T04	109 T05	110 U01	111 U02	112 U06
分光輻射 通量標準 校正系統	汞柱壓力 量測系統	油壓量測 系統	氣壓量測 系統	雷射干涉 式微壓原 級標準	輻射溫度 計量測系 統	熱電偶溫 度計量測 系統	電阻溫度 計量測系 統	白金電阻 溫度計定 點量測系 統	微波功率 量測系統	微波散射 參數及阻 抗量測系 統	電磁場強 度量測系 統
次級	原級	原級	次級	原級	次級	次級	其他	原級	其他	其他	其他
101.11.02	83.06.24	77.06.29	76.04.29	95.11.22	79.06.28	76.05.01	84.04.07	76.04.29	78.07.31	80.11.05	84.08.30
分光輻射 通量標準 燈	汞柱壓力 計、壓力 錶、壓力 校正器、 壓力轉換 器...	油壓式重 錘壓力 計、油壓 式活塞壓 力計、油 壓錶...	氣體式活 塞壓力 計、精密 壓力錶、 球式計器 ...	液柱壓力 計、數字 型壓力 計、微壓 計...	輻射溫度 計	S型熱電 偶、R型熱 電偶、B型 熱電偶	數位式溫 度計、電 阻式溫度 感測器、 白金電阻 溫度計...	白金電阻 溫度計、 電阻式溫 度感測器 ...	微波功率 計、微波 功率感測 器...	短路器、 終端器、 不匹配 器、微波 空氣線...	電磁場強 度計、微 波洩漏測 試儀、微 波洩漏儀 ...
-	54	28	96	10	11	18	132	18	36	25	68
10	49	22	85	11	70	14	110	15	35	36	74
18	50	30	89	12	11	15	127	12	32	18	75
15	44	31	97	16	33	1	122	13	47	21	78
15	52	25	102	21	14	5	131	12	29	28	80
繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務	繼續服務 (合併)	繼續服務
										305	
										510	
										-	
										-	
										Y	
										Y	
										1	
15	50	28	94	14	28	11	125	14	36	26	75
18	48	29	101	23	19	9	128	10	36	23	84
										N	
										305	
										4,400元 / 單一參數1 點(每加1 點加200	
										14	
										N	
										N	
						103.08.11 獲局同意 停止服務 (比較式)				105.06.07 獲局同意 合併服務 (E30併入 U02)	

