



國家度量衡標準實驗室 107 年度執行報告

國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫

(第 2 年度)

全程計畫：自 106 年 1 月至 109 年 12 月止

本年度計畫：自 107 年 1 月至 107 年 12 月止

中華民國 108 年 1 月

【期末報告摘要資料】

科資中心編號	PG10703-0175			
計畫中文名稱	國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫(2/4)			
主管機關	經濟部標準檢驗局	計畫編號	107-1403-05-19-01	
執行機構	工業技術研究院量測技術發展中心	審議編號	107-1403-05-19-01	
本期期間	107年01月01日 至 107年12月31日			
本年度經費	519,715千元 (含107年7月行政院第二預備金260,655千元執行四項SI新標準建置工作。)			
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	差異比率(比較)
	當年	100%	99.98%	0.02%
	全程	50%	50%	0%
經費支用		預定支用經費	實際支用經費	支用比率
	當年	519,715 仟元	519,609 仟元	99.98%
	全程	1,299,000 仟元	795,223 仟元	61.22%
	註： 1.當年預定進度是以1~12月預定完成工作項的比例作為預定進度百分比。 2.當年預定支用經費為當年1~12月歲出預算數 3.當年實際支用經費為當年1~12月實際數			
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 [*]	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，配合政府五大創新研發產業政策及「連結國際」、「連結在地」、「連結未來」三大策略，分就「系統能量精進」、「國際影響力擴展」、「產業環境基磐技術建構」、「前瞻技術研究」及「國際基本單位 SI 新標準」五大方向維持與強化 NML 技術質量，達到與國際先進實驗室能量一致性之技術實力，並取得國際認同。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，繼續為國家建構永續發展環境盡力。本年度重點工作包括：</p> <p>1. 建立、維持國家量測標準之國際等同</p> <p> ◇ 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，使我國出具校正報告為相互認可國家組織接受。</p>			

- ◇ 擔任國際計量事務要職，協助國際計量組織運作，構建與國際標準相關機構間互動關係，提升我國於國際之能見度及影響力。
- ◇ 參與並主導國際比對，主動促成標準校正與量測能力(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(Bureau international des poids et mesures, BIPM)之關鍵比對資料庫。
- ◇ 針對已超過使用年限的設備或故障/性能退化之設備進行精進作業，使能穩定維持系統的服務品質與準確性，確保等同國際水準。

2. 提供國家最高量測標準之一級校正服務

- ◇ 維持實驗室品保制度運作，符合 ISO/IEC 17025 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。
- ◇ 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、118 套量測系統正常運作。
- ◇ 提供 4095 件/年校正服務，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。

3. 配合政策目標及產業發展、民生需求，建立所需標準技術與追溯體系

- ◇ 配合「智慧機械」創新研發之計量需求，建立「自動追蹤雷射測距與校正技術」，提供智慧機器人/工具機檢測技術與航太產業加工製程檢測所需的三維精密量測服務，調和產線機台量測能力，並確保數據正確性，提升製程參數優化與產程調配，達成產品高值化與智能化目標。
- ◇ 因應產業創新發展項目「晶片設計與半導體產業」，滿足半導體先進製程檢測需求，建立「超薄次奈米膜厚度量測技術」，提供薄膜精確量測服務；建立「超微量金屬粒子分析暨標準技術研究」，協助半導體產業據以確認、分析製程過程污染物，提升製程品質。
- ◇ 配合主管機關檢討國內所需規範項目與內容，協助研擬/修訂法定計量器相關計量技術研究與規範。

4. 與國際趨勢同步進行前瞻計量技術研究，建構我國計量標準技術自主能量

- ◇ 因應 SI 基本單位新定義，進行矽晶球質量標準及聲學氣體溫度計標準研究，並發展新的壓力量測技術，以縮短 SI 追溯管道及追溯時程，並藉此提高國內量測科學與儀器技術水準。
- ◇ 因應未來 5G 通訊朝更高速、大容量、高密度發展之計量需求，研發毫米波光纖通訊頻率源技術，以支援我國通訊產業產品研發並協助產品品質提升，增進國際競爭力。

5. 國家計量人才培訓及計量資訊傳播與推廣

- ◇ 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。
- ◇ 提供計量標準技術服務，協助產業建立品管及量測技術能力。

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 7 項國際比對參與及主導 2 項國際比對，在國際度量衡委員會相互認可協議(CIPM-MRA)架構下累計參與 109 項國際比對，完成 76 項，尚有 33 項持續進行中。
 - ◇ 292 項校正與量測能量(CMC)獲准登錄於 BIPM 的附錄 C。
- (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。
 - 擔任 CIPM 長度諮詢委員會(CCL)、光度與光輻射諮詢委員會(CCPR)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、質量領域技術委員會(TCM)主席及醫學計量工作組主席，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(NML) 15 個領域 118 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 4951 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 125 份全球相互認可協議(CIPM-MRA)架構認可之英文校正報告，提供具有國際認可之校驗報告，拓展國際市場。
 - ◇ 策略性汰換 1 項使用故障/性能退化之設備，與改良精進 2 套系統，使能穩定維持系統的服務品質與準確性。
 - 針對能源、半導體、化工業及公平交易所需，完成低壓氣體流量量測系統共 1 項改良，服務範圍由 24 L/min 擴充提升至 40L/min，不確定度由 0.1 % 降低至(0.07 ~ 0.08) %。
 - 針對法定度量衡、航太、重工業及民生所需，完成大質量量測系統共 1 項改良，不確定度由(8.4 ~ 21) mg，降低至(3.6 ~ 10) mg。及 1000 kg 質量比較儀重要設備汰換。
- (2) 計量技術知識擴散，培育國內計量人才
- ◇ 完成 3 場次智慧機械與半導體業等相關計量技術擴散活動辦理。
 - ◇ 完成 3 場次度量衡教育推廣活動辦理，並邀請偏遠地區學校共同參與，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

◇ 建立「自動追蹤雷射測距與校正技術」，協助國內相關產業提升三維精密量測技術，提高競爭力。

—完成自動追蹤雷射測距技術：完成雷射測距模組整合，整合後雷射模組出光強度約 0.2 mW，符合安全與追蹤功能；另使用座標量測儀量測 100 nm 位移，確認測距解析度可達 $\leq 0.1 \mu\text{m}$ 。

—完成智慧工具機自動量測與補償技術：利用 NML 的座標量測儀機台完成 1 種機台結構之空間誤差模型，量測空間取 1000 mm × 600 mm × 200 mm，3 次數據結果間之差異皆在 $\pm 1.5 \mu\text{m}$ 範圍內，並可輸出 21 項幾何誤差表，完成三軸 21 項幾何誤差模型軟體及模擬。

—發展之技術可滿足工具機實機快速調校需求，以自動追蹤雷射測距儀取代傳統雷射干涉儀；另外，相較於使用國外的自動追蹤雷射測距技術，本技術可在架設一次情況下即可取得 21 項幾何誤差值，因此能更快速掌握工具機機台的狀態。

—自動追蹤雷射測距技術發展可滿足工具機業者在機台操作空間誤差計量技術的需求，建模方式將可延伸至五軸工具機旋轉工作台之幾何誤差量測，預期可協助縮短迴轉工作台線上檢測時間，由 14 天減少為 7 天。

◇ 建立「超微量金屬粒子分析暨標準技術研究」，協助半導體產業據以確認、分析製程過程之污染物，提升製程品質。

—完成「靜態重力法無機元素供應驗證系統(C13)」新建系統，生產之鉛標準液能量範圍為 1000.0 mg/kg，量測不確定度為 1.5 mg/kg，涵蓋因子為 2.0，與日本國家計量研究院(NMIJ)所提供之鉛標準液進行濃度驗證，經計算 $|E_n| = 0.21$ ，證明 NML 鉛標準液之配製及濃度驗證方法正確，於本年度 3 月 23 日完成系統查驗，明年公告後提供服務。

—完成奈米金粒子驗證參考物質粒徑量測技術，利用顆粒尺寸為(20、40、60、80、100) nm 的奈米金粒子參考物質，進行單一顆粒感應耦合電漿質譜儀(spICP-MS)檢量線建立。經方法優化後之量測結果，得到質量與訊號的線性關係 $R^2 = 0.9985 > 0.995$ ，表示奈米金粒子粒徑量測技術可行，再經由量測到的質量數換算，此方法量測奈米金粒子粒徑之方法偵測極限(LOD)為 5.5 nm。

—完成優化粒徑量測技術程序，經評估進樣系統的傳輸效率與進樣流速等條件，並利用碰撞反應模式降低背景之複合離子干擾，其 10 種元素(鈉(Na)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鐵(Fe)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn))經計算之尺寸偵測極限 $< 10 \text{ nm}$ 。

—發展之技術可應用於半導體酸鹼試劑，協助國內電子級試劑供應商針對如過氧化氫、氨水、硫酸等產品，檢測其中之金屬離子污染物，確認品質穩定性，提升半導體廠產業之製程良率，拓展過去由外商產品壟斷之市場。

● 強化國家計量追溯體系、提升 NML 國際地位，滿足政府產業政策及國

內產業發展之未來計量技術需求

本年度為配合國家因應國際度量衡大會(CGPM)重新以基本物理常數定義國際單位(SI)之重要政策，調整並勻支既有資源，優先支援發展符合SI新定義之原級標準技術建置，包括新質量標準、新溫度標準第一階段之發展任務；並針對下世代通訊及其關鍵光電半導體技術發展，研發 5G 通訊光頻技術，本年度執行成果如下：

(1) 因應國際單位制改版，進行新質量與新溫度標準建置，維持我國計量標準技術自主能量

◇ 發展 X 光晶體密度法(X-Ray Crystal Density, XRCD)，以矽晶球實現新公斤定義

— 完成矽 28 矽晶球原級質量標準所需之標準法碼真空至大氣導引技術與吸附效應量測技術建立，並完成吸附效應法碼組之採購。不銹鋼吸附效應法碼組之吸附效應測得為 $(5.8 \pm 3.54) \times 10^{-6} \text{ mg/cm}^2$ ，以標準不確定度除以吸附係數得相對標準不確定度為 61.2 %。

— 於矽晶球法表層質量量測系統建置方面，完成超高真空相容三軸移動座之採購與驗收，並完成了 XRF 螢光頻譜之分析擬合軟體建置。

◇ 發展聲學氣體共振腔法新溫度標準

— 委託 NPL 製作聲學氣體溫度計：完成準球型共振腔之儀器設備委製採購，並確立聲學徑向共振模式、內表面粗糙度為 nm 等級、尺寸公差 $\leq 3 \mu\text{m}$ 、及腔體與其安裝之聲學傳感器可承受達 373 K 之最高使用溫度且不致產生形變等規格。

— 完成水氣濃度之分析技術建立：

(a) 完成氣體純度檢測次系統管路預安裝之設計與建構。

(b) 進行管路水氣濃度與工作氣體流量關係研究，於流量(5 ~ 25) sccm 範圍，水氣濃度皆符合計畫目標($< 0.6 \text{ ppm}$)，此對應於當工作氣體溫度為(213 ~ 373) K，水氣濃度導致之不確定度為(0.074 ~ 0.175) mK。

(2) 研發毫米波光纖通訊頻率源技術，建立 mm-wave RoF(毫米波光載射頻)研究平台，支援 5G 通訊產業研發

◇ 完成重複率 1 GHz 飛秒光纖雷射光梳穩頻，重複率之追蹤不穩定度為 $1.4 \times 10^{-13} @ 1 \text{ s}$ ，偏差頻率的殘餘擾動為 6 mHz，穩頻後光梳的頻率不確定度為 2.4×10^{-12} 。

◇ 完成解析 1 GHz 光纖雷射光梳，並由光梳間的拍頻產生可調毫米波，頻率(10 ~ 70) GHz，功率 $> -30 \text{ dBm}$ ，完成光載可調毫米波(mm-waveband radio over fiber, mm-wave RoF)技術實驗。

● 建置符合 SI 單位新定義之新質量、新溫度、新電流及新物質量標準

(1) 建置新質量系統的原級矽晶球質量標準、矽晶球表層質量量測系統及原級真空標準

◇ 完成十克、一百克與一公斤質量比較儀設備驗收。衡量範圍 1000

	<p>g，允收標準：解析度 1 μg，重複性 8 μg；衡量範圍 100 g，允收標準：解析度 0.1 μg，重複性 1 μg；衡量範圍 10 g，允收標準：解析度 0.1 μg，重複性 0.6 μg，以及原級真空標準建置方面，完成靜態膨脹真空原級標準系統設計與硬體建置，體積膨脹比介於 100 ~ 10000 之間，目標壓力量測範圍為 0.1 mPa ~ 1 kPa。</p> <p>(2) 新溫度絕對輻射溫度量測系統及熱電偶高溫校正系統</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ 完成(213 ~ 373) K 聲學共振頻率之擾動因子修正，並產出技術文件一份“聲學氣體溫度計(213 ~ 373) K 實務架構解析與量測技術”，完成熱電偶高溫校正系統設備採購，並產出技術文件一份“熱電偶高溫系統組裝與操作程序”，完成輻射超高溫校正系統設備採購及驗收，並產出技術文件一份“高溫黑體爐組裝與操作程序”。 <p>(3) 新電流系統的量化霍爾電阻系統及微電流標準</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ 完成免液氦 QHR 電阻原級標準系統的建置與驗收，系統量測變異範圍小於± 0.04 μΩ/Ω，以及產出技術文件一份“免液氦量化霍爾電阻系統之操作與量測技術”。完成高電阻電橋系統建置與驗收，高電阻量測範圍為 100 kΩ 至 1 TΩ，電橋比例量測準確度小於 5 × 10⁻⁶。 <p>(4) 新物質量系統的質譜法自然豐度 Si 同位素稀釋量測技術及光學法同位素比例量測技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ 完成多接收器感應耦合電漿質譜儀、高解析感應耦合電漿質譜儀以及同位素比例分析設備測試驗收。完成溶解矽晶體之前處理技術並產出技術文件一份“四甲基氫氧化銨溶解矽晶體之前處理技術”。完成大氣樣品採樣蒐集與分析，樣品分析濃度為(215.60 ± 0.83) μmol/mol。完成主要成分之質量法濃度配製，配製濃度為(399.38 ± 0.28) μmol/mol，不確定度為 0.07 %，小於 1 %，符合計畫規格。 <ul style="list-style-type: none"> ● 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 <ul style="list-style-type: none"> ◇ 完成標準局使用中氣量計檢定設備性能評估，比對結果顯示該 5 套氣量計檢定系統具一致性。配合標準局年度抽檢活動，檢查數量共計 3193 具，不合格數量共計 106 具，合格率为 96.7 %。耐久測試研究結果顯示測試前後器差變化量最大 1.39 %，且所有氣量計在耐久測試後都能符合檢查合格規範 3 % 以內。 ◇ 完成 CNPA 21 計程車計費表型式認證技術規範與國際上歐盟、美國、日本、英國與中國大陸現行計程車計費表規範比較分析。綜合國內五家計程車計費表廠商與四家檢驗機構訪談結果，針對印表機、顯示與聲音、GPS、操作、參數單元與計數單元等項目，於 CNPA 21 規範修訂內容提出建議。
英文摘要	<p>Yearly Project Outcome:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 7 international comparisons, and hosted 2 international comparisons. Within the framework of CIPM-MRA, it shows on BIPM-KCDB website totally 109 comparisons registered to BIPM-KCDB Appendix B with 76 comparisons completed and another 33 comparisons still in progress.
 - ✧ 292 calibration and measurement capabilities (CMC) items have been registered to BIPM-KCDB Appendix C.
- (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).
 - Holding the position of official observers in three consultative committees, Consultative Committee for Length (CCL), Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (CCAUV), and Consultative Committee for Photometric and Radiometry (CCPR) by CIPM.
 - Holding the position of Member of Executive Committee (EC/APMP), and Chair for Technical Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (TCAUV) and Technical Committee for Mass and Medical Metrology Working Group 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 118 sets of measuring systems in 15 metrology areas and associated environmental facilities to ensure regular operations and service quality of NML, providing 4582 primary calibration services, and to transfer standards and provide secondary calibration services, test and certification nationwide, and that accrues to more than ten billions TWD dollars of inspection, certification and testing market

annually.

- ✧ Provided 125 international calibration reports in English edition certified under the CIPM-MRA framework to issue manufacturers internationally certified calibration or certification reports for the expansion of international market.
- ✧ Strategically completed 1 system renewing due to expired use or equipment malfunction/decay and 2 system improvement/refinements to keep the systems in stable service quality and in precision.
- Completed 1 system improvement/refinements for low pressure gas flow system to meet the needs toward energy resource, semiconductor industry, chemical industry and fair trade. The service range was increased from 24 L/min to 40 L/min, and the uncertainty was reduced from 0.1% to (0.07 ~ 0.08)%.
- Completed 1 system improvement/refinements for the high-capacity mass weighing system which uncertainty was reduced from (8.4 ~ 21) mg to (3.6 ~ 10) mg, and the 1000 kg mass measurement system replacements/renewing to meet the needs toward legal metrology, aerospace industry, heavy industry 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 and semiconductor industry application.
- ✧ Completed holding 3 metrological education disseminating activities, 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.

● Enhancing international competitiveness of the precision manufacturing and semiconductor industry.

(1) To establish calibration systems for capability reinforcement of metrological traceability chain to meet the emerging metrology needs of the precision manufacturing and semiconductor industry.

- ✧ Developed the measurement and calibration technology of the automatic tracking laser system for measuring distance to provide high-precision coordinate measurements. These measurements helped enhance the capability of precision manufacturing and increase the competitiveness of the machine tool industry.
- Completed the tracking system having the following capabilities: integration with opto-mechanical-electro systems, the output power of

opto-mechanical-electro systems is 0.2 mW for a safety tracking. The laser ranging testing was conducted on a three-axis CMM in the National Measurement Laboratory (NML) with a 100 nm step motion. The resolution of laser ranging is 0.1 μm .

- Completed the geometric errors measurements on the machine tool and coordinate measuring machine comprising the following missions: using the automatic tracking laser system to measure and generate the geometric error table. The experimental setup was based on a three-axis CMM in NML; it is a fixed gantry structure with an x-axis of 1000 mm, a y-axis of 600 mm, and a z-axis of 200 mm. The experimental result shows that the repeatability is less than $\pm 1.5 \mu\text{m}$ and the geometric error table with 21 terms is successfully generated.
- Compared with traditional measurement methods, the developed auto tracking laser system for measuring distance can meet the requirement of rapid measurement. The measurement technique of using the auto tracking laser system could also be extended to apply to the rapid inspection of the five-axis machine tool.
- ✧ To develop the metrology technique of inorganic element to assist the semiconductor industry to confirm and analyze the contaminants of manufacturing process and improve the quality of process.
- The " Static Gravimetric Method Inorganic Element Supply and Certification System (C13)" was established to produce lead standard solution in the concentration of 1000.0 mg/kg. It's expanded uncertainty was 1.5 mg/kg with 2.0 as coverage factor. The concentration of produced solution was verified by using NMIJ-provided lead standard solution. E_n value of the analyzed value and gravimetric value is 0.21 as calculated, which proved that the established preparation and verification method of NML lead standard solution was valid. The system was accredited by experts on March 23 of this year and it is expected to provide service in 2019.
- Established a measurement technique for particle size of the gold nanoparticle certified reference materials using single particle inductively coupled plasma mass spectrometer (sp-ICP-MS). The calibration curve was established by using 20 nm, 40 nm, 60 nm, 80 nm & 100 nm gold nanoparticles and the correlation coefficient (R^2) between signal and particle mass was 0.9985, better than targeted value of 0.995. After converting the mass value to be diameter, the detection limit of gold nanoparticle size is 5.5 nm, which meet the goal of project.
- Optimized a particle size measurement technology by evaluating the transport efficiency of the injection system and the injection sample flow

rate. Meanwhile, we applied the collision reaction mode to reduce the interference of complex ions. Ten elements were tested including sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminum (Al), iron (Fe), cobalt (Co), nickel (Ni), copper (Cu) and zinc (Zn) and the detection limits of sizes are under 10 nm.

—The established analysis methods and techniques can not only be applied to semiconductor industry, but also can help the domestic electronics-grade reagent suppliers to determine the metal ion impurities in their products. These will make domestic acid-base reagent companies to improve the quality of their products and expand the market monopolized by foreign products in the past.

●The scientific metrology technology subproject aims at developing of (a) Measurement and calibration technologies which are meeting international trends. (b) Industrial technologies based on advanced metrology technology. (c) Core technologies of high-level metrological instruments. These are used to improve the Taiwan's national metrology system, upgrade technological capabilities of Taiwan's instruments industry, and increase the product's value. In this year, to meet nation's important policy, which is in response to redefinition of SI units based on basic physical constants by CGPM, we adjusted the resources to preferentially support technology development of the new SI standards including new kg and new kelvin. The remainder is used to carry out research on optical comb technologies for frequency standards of 5G optical communications. The project outcome of this year is:

(1) To establish new mass and new temperature standards for complying with the new definition of SI to shorten the traceability path and time towards SI

A. X-Ray Crystal Density (XRCD) realization for new kilogram definition

✧ Vacuum to air transfer of mass standard and sorption effect measurement techniques have been established. The purchase of sorption artifacts is also completed. The sorption coefficient of one set of stainless steel sorption artifact is measured to be $(5.8 \pm 3.54) \times 10^{-6}$ mg/cm², and the relative standard uncertainty is 61.2 %.

✧ Regarding the setup of silicon sphere surface mass measurement system, we have completed the purchase and acceptance of a UHV compatible three-axis manipulator, and have established the software for XRF spectrum analysis and fitting.

B. Acoustic gas thermometry temperature standard establishment

✧ Accomplished the contract with NPL to establish an acoustic gas thermometer as well as placing a purchase order of the quasi-spherical

resonator, and completed the specifications confirmation for acoustic radial resonance mode, internal surface roughness of nanometer's dimension, dimensional tolerance (less than 3 μm), and the maximum withstanding temperature of 373 K on the resonator with installed sensors.

✧ Accomplished the establishment of analysis technology on the moisture concentration in Ar gas:

(a) Completed the design and construction of pre-installed gas purity detection subsystem.

(b) Studied on the relationship between moisture concentration and gas flow rate of (5 to 25) sccm. All the detected moisture concentrations meet the project goal (< 0.6 ppm), and that means the uncertainty is within (0.074 to 0.175) mK when the working temperature ranges from (213 to 505) K.

(2) Research on optical comb technologies for the generation of millimeter-wave over fiber and establishment of a platform to support the invention of advanced technology for 5G telecommunications

✧ Finished 1 GHz self-referenced Er-fiber laser comb. The tracking instability of repetition rate is 1.4×10^{-13} @1 s. The residual fluctuation of the offset frequency is about 6 mHz. The frequency uncertainty of the fiber laser comb is 2.4×10^{-12} .

✧ Finished resolving the comb line of a 1 GHz fiber laser comb and generating (10 to 70) GHz mm-wave with power of -30 dBm.

● In response to the re-definition of 4 new SI units, the NML is developing the new technologies of the mass standard, the temperature standard, the electric current standard, and the amount of substance standard.

(1) The primary silicon sphere mass standard, and the primary vacuum standard of the new mass system.

✧ For the work items in "New mass" standard, the progress has met the set targets of the project that all planned checkpoints will be completed on time. The implementation results of the 5 checkpoints were the completions of procurement for the 1 kg mass comparator measurement system (the repeatability is 8 μg and the resolution is 1 μg), the 100 g mass comparator measurement system (the repeatability is 1 μg and the resolution is 0.1 μg), and the 10 g mass comparator measurement system (the repeatability is 0.6 μg and the resolution is 0.1 μg). Additionally, in the primary vacuum standard, a static expansion vacuum standard system is designed together with its

hardware construction completed. The volume expansion ratio is from 100 to 10000 with the target pressure measurement range from 0.1 mPa to 1 kPa.

(2) The absolute radiation temperature measurement system, and the high temperature thermocouple calibration system

✧ For the work items in “New temperature” standard, the progress has met the set targets of the project that all planned checkpoints will be completed on time. The implementation results of the 5 checkpoints were the completions of the perturbation correction on Acoustic Resonance Frequency in the temperature range of (213 ~ 373) K, with a technical document output entitled as “Practical architecture analysis and measurement technology on the Acoustic Gas Thermometer in the temperature range of (213 ~ 373) K”. Moreover, the other implementation results were the completions of procurement for the high temperature thermocouple calibration system. The check and acceptance procedure of the high temperature thermocouple calibration system was completed with a technical document output entitled as “Installation and operation procedure of the high temperature thermocouple system”. Meanwhile, the additional implementation results were the completions of procurement for the ultra-high temperature radiation calibration system. The check and acceptance procedure of the ultra-high temperature radiation calibration system was completed with a technical document output entitled as “Installation and operation procedure of the high temperature black furnace.

(3) The quantum Hall resistance system and the low current standard system

✧ For the work items in “New Electric Current” standard, the progress has met the set targets of the project that all planned checkpoints will be completed on time. The implementation results of the 4 checkpoints were the completions of specification design and procurement for the liquid helium free QHR system. The check and acceptance procedure of the liquid helium free QHR system was completed with a technical document output entitled as “Operation and measurement technology of the liquid helium free Quantum Hall Resistance system”, with the system measurement deviation less than $\pm 0.04 \mu\Omega/\Omega$. Moreover, the other implementation results were the completions of specification design and procurement for the high resistance bridge system. The check and acceptance procedure of the high resistance bridge system was completed with the accuracy of ratio measurement less 5×10^{-6} in the high resistance range of 100 k Ω

to 1 TΩ.

(4) Multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometer and isotope mass for the molar mass of element for reducing the uncertainty of primary reference standards to match with the new definition for the mole

✧ For the work items in “New amount of substance” standard, the all planned checkpoints of the sub-project of establishing the measurement technology of induced plasma mass spectrometry (ICP-MS) and the sub-project of establishing the isotope-ratio measurement technology will be completed on time. The implementation results of the above checkpoints were the completions of specification design and procurement for the multi-collector ICP-MS, high resolution ICP-MS and isotope-ratio measurement system. The check and acceptance procedure of the above devices and system were completed. Another implementation results were the completions of the silicon sample pre-treatment procedure establishment with a technical document output entitled as “Pretreatment technology of tetramethylammonium hydroxide to dissolve silicon crystal”. The other implementation results were the completions of atmosphere sample collection and analysis, with CO₂ concentration of the collected sample (215.60 ± 0.83) μmol/mol. Moreover, the additional implementation results were the completions of the preparation of major component standard with gravity method, with the prepared standard concentration (399.38 ± 0.28) μmol/mol, and the relative expansion uncertainty less than 1%, which was in accordance with the project specifications.

● 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).

✧ Performance evaluation for BSMI gas meter verification systems has been accomplished. 5 sets of gas meter verification systems were used for comparison and results were in good agreement. To work co-operatively with annual sampling activity held by BSMI, 3193 meters were selected for sampling inspection. Results showed 106 meters failed to meet their requirement, meaning the pass rate was 96.7 %. All of the tested meters conformed to the required inspection spec. of 3 % after long term running test with a maximum deviation of 1.39 % before and after the test.

✧ To complete the comparison between CNPA 21 ” Technical

	<p>Specification for Type Approval of Taximeter” and the international current taximeter specification in European Union, the United States, Japan, the United Kingdom and mainland China. To complete the interviews with the domestic five taxi meter manufacturers and four inspection agencies and to complete the collection of the anti-cheat recommendation for printers unit, display unit, sound unit, operation, GPS, operation unit, parameter unit, counting unit and other items for carrying out the CNPA 21 specification revision.</p>
報告頁數	391頁
使用語言	中文

主要執行成果與效益

一、計畫內容概要：

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，建立、維持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。計畫重點工作包括：

- 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，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。
- 維持實驗室品保制度運作，符合 ISO/IEC 17025、ISO 17034 之標準規範，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、118 套量測系統正常運作，提供校正服務，傳遞標準量值至各實驗室及業界。
- 因應國際度量衡大會(CGPM)重新以基本物理常數定義國際單位(法語：Système International d'Unités, 簡稱 SI), 建立符合 SI 新定義之原級標準系統，包括新質量標準、新溫度標準、新電量標準及新物質量標準系統，維持計量主權完整之計量基磐，自主追溯至 SI 基本單位。
- 配合產業政策、民生需求，建立產業所需計量標準技術，結合國家計量標準、儀器開發及產業技術應用、新/擴建標準系統、研製標準件及滿足在線檢校需求，提供更貼近產業的服務與擴散多元化計量技術。
- 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。

二、年度計畫執行成果：

- 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. 在國際度量衡委員會相互認可協議(CIPM-MRA)的架構下，持續合格登錄於 BIPM 關鍵比對資料庫(BIPM-KCDB)，以揭露各 NMI 間之國際等同性。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。
 - ◇ 完成國際比對參與 7 項，主導 2 項。參與 7 項之比對其中 3 項登錄於 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 109 項國際比對，已完成 76 項，33 項持續進行中。
 - ◇ 至 107 年 12 月止累計完成 292 項校正與量測能量(CMC)登錄至國際度量衡局(BIPM)的附錄 C。
 - ◇ 維持 CIPM-MRA 效力，需定期接受國際第三者再認證，藉由第三者的客觀角度來證明 NML 的品質系統運作是符合世界(ISO/IEC 17025、ISO 17034)標準，同時也接受財團法人全國認證基金會(TAF)實驗室監督評鑑，以維持國際相互認可協定

(MRA)之簽署效力，所核發之校正測試報告可得到國際認可(101 個會員、4 組織計 157 個機構認可)，本年度完成長度/電量/磁量/微波/光學/振動/聲量/化學等 8 領域第三者認證監督評鑑，以確認品質系統。

◇完成 2 套系統精進/改良，使能穩定維持系統的服務品質與準確性。改良大質量量測系統以提供法定度量衡、航太、重工業及民生所需之質量與力量量測追溯。改良低壓氣體流量校正系統，以服務氣量計及氣體流量量測領域，供能源、半導體、化工業及公平交易所需之流量量測追溯。

◇維持國家最高標準之國際等同性及維持國際相互認可協議效力，致力於將校正與量測能量(CMC)登錄於國際度量衡局(BIPM)資料庫，使出具之校正或測試報告為 101 個會員、4 個組織計 157 個相互認可機構承認，減少重複檢測及出口貿易障礙。提供與國外等效之在地校正服務，所需時間/費用僅需其 1/10~1/5，大幅降低廠商開發與驗證成本，除提升產品品質亦增加競爭力。如以出口貨品品項 16.機械及電機設備和 18.光學及精密儀器計算，CIPM-MRA 影響我國主要貨品出口值達 1,947 億美元(佔總出口值 67%，GDP 36%)。

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。

—為國際度量衡委員會(CIPM)諮詢委員會之輻射與光度諮詢委員會(CCPR)、長度諮詢委員會(CCL)及聲量/超音波/振動諮詢委員會(CCAUV)等 3 個委員會之觀察員(observer)，持續參與委員會相關度量衡標準的制定、比對等技術討論。

—4 人次擔任 APMP 執行委員會(Executive Committee, EC)委員、聲音/超音波及振動領域之技術委員會(TCAUV)主席、質量領域之技術委員會(TCM)主席主席及醫學計量焦點工作組(MMFG)主席，協助亞太計量組織之運作。

—4 人獲邀擔任日本、印尼國家標準實驗室光量、振動及溫度領域之同儕評鑑技術評審員，與協助 APMP 流量、溫度領域之跨區域及區域內計量組織之校正與量測能量(CMC)所提項目審查 7 項，提供相互認可佐證資料所需之計量技術支援。

◇參與/主導國際計量技術合作研究計畫，強化計量技術實力，協助我國產業即早掌握國際發展走向

—主導/參與 2 項 APMP 促進合作計畫(Technical Committee Initiative projects, TCI projects)，進行先期國際比對技術研究，協助亞太區域建立未來關鍵比對之技術基礎。

✓主導 APMP 醫學計量焦點工作組(MMFG)促進合作計畫(FGI)-「以血壓模擬技術測試自動血壓計準確度先期研究」

✓ 參與 APMP 薄膜厚度國際比對可行性研究

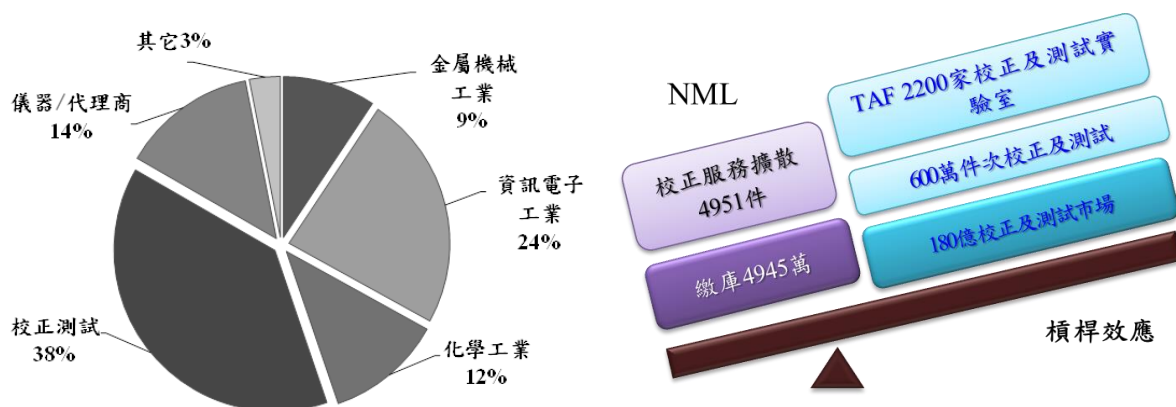
◇ 配合政府新南向政策，協助計量技術支援、人才培訓

- 代表 NML 受邀參加工研院與印度科學及工業研究委員會(CSIR)共同舉辦之研討會(CSIR-ITRI seminar)，討論 NML 與印度國家物理實驗室 CSIR-NPL 可能合作的議題，共為台印雙方的產業與貿易提供計量支援。
- 計量技術支援越南國家計量院(Vietnam Metrology Institute, VMI)量測系統建立與人才培訓課程，完成 5 人次電量領域及 3 人次振動領域之量測技術訓練。
- 配合台印尼第 4 屆 JCTI 貿易工作小組會議決議，講授「膜式氣量計型式認證技術規範及標準器追溯」及膜式氣量計檢測設備操作觀摩，完成印方 5 人次之氣量計訓練。

● 傳遞國家最高標準，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 118 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，確保國家實驗室之運作正常與服務品質，藉由提供各項量測儀器之一級校正服務 4951 件(近 5,000 萬繳庫)，校正服務 52 % 分布二級實驗室及儀器設備商(代理商)。透過全國認證基金會(TAF)認可之二級實驗室(約 2,200 家)傳遞國家量測標準，分析服務之實驗室分屬四大類如政府機關/法人、學校/軍事、醫院/民營企業，間接影響所及是無法估計之民生福祉，如公共工程鑑測公信力、電子秤/地秤/槽秤/車輛排放 CO₂ 等公務執法的維繫、民生用之水表/電表/瓦斯表等公平交易、產業檢校/研發等產業競爭與產品產值。所衍生檢測服務約 600 萬件，檢測件平均以新台幣 3,000 元/件計，國家度量衡標準實驗室每年支援新台幣 180 億元檢測市場之規模。，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。



註：107 年校正服務統計分析

◇ 校正服務對我國產業/民生等效益與影響舉例

一 校正服務支持政府機關之公權力

- ✓ NML 提供標準局年度執行法定度量衡器檢定、檢查等業務之標準件校正服務。確保政府每年進行三大年節衡器專案檢查，針對全國傳統市場、大型量販店、超級市場及觀光風景區等處所使用衡器之準確性，協助政府維護我國交易公平環境，讓民眾安心。
- ✓ 提供行政院環境保護署及各縣市環保局非游離輻射環境監測之量測標準追溯(環保署公告提供國內近 8 千筆的高頻及低頻環境監測數據)，以持續且有效的進行電磁波的環境監測，消除民眾對於非游離輻射安全的疑慮；提供噪音計量測追溯，確保噪音計量測之公正性，每年處理噪音陳情案件 7 萬多件，影響約 1000 萬人。提供環保署空氣品質監測網運作所需之量測追溯(網內累計近千部儀器需以標準濃度氣體進行確效)，作為民眾健康及空污防治之參考依據。

一 校正服務二級實驗室之擴散效益

- ✓ 以國內大型檢校實驗室臺灣檢 O 科技為例，NML 提供其長度、電量、溫度及光量等量測追溯，再由其提供國內廠商檢校，間接擴散協助檢校產業之運行。我國檢校實驗室業者可直接由 NML 校正服務獲得實驗室品質所需之校正報告，無須支出較高校正費用，也節省國外送校時間。由於可直接於國內取得國際一致性之報告，透過市場競爭及全國認證基金會(TAF)認可機制的推行，我國檢校產業可自主運作，避免部分業者為節省成本，以他國二級實驗室報告充數，使我國檢校體系淪為三流實驗室。

一 校正服務產業界之效益

- ✓ 本年度直接服務我國前十大製造廠商製造業(鴻海、和碩、廣達、台積電、中油、仁寶、緯創、台塑、英業達、統一企業)，計提供該 10 家廠商 300 件校正服務，確保其生產製造之品質保證，在地提供具國際等同效力之報告，以符合國際規範要求，維持國際競爭力。
- ✓ 服務精密儀器設備商，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，為公司以及其所銷售至各機電產業的產品品質把關。
- ✓ 服務工具機製造商，以國內工具機產品製造公司永 O 機械公司為例，該公司不斷提升「自製率」，目前已領先臺灣其他工具機廠，成功開發出五軸頭及自

製分度盤。並在全球 40 多個國家擁有 50 個據點。NML 提供直角度、垂直度之校正追溯(D06~D09)，藉由直角度之追溯與傳遞，協助該公司確認工具機製造組裝中各軸間之垂直度，使其得以製造出合乎準確度高的產品，使其產品都能符合客戶之要求，提升公司整體競爭力。

一 校正服務之民生效益

- ✓ 水資源計量管理: 水錶計量為售水營收依據，水錶準確性及計量運轉特性直接影響營收，對計算售水率與無費水量(Non-Revenue Water, NRW)具有直接和重大影響性。依據檢定檢查技術規範規定，水錶的使用年限為 8 年，並須依法進行檢查，每年新裝/汰換水錶約有 100 萬只，採購金額達 8 億元。透過 NML 提供水流量標準追溯，北水處得以自主完成新購水錶驗收之抽驗工作，同時對已安裝使用水錶的抽驗或是異常計費水錶進行拆回檢驗工作，提升試驗之準確度與公正性，維護民生消費權益，有效進行用水管理。
- ✓ 食品安全: 近年來隨著塑化劑、毒澱粉及澳洲草莓毒針等國內外食品安全事件陸續爆發，食品安全為民眾高度關注的議題。食物除了本身可能含有殘留的化學物質外，在機械化的製程以及輸送過程中，也有可能摻入鐵屑雜質，造成食安問題，尤其是粉末狀的食材產品。如何避免摻雜鐵屑為各大食品廠如統 O、味 O、泰 O、可 OO 樂、O 津、天 O 茶業、台 O 糖業及葡 OO 生技等業者對其產品安全控管的重要課題之一。各業者在製程中使用強力磁鐵吸取於麵粉、糖、茶葉及咖啡等食品製程中所可能掉落摻雜之金屬屑，以保障其食品品質。定期將其查核強力磁鐵磁力的高斯計送至 NML 的核磁共振磁通密度量測系統進行校正，確保其製程的可靠性，進而保障產品安全及維護商譽，影響產值達千億元。
- ✓ 天然氣: 天然氣交易過程中所使用之流量與成分分析，兩計量設備影響交易之公平性，在成分分析計量部分，NML 提供標準氣體驗證服務，協助中 O 公司全台共 15 座配氣站 20 台線上熱值分析儀，完成準確度確認且可追溯至國家標準校正用標準氣體濃度驗證工作，維持天然氣輸氣與供應所使用之熱值分析儀的量測準確度;提供中 O 公司 8 個天然氣配氣站共 17 條計量線之超音波流量計、溫度計及壓力計校正與追溯，確保其與國內民營與國營燃氣各發電廠年度交易之公平性與客觀性。

◇ 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 125 份，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。

- ✓ 台 O 電子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)，持續獲得國際大廠訂單。

- ✓ 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。

2. 計量技術知識擴散，培育國內計量人才

◇ 完成辦理電量、長度、力量及品質等相關收費課程，共 13 場次，170 家、302 人次參加，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。

◇ 配合產業計量技術之精進與發展，辦理智慧機械相關技術推廣活動 2 場及 1 場參展。

- ✓ 辦理「奈米粒子量測標準暨化學量測不確定度研討會」，由日本 NMIJ 及我國產業專家與 NML 技術專家進行技術專題演講。

- ✓ 辦理「2018 精密機械計量技術與應用研討會」，產、學、研三方專題演講與實物展覽。

- ✓ 參展「2018 台中自動化機械暨智慧製造展」，推廣 NML 於智慧機械領域之研發成果。

◇ 完成 3 場次度量衡教育推廣活動辦理，並邀請偏遠地區學校共同參與，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。

- ✓ 520 世界計量日度量衡科學知識推廣活動」，於 5/6、5/13、5/20、5/27 日四個周日之上下、午共舉辦八個梯次，計有 3914 人參加

- ✓ 舉辦「度量衡偏鄉扎根活動」，安排南部地區保東國小及深坑國小偏鄉學校 70 人到高雄科工館進行參訪活動

- ✓ 辦理「行動實驗站補助偏遠地區學校科學學習計畫」於台東縣學校關山國小及馬蘭國小設置行動實驗站，利用所開發之度量衡探索箱教具及特別設計的教案，實際操作與學習度量衡相關知識與生活應用。

◇ 維護國家度量衡標準實驗室公共形象，接待國內外訪客業務交流 17 批共 278 人次，度量衡科普知識傳遞及技術交流，推廣我國家實驗室存在之功能與技術。

● 發展符合 SI 單位新定義之標準，確保我國計量標準技術自主能量

1. 發展 X 光晶體密度法(矽晶球法)技術，實現以普朗克常數定義之公斤

◇ 發展整合式 X 光螢光頻譜與光電子頻譜(XRF XPS)表層質量分析技術，目前完成系統整體設計與個別次系統規格訂定與採購。XRF XPS 表層質量分析技術乃針對膜厚在 2、3 nm 之薄膜之成份與含量分析，以 XRF 頻譜所得氧元素沉積量作為參考標準，再以 XPS 頻譜評估其它元素之含量，進而計算整體表層之質量，為表層質量分析之最新發展技術。此系統完成建置後，NML 將成為亞太地區唯一具備此技術之國家計量實驗室，將可持續維持我國已登錄於國際度量衡局校正與量測能量(CMC)資料庫中 28 項與質量相關之國家量測標準有效性，確保國家自主計量標準。相關技術亦有機會應用至半導體製程之超薄膜厚度量測。

2. 因應國際基本單位 SI 之定義改變，建構我國新溫度計量標準技術自主能量

◇ 發展以微波共振頻率決定即時尺寸量測技術、結合微波&聲學共振頻率之聲速量測技術、因應干擾效應之共振頻率修正技術，及發展最終熱力學溫度計量技術。實現以波茲曼常數聯繫原子/量子尺度的熱能量測與巨觀尺度的熱力學溫度量測，裨以自然規則提供長期的穩定性，鞏固持續精進提昇準確度之可行性。

◇ 新溫度計量標準建置主要由聲學氣體溫度計量測系統、絕對輻射溫度計量測系統、熱電偶高溫校正系統組成，前兩套系統主要依據 MeP-K 文件建議，建立不同溫度範圍的熱力學測溫法，以修正目前 ITS-90 測溫法下所定義的不確定度，後一套系統在於實現銀凝固點(961.78 °C)溫度以上的接觸式高溫範圍的校正。在聲學氣體溫度計量測系統方面，溫度量測範圍由 -60 °C 到 232 °C，量測不確定度控制於 4 mK 以內。在絕對輻射溫度計量測系統方面，溫度量測範圍由 1085 °C 到 2748 °C，量測不確定度控制於 0.33 °C 到 2 °C 之間。在熱電偶高溫校正系統方面，溫度量測範圍由原本 961.78 °C 擴充至 1492 °C，量測不確定度控制於 1.0 °C 以內。總體而言，不但可解決目前國際溫標 ITS-90 以內插法導出定點值間溫度之誤差問題，更能進一步降低銀凝固點(961.78 °C)以上溫度的量測不確定度之使用需求，使不確定度比當前國際溫標低 5 至 10 倍。滿足半導體矽晶圓高溫的重要加熱製程校正、智慧型手機藍寶石長晶良率的關鍵溫度生產、航空零組件產業高溫熱處理良率等溫度低不確定需求，實現和傳播高溫下的接觸式/非接觸式溫度標準，提供國內產業追溯並與國際接軌，持續維持溫度相關之國際度量衡局校正與量測能量(CMC)資料庫中 40 項標準的有效性。

3. 精進新電流標準計量技術，滿足半導體、材料及能源、電機產業之校正與追溯需求

◇ NML 採用新世代免液氦量化霍爾電阻原級標準系統(不確定度 $< 6 \times 10^{-8}$)，並將量化霍爾電阻標準傳遞至低電阻與高電阻標準，再搭配高準確度之約瑟夫森電壓標準系統，以導出符合新定義之電流標準。不但能滿足半導體、材料、通訊等產業於製程或產品特性檢測常用的微電流標準(10^{-12} A 等級)，以及能源、電機產業之大電流(100 A 以上)標準等需求，更可使我國電流標準之準確度及量測範圍(最大量測電流可提升至 1000 A)於新定義實施後與國際一致。

4. 精進新物質量計量技術，擴增同位素計量能力

- ◇ 與國際同步精進同位素稀釋法，建立同位素比例計量技術，在沒有參考物質的條件下，利用 VE method 方法作為原級標準的實現方法，降低同位素量測不確定度，使相關標準傳遞達國際等同。
- ◇ 建立大氣二氧化碳加壓採樣技術，以利利用既有分析系統與新採購之光學儀器進行二氧化碳濃度計量與同位素比例量測。
- ◇ 建立二氧化碳同位素量測技術後，未來持續與環保署相關溫室氣體監測技術單位進行技術交流，藉以仿效 CCQM-GAWG 與 WMO 合作模式，傳遞計量觀念於國內環境變遷研究機構。
- ◇ 搭配無塵室之建置與微污染控制技術，建立氣體與溶劑中微量金屬元素分析技術輔助臺灣電子科技產業發展。

● 配合產業政策，建立產業計量標準技術，擴散多元化計量技術。

1. 建立空間幾何精密量測技術，提升精密機械製程參數優化，達成製造智能化與產品高值化

- ◇ 建立「自動追蹤雷射測距與校正技術」，協助國內相關產業提升三維精密量測技術，提高競爭力。

— 完成自動追蹤雷射測距技術：完成光機電軟體系統整合，包括雷射測距模組整合，解析度 $\leq 0.1 \mu\text{m}$ ，及兩軸角度輸出顯示。

— 完成智慧工具機自動量測與補償技術：完成工具機線性軸空間誤差補償表及其重複性差異在 $\pm 10 \mu\text{m}$ 內(不含待校件不確定度)。

發展之技術可滿足工具機實機快速調校需求，以自動追蹤雷射測距儀取代傳統雷射干涉儀；另外，軟體也開發了工具機空間線性軸幾何誤差分析功能。相較於使用國外自動追蹤雷射測距技術儀器，本技術可在架設一次情況下即可取得 21 項幾何誤差值，並縮減 1 倍以上量測時間(國外儀器量測方式需放置至少 3 次)。將持續配合業界需求，將技術延伸到智慧機械產業計量，建立迴轉工作台旋轉軸幾何誤差計量技術，提供一套能完整取得五軸工具機 41 項幾何誤差量測技術，協助業者能夠加速機台組裝或驗機時程。

- ◇ 自動追蹤雷射測距技術延伸應用服務工具機產業，解決廠商計量課題

— 提供漢 O 公司 Laser tracker 長度標準溯源，以確保其大型工件品質管理能滿足客戶要求，免除廠商國外校正(需 3 個月，花費 40 萬元)，降低國外校正的時間與金錢成本。

— 協助建 O 公司校正實驗室量測能量提升，使國內機械產業廣泛使用的座標量測儀標準件，能夠獲得更為經濟且快速的校正追溯服務。

— 智慧工具機量測與補償技術，可降低大幅降低 21 項幾何誤差的量測時間，獲上 O

公司同意先期研究，應用於智慧迴轉工作台誤差量測，以解決傳統利用量表及治具量測誤差的不便，及需要裝設至三軸工具機進行檢測所造成的成本上升問題。

2. 新建標準系統補強追溯鏈能量，滿足半導體業製程之計量需求

◇建立「奈米粒子成份粒徑量測技術」，協助提升半導體業之製程良率與品質

—完成「靜態重力法無機元素供應驗證系統(C13)」新建系統，以液態鉛元素驗證參考物質為首要供應之標的，系統能量為 1000 mg/kg，量測不確定度為 1.5 mg/kg。此能量除了可供應國內產業界量測計量追溯之需求外，亦可協助提供其他特定濃度之無機金屬驗證參考物質進行實驗室間能力試驗，評估各實驗室的分析能力。

—完成奈米金粒子驗證參考物質粒徑量測技術，利用顆粒尺寸為(20、40、60、80、100) nm 的奈米金粒子參考物質，進行單一顆粒感應耦合電漿質譜儀(spICP-MS)檢量線建立。經方法優化後之量測結果，得到質量與訊號的線性關係 $R^2 = 0.9985 > 0.995$ ，表示奈米金粒子粒徑量測技術可行，再經由量測到的質量數換算，此方法量測奈米金粒子粒徑之方法偵測極限(LOD)為 5.5 nm。

—完成優化粒徑量測技術程序，經評估進樣系統的傳輸效率與進樣流速等條件，並利用碰撞反應模式降低背景之複合離子干擾，其 10 種元素(鈉(Na)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鐵(Fe)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn))經計算之尺寸偵測極限 < 10 nm。

◇協助國內化學品供應商產品品質監控，以提供半導體業高品質之商品

—協助每年供應國內超過 30 萬噸的電子級試劑，半導體產業的主要電子級試劑供應商之一宏 O 公司，其主要供應具規模之積體電路製造商之電子級試劑，包含硫酸、鹽酸、硝酸、氨水及雙氧水。為了提升國內半導體相關產業競爭力，與該公司合作建立研究平台，針對超微量領域開發新興前瞻量測技術，同時導入計量概念建立量測不確定度，並將上述技術及概念拓展至半導體相關產業，除解決產業對於電子級試劑之品管監控困擾外，同時可藉此提升該公司人員對於其產品的品質管控能力，提升公司信譽、拓展海外市占率。

● 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)研發毫米波光纖通訊頻率源技術，建立 mm-wave RoF(毫米波光載射頻)研究平台，支援 5G 通訊產業研發

◇完成重複率 1 GHz 飛秒光纖雷射光梳穩頻，重複率之追蹤不穩定度為 1.4×10^{-13} @1 s，偏差頻率的殘餘擾動為 6 mHz，穩頻後光梳的頻率不確定度為 2.4×10^{-12} 。

◇完成解析 1 GHz 光纖雷射光梳，並由光梳間的拍頻產生可調毫米波，頻率(10 ~ 70) GHz，功率 > -30 dBm，完成光載可調毫米波(mm-waveband radio over fiber, mm-wave RoF)技術實驗。

◇飛秒光纖雷射光梳是一項高附加價值的產品，屬貴重儀器，目前主要是德國的

Menlo Systems 佔領市場，但重複率最高只有 250 MHz。研發團隊建立自主的光纖雷射光梳技術，重複率可達 1 GHz，提供國內學術研究客製化雷射頻率源，使我國在這個領域佔有一席之地。

◇ 建立基於光梳技術之 mm-wave RoF 研究平台，為 5G 通訊研究提供發展前瞻技術的平台，如能搭配從光纖雷射光梳中產生 DWDM 光通訊所需的通道雷射，有機會建立一套以光梳為基礎的通訊系統無縫連結光通訊與 5G 無線通訊。

● 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

◇ 完成標準局使用中氣量計檢定設備性能評估，比對結果顯示該 5 套氣量計檢定系統具一致性。配合標準局年度抽檢活動，檢查數量共計 3193 具，不合格數量共計 106 具，合格率为 96.7 %。耐久測試研究結果顯示測試前後器差變化量最大 1.39 %，且所有氣量計在耐久測試後都能符合檢查合格規範 3 % 以內。將以此實證數據提供未來規範修訂及管理參考。

◇ 完成 CNPA 21 計程車計費表型式認證技術規範與國際上歐盟、美國、日本、英國與中國大陸現行計程車計費表規範比較分析。綜合國內五家計程車計費表廠商與四家檢驗機構訪談結果，針對印表機、顯示與聲音、GPS、操作、參數單元與計數單元等項目，於 CNPA 21 規範修訂內容提出建議。供主管機關經濟部標準檢驗局研擬技術上的改善措施的參考依據，以強化經濟部標準檢驗局辦理度量衡檢定作業之執行成效。

報告內容

目 錄

壹、全程計畫說明.....	1
一、配合政府五大創新研發產業政策.....	1
二、國家度量衡標準實驗室定位與任務.....	7
三、實施方法與效益.....	11
四、全程計畫架構.....	18
貳、107 年度計畫背景及研究內容.....	19
參、執行績效檢討.....	23
一、資源運用情形.....	23
(一)、人力運用情形.....	23
1.人力配置.....	23
2.計畫人力.....	23
(二)、經費運用情形.....	24
1.歲出預算執行情形.....	24
2.歲入繳庫情形.....	25
(三)、設備購置與利用情形.....	26
二、計畫達成情形.....	27
(一)、計畫目標達成情形.....	27
1.標準維持與國際等同分項.....	27
2.工業計量技術發展分項.....	42
3.科學計量(含 SI 新計量)技術研究分項.....	47
4.法定計量技術發展分項.....	53
5.SI 新標準系統建置分項.....	55
6.量化成果彙總.....	62
(二)、技術交流與合作.....	63
(三)、標準量測系統維持情形.....	70
(四)、107 年度國家度量衡標準實驗室大事紀要.....	71
肆、計畫變更說明.....	76
伍、成果說明.....	77
一、標準維持與國際等同分項.....	77
(一)、產業服務.....	77
1.提供校正服務，維持國內檢校體系運轉與各產業產品品質之確保.....	77

2. 計量技術知識擴散，培育國內計量人才.....	85
3. 支援標準局(BSMI)及 TAF 活動辦理度量衡人員相關訓練活動.....	92
(二)、國際等同.....	94
1. BIPM 校正量測能力(CMC)資料庫，共登錄 292 項.....	94
2. 參與 7 項國際比對、主導 2 項國際比對及 16 項 20 件(組)國際追溯工作.....	96
3. 完成 8 領域監督評鑑.....	103
4. 支援國際相互認可技術活動.....	104
5. 參與國際重要會議/活動，維繫國際關係.....	105
(三)、系統維持.....	112
1. 品質管理.....	112
2. 系統改良 2 套.....	118
3. 系統設備汰換，共 1 項.....	132
4. 小型系統精進研究與改善 5 套.....	136
二、工業計量技術發展分項.....	141
(一)、自動追蹤雷射測距與校正技術.....	141
(二)、超微量金屬粒子分析暨標準技術.....	153
三、科學計量(含 SI 新計量)技術研究分項.....	169
(一)、光梳 5G RoF 及光通訊雷射源技術.....	169
(二)、新質量標準研究.....	178
(三)、新溫度標準研究.....	199
四、法定計量技術發展分項.....	205
(一)、家用氣量計長期使用準確性研究.....	205
(二)、計程車計費表型式認證技術規範修訂研究.....	228
五、SI 新標準系統建置分項.....	239
(一)、新質量標準建置.....	239
(二)、新溫度標準建置.....	248
(三)、新電流標準建置.....	262
(四)、新物質量標準建置.....	275
陸、附件.....	295
附件一、計畫購置儀器設備彙總表.....	297
附件二、出國暨赴陸會議人員一覽表.....	300
附件三、專利成果一覽表.....	305

附件四、技術/專利應用一覽表	306
附件五、論文一覽表	308
附件六、技術報告一覽表	315
附件七、研討會/技術推廣說明會/訓練課程一覽表	322
附件八、國家度量衡標準實驗室校正服務成果統計表	324
附件九、研究成果統計表	325
附件十、107 年度國家度量衡標準實驗室大事紀要(分類排序).....	326
附件十一、名詞索引表	330
附件十二、107 年度結案審查委員意見回覆表	335
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	342
附件十四、國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明	383

圖目錄

圖 0-1-1、行政院創新研發產業政策.....	1
圖 0-1-2、本期程 NML 計畫與智機方案相關之執行項目.....	2
圖 0-1-3、國家計量與品質基磐的關聯性.....	7
圖 0-1-4、相互認可協議實現自由經濟架構圖.....	8
圖 0-1-5、國家度量衡標準實驗室定位及任務.....	9
圖 0-1-6、SI 新標準建置整體之規劃及執行內容.....	10
圖 0-1-7、NML 全程重點工作內容之屬性及其配合政府產業政策之規劃.....	10
圖 0-1-8、NML 於我國度量衡器管理之角色.....	16
圖 1-1-1、我國量測追溯體系.....	77
圖 1-1-2、NML 各領域校正服務百分比.....	78
圖 1-1-3、NML 校正服務重點產業分佈圖.....	79
圖 1-1-4、520 世界計量日 SI 單位教育推廣活動.....	86
圖 1-1-5、度量衡偏鄉扎根活動.....	86
圖 1-1-6、偏鄉科普教育實地推廣.....	87
圖 1-1-7、520 世界計量日貴賓合照.....	88
圖 1-1-8、奈米粒子量測標準暨化學量測不確定度研討會.....	89
圖 1-1-9、2018 精密機械計量技術與應用研討會.....	89
圖 1-1-10、2018 台中自動化機械暨智慧製造展參展.....	90
圖 1-1-11、中壢高中數理資優生參訪.....	91
圖 1-1-12、中山醫大參訪狀況.....	91
圖 1-1-13、氣象局暑期大學生研習營參訪狀況.....	92
圖 1-1-14、數位課程畫面.....	93
圖 1-2-1、全球相互認可機制架構.....	94
圖 1-2-2、APMP CMC 登錄流程.....	95
圖 1-2-3、全球區域計量組織.....	96
圖 1-2-4、國際比對架構圖(CCAUV.A-K1).....	96
圖 1-2-5、國際比對流程(以 APMP.L-K1 為例).....	97
圖 1-2-6、NML 參與 APMP.QM-S9 國際比對結果圖.....	99
圖 1-2-7、NML 參與 APMP.PR-K4 國際比對結果圖.....	100
圖 1-2-8、NML 參與 APMP.QM-K111 國際比對結果圖.....	101
圖 1-2-9、低壓氣體流量國際比對傳遞標準件.....	102
圖 1-2-10、電壓靈敏度國際比對傳遞標準件.....	102
圖 1-2-11、國際計量組織會議與運作.....	106

圖 1-3-1、103 年度至 107 年度整體滿意度比較圖(截至 5 月 31 日).....	116
圖 1-3-2、107 年度 NML 各校正領域整體滿意度比較圖(截至 5 月 31 日).....	117
圖 1-3-3、107 年度 NML 各服務項目滿意度比較圖(截至 5 月 31 日).....	117
圖 1-3-4、數位化滿意度調查示意圖	117
圖 1-3-5、107 年度數位化滿意度調查結果	118
圖 1-3-6、50 kg 質量量測系統架構圖	119
圖 1-3-7、無重力操作機械手臂.....	119
圖 1-3-8、實驗室地底下樑柱配置位置及模擬振動干擾區域示意圖	120
圖 1-3-9、X 軸向施加 0.1 N 脈衝力 ABC 各區產生振動頻率影響差異比較圖	120
圖 1-3-10、Y 軸向施加 0.1 N 脈衝力 ABC 各區產生振動頻率影響差異比較圖	120
圖 1-3-11、Z 軸向施加 0.1 N 脈衝力 ABC 各區產生振動頻率影響差異比較圖.....	121
圖 1-3-12、花崗岩防震平台 3 點支撐圖	121
圖 1-3-13、50 kg 質量量測系統之實體照片	122
圖 1-3-14、環境監控程式畫面.....	124
圖 1-3-15、氣體流量原級標準系統量測架構.....	128
圖 1-3-16、氣體流量原級標準系統之實體照片	128
圖 1-3-17、校正自動化擷取軟體主畫面	128
圖 1-3-18、(a)標準玻璃管內徑量測環規及塞規；(b)內徑量測實體圖	129
圖 1-3-19、新/舊管式校正器之差異(50 sccm 至 250 sccm)	133
圖 1-3-20、新/舊管式校正器之差異(250 sccm 至 1000 sccm)	133
圖 1-3-21、新/舊管式校正器之差異(1000 sccm 至 5000 sccm)	134
圖 1-3-22、新/舊管式校正器之差異(6000 sccm 至 20000 sccm).....	134
圖 1-3-23、標準流量計法系統示意圖	135
圖 1-3-24、1000 kg 質量比較儀及 H 型雙軌天車	136
圖 1-3-25、電波暗室內外部更新實體照片	138
圖 2-1-1、光機電系統架構圖	143
圖 2-1-2、測距模組.....	143
圖 2-1-3、角度輸出功能	143
圖 2-1-4、測距解析測試，CMM 多步來回執行結果	144
圖 2-1-5、實機實測.....	144
圖 2-1-6、自動追蹤雷射測距儀實測結果_CMM	145
圖 2-1-7、自動追蹤雷射測距儀實測結果_工具機	146
圖 2-1-8、龍門型三軸機運動模型	147
圖 2-1-9、空間網格點	148
圖 2-1-10、改善成效實驗結果比較	151
圖 2-2-1、鉛標準液配製流程與驗證程序	154

圖 2-2-2、與 NMIJ 生產之鉛標準液濃度比對結果.....	155
圖 2-2-3、C13 系統審查現場狀況	155
圖 2-2-4、單一顆粒感應耦合電漿質譜儀基本結構圖	156
圖 2-2-5、ICP-MS 時間與訊號關係圖。(a)離子溶液，(b)奈米粒子溶液.....	157
圖 2-2-6、(a)霧化器進樣氣流與(b)採樣深度對金離子與奈米金粒子的訊號變化影響 ...	159
圖 2-2-7、電子倍增管電壓值對金離子與奈米金粒子的訊號變化影響	159
圖 2-2-8、奈米金粒子質量檢量線.....	160
圖 2-2-9、霧化室與傳輸效率來源示意圖	162
圖 2-2-10、三種求得傳輸效率之方法，分別為(a)廢液收集法(waste collection method)；(b)顆粒頻率法(particle frequency method)；(c)顆粒尺寸法(particle size method).....	162
圖 2-2-11、(a)鉑離子與(b)鉑粒子檢量線	163
圖 2-2-12、傳輸效率測試(a)重複性分析；(b)再現性分析	164
圖 2-2-13、不同電漿能量，鉀離子與背景變化趨勢圖	165
圖 2-2-14、不同氬氣流量，鐵離子與背景變化趨勢圖	165
圖 2-2-15、不同氬氣流量，鈣離子與背景變化趨勢圖	166
圖 3-1-1、飛秒光纖雷射光梳的穩頻架構圖.....	170
圖 3-1-2、控制迴路外重複率的頻率擾動（降頻至 1 kHz）	170
圖 3-1-3、偏差頻率信號（RBW 100 kHz）	171
圖 3-1-4、偏差頻率的殘餘擾動.....	171
圖 3-1-5、光梳解析及產生毫米波的架構圖.....	172
圖 3-1-6、光譜壓縮結果(由 6.6 nm 寬壓縮到 2.4 nm 寬)	172
圖 3-1-7、VIPA + 光柵解析光梳的實驗裝置	173
圖 3-1-8、球面透鏡焦平面上兩根光纖的特寫照	173
圖 3-1-9、光纖端面沿水平方向移動所測到 VIPA + 光柵解析出的光譜	174
圖 3-1-10、選擇適當的光梳所產生的(10 ~ 40) GHz 毫米波	175
圖 3-1-11、20 GHz 附近，間隔 1 GHz 連續可調毫米波	175
圖 3-1-12、經過毫米波功率放大器放大之後的毫米波信號.....	176
圖 3-2-1、真空至大氣質量傳遞方式概念圖.....	179
圖 3-2-2、吸附效應法碼組	179
圖 3-2-3、新質量標準實驗室規劃圖	183
圖 3-2-4、隔振基座與平台示意圖	183
圖 3-2-5、受外力示意圖	184
圖 3-2-6、模擬結果數據圖	184
圖 3-2-7、水泥塊設計平面尺寸.....	184
圖 3-2-8、水泥塊設計高度尺寸.....	185
圖 3-2-9、花崗岩設計尺寸	185

圖 3-2-10、施工公告	185
圖 3-2-11、施工隔離走道	185
圖 3-2-12、實驗室天花板拆除作業	186
圖 3-2-13、B12 實驗室天花板拆除作業	186
圖 3-2-14、實驗室地板開挖與筏基抽水作業	186
圖 3-2-15、地板拆除作業	186
圖 3-2-16、筏基排水管路重新架設	186
圖 3-2-17、筏基平整修補	186
圖 3-2-18、水泥塊平面尺寸定位(彈線)放樣	186
圖 3-2-19、水泥塊基礎鋼筋綁匝	187
圖 3-2-20、灌漿模板架設	187
圖 3-2-21、水泥塊灌漿作業	187
圖 3-2-22、右側迴風牆面地基灌漿作業	187
圖 3-2-23、迴風牆庫板架設	187
圖 3-2-24、迴風牆面鋪設紅磚	187
圖 3-2-25、水泥塊修整	187
圖 3-2-26、花崗岩定位與接合作業	187
圖 3-2-27、水泥塊與花崗岩樹脂接合補強作業	188
圖 3-2-28、鋪設高架地板支撐鋼樑作業	188
圖 3-2-29、空調系統施作	188
圖 3-2-30、隔間庫板與幫浦室工程	188
圖 3-2-31、水泥塊上漆	188
圖 3-2-32、筏基底部防塵處理	188
圖 3-2-33、高架地板鋪設	189
圖 3-2-34、實驗室地面整平	189
圖 3-2-35、XPS XRF 區域天車架設	189
圖 3-2-36、氣源、電源與照明安裝	189
圖 3-2-37、新質量標準實驗室消防器材裝設	189
圖 3-2-38、矽晶球表面光電子頻譜分析儀(XPS XRF)與矽晶球清洗區域	189
圖 3-2-39、質量比較儀與質量導引系統區域	189
圖 3-2-40、新質量實驗室環境溫、濕度量測配置圖	190
圖 3-2-41、實驗室環境溫度量測分布圖	191
圖 3-2-42、實驗室環境溫度變化量量測圖	191
圖 3-2-43、實驗室環境濕度量測分布圖	191
圖 3-2-44、實驗室環境濕度變化量量測圖	191
圖 3-2-45、ITRI-One 腔體內部溫度量測數據	192

圖 3-2-46、振動測試用加速規.....	192
圖 3-2-47、花崗岩 A 塊振動量測結果	193
圖 3-2-48、花崗岩 B 塊振動量測結果	194
圖 3-2-49、花崗岩 C 塊振動量測結果	195
圖 3-2-50、超高真空樣品傳送腔體總成等視角立體圖	196
圖 3-2-51、超高真空系統設計圖.....	196
圖 3-2-52、超高真空相容五軸矽晶球調整座設計圖	197
圖 3-3-1、準球型共振腔外觀	199
圖 3-3-2、準球型共振腔腔體	200
圖 3-3-3、半球靜置於運送容器的蓋子	201
圖 3-3-4、置放在 Zeiss CMM 基座上的第一個半球.....	201
圖 3-3-5、系統設計圖	201
圖 3-3-6、聲學氣體溫度計之氣體純度檢測次系統管路設計圖	202
圖 3-3-7、聲學氣體溫度計之氣體純度檢測次系統管路實體圖	203
圖 3-3-8、聲學氣體溫度計之氣體純度分析數據.....	203
圖 4-1-1、膜式氣量計測試系統.....	206
圖 4-1-2、全部 3186 具氣量計檢查結果分析 - Q_{max}	217
圖 4-1-3、全部 3186 具氣量計檢查結果分析 - $0.2Q_{max}$	217
圖 4-1-4、全部不合格表檢查結果分析 - Q_{max}	218
圖 4-1-5、全部不合格表檢查結果分析 - $0.2Q_{max}$	218
圖 4-1-6、使用 3 年氣量計檢查結果分析 - Q_{max}	219
圖 4-1-7、使用 3 年氣量計檢查結果分析 - $0.2Q_{max}$	219
圖 4-1-8、使用 5 年氣量計檢查結果分析 - Q_{max}	220
圖 4-1-9、使用 5 年氣量計檢查結果分析 - $0.2Q_{max}$	220
圖 4-1-10、使用 7 年氣量計檢查結果分析 - Q_{max}	220
圖 4-1-11、使用 7 年氣量計檢查結果分析 - $0.2Q_{max}$	221
圖 4-1-12、使用 9 年氣量計檢查結果分析 - Q_{max}	221
圖 4-1-13、使用 9 年氣量計檢查結果分析 - $0.2Q_{max}$	221
圖 4-1-14、氣量計耐久運轉系統示意圖	222
圖 4-1-15、耐久運轉進行中照片	223
圖 4-1-16、 $6\text{ m}^3/\text{h}$ 編號 1~2 耐久測試氣量計耐久前後照片及累積時間.....	223
圖 4-1-17、 $6\text{ m}^3/\text{h}$ 編號 3~5 耐久測試氣量計耐久前後照片及累積時間.....	223
圖 4-1-18、 $4\text{ m}^3/\text{h}$ 編號 1~2 耐久測試氣量計耐久前後照片及累積時間.....	224
圖 4-1-19、 $4\text{ m}^3/\text{h}$ 編號 3~5 耐久測試氣量計耐久前後照片及累積時間.....	224
圖 5-1-1、各範圍全自動質量比較儀量測系統.....	241
圖 5-1-2、全自動質量比較儀主要結構	242

圖 5-1-3、全自動質量比較儀地下隔振設計示意圖	242
圖 5-1-4、法碼置放轉動匣	243
圖 5-1-5、法碼懸臂移動載台	243
圖 5-1-6、線狀小法碼採用掛勾設計	243
圖 5-1-7、靜態膨脹系統圖	244
圖 5-1-8、中低真空度真空計追溯校正之直接比較式校正系統	246
圖 5-1-9、靜態膨脹系統與直接比較式校正系統	246
圖 5-2-1、以光學顯微鏡鏡觀測麥克風薄膜的相對深度，從左至右分別是麥克風薄膜、麥克風邊緣、銅栓塞表面	250
圖 5-2-2、量測共振頻率之系統外觀	251
圖 5-2-3、Mode(0,2)-Mode (0,5) 3 小時內之溫度變化	252
圖 5-2-6、光路徑模擬設計示意圖	253
圖 5-2-7、ART 量測黑體的架構示意圖	253
圖 5-2-8、實驗室環境溫度測試	254
圖 5-2-9、實驗室環境濕度測試	255
圖 5-2-10、Co-C 與 Pd-C 共晶點囊	255
圖 5-2-11、開放式共晶點囊套管模組的組裝結構圖	256
圖 5-2-12、熱電偶高溫開放式共晶定點系統的安裝結構示意圖	256
圖 5-2-13、開放式 Co-C 與 Pd-C 共晶定點系統的實體組裝圖	257
圖 5-2-14、R 型熱電偶的參考函數與於 Sn, Zn, Al, Ag, Cu 純金屬凝固點與 Co-C 與 Pd-C 合金熔化點的溫度與電動勢量測偏差值(3 次平均)之比較	259
圖 5-3-1、免液氦 QHR 系統實體照片	263
圖 5-3-2、免液氦 QHR 系統之低溫探棒設計圖面	264
圖 5-3-3、Cryogenic Ltd. 日本分公司工程師 Dr. David Rees 到訪 NML	264
圖 5-3-4、免液氦低溫系統與空壓機的連接示意圖	265
圖 5-3-5、免液氦 QHR 系統之工作磁場達 14.003 Tesla 的實體照片	265
圖 5-3-6、免液氦 QHR 系統之降溫監控數據圖	266
圖 5-3-7、免液氦 QHR 系統之 QHR 晶片特性量測圖	266
圖 5-3-8、NML 與德國 PTB 簽署之量化霍爾計量雙方合作協議	268
圖 5-3-9、新電流實驗室相關設施需求及配置圖	269
圖 5-3-10、新電流實驗室空間與相關設施改善過程	269
圖 5-3-11、高電阻電橋系統實體照片	270
圖 5-3-12、高阻電橋系統出廠報告	271
圖 5-3-13、高電阻電橋量測架構	273
圖 5-4-1、精密度與物質純度在不同量測標的所代表的影響量示意圖	276

圖 5-4-2、酸性溶劑純化器材設置現況(資料來源：德國 PTB).....	277
圖 5-4-3、酸性溶劑與鹼性溶劑擺放與操作設施設置現況(資料來源:德國 PTB).....	277
圖 5-4-4、樣品秤重區所使用樣品瓶與溶劑去除靜電設施設置現況(資料來源：德國 PTB)	278
圖 5-4-5、矽晶塊材分析樣品示意圖(資料來源:德國 PTB)	278
圖 5-4-6、多接收器感應耦合電漿質譜儀內部室示意圖與藍寶石火炬照片	280
圖 5-4-7、多接收式感應耦合電漿質譜儀	281
圖 5-4-8、(a)實驗室溫溼度與進氣控制盤面、(b)正壓無塵操作台、(c)鞋套更換處.....	281
圖 5-4-9、(a) 28Si 與干擾元素 (b) 29Si 與干擾元素 (c) 30Si 與干擾元素.....	282
圖 5-4-10、自然豐度矽同位素量測訊號值	283
圖 5-4-11、原級參考氣體製備流程	285
圖 5-4-12、配製用原物料 CO ₂ 層析圖譜.....	286
圖 5-4-13、傅立葉轉換紅外光譜儀內部示意圖.....	287
圖 5-4-14、OA-ICOS 設備內部示意圖	288
圖 5-4-15、OA-ICOS $\delta^{13}\text{CO}_2$ 量測值	289
圖 5-4-16、OA-ICOS CO ₂ 量測雷射頻率	289
圖 5-4-18、四項新標準系統後續系統評估/查驗及國際比對時程.....	293

表 目 錄

表 0-1-1、本計畫與行政院智機方案推動作法之關聯性	2
表 0-1-2、106~109 年度 NML 系統改良及設備汰換規劃內容	7
表 0-1-3、預定 2019 年開始實施的 SI 新定義	14
表 1-1-1、校正服務對象項目分類	79
表 1-1-2、我國前十大製造廠商	80
表 1-1-3、107 年度數位訓練課程 3 小時課程內容	92
表 1-2-1、NML 於 BIPM KCDB CMC 登錄資料統計	95
表 1-2-2、NML 參與國際比對統計資料	97
表 1-2-3、107 年度 NML 國際比對情形	98
表 1-2-4、NML 參與 APMP.QM-S9 國際比對結果分析表	99
表 1-2-5、NML 參與 APMP.PR-K4 國際比對結果分析表	100
表 1-2-6、NML 參與 APMP.QM-K111 國際比對結果分析表	101
表 1-2-7、107 年度 NML 國外追溯情形	103
表 1-2-8、107 年度 NML 監督評鑑列表	104
表 1-2-9、NML 參與 CMC 審查工作小組項目	104
表 1-2-10、NML 出席技術諮詢委員會會議一覽表	106
表 1-2-11、NML 參與亞太計量組織一覽表	107
表 1-2-12、2018 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 ...	108
表 1-3-1、107 年度系統查驗完成項目	113
表 1-3-2、107 年度系統改良成果一覽表	118
表 1-3-3、DESIGN 1111 量測模式與量測法碼的相關位置	123
表 1-3-4、DESIGN 552211 衡量模式	123
表 1-3-5、參考標準件不確定度(單位：mg)	125
表 1-3-6、衡量過程的標準不確定度(單位：mg)	125
表 1-3-7、空氣浮力不確定度參數表	126
表 1-3-8、50 kg 質量量測系統不確定度分量表	126
表 1-3-9、標準玻璃管內徑量測結果	129
表 1-3-10、對應不同標準管之標準流率及性能指標(PI)之不確定度	131
表 1-3-11、不同標準管流率規劃與不確定度彙整表	132
表 1-3-12、不同標準管間一致性驗證測試流率與結果差異	132
表 1-3-13、氣體流量工作標準系統不確定度分析	135
表 1-3-14、1000 kg 質量比較儀測試結果	136
表 2-1-1、模擬結果於定位幾何誤差參數比較	149
表 2-1-2、模擬結果於垂直度幾何誤差參數比較	149

表 2-1-3、模擬目標與實驗結果於六項幾何誤差參數比較.....	149
表 2-1-4、三次實驗下所輸出之 21 項幾何誤差表.....	150
表 2-1-5、三次實驗下所輸出之 21 項幾何誤差結果標準差.....	151
表 2-2-1、不同尺寸之奈米金粒子之質量.....	160
表 2-2-2、待測元素之干擾複合離子一覽表.....	164
表 2-2-3、10 種元素計算之尺寸偵測極限.....	166
表 3-2-1、吸附效應法碼組與其表面積.....	180
表 3-2-2、量測結果-吸附係數.....	180
表 3-2-3、法碼吸附效應係數不確定度計算說明.....	181
表 3-2-4、不鏽鋼吸附效應法碼組不確定度計算(第一組).....	181
表 3-2-5、不鏽鋼吸附效應法碼組不確定度計算(第二組).....	182
表 3-2-6、振動規範說明與應用.....	182
表 3-2-7、溫濕度量測儀器設備規格.....	190
表 3-2-8、八支溫濕度計校正報告.....	191
表 3-2-9、量測過程所採用之標準加速規.....	193
表 3-2-10、主要零件參考廠牌、型號與規格.....	195
表 3-2-11、三軸移動座詳細規格.....	197
表 4-1-1、膜式氣量計檢定設備量測比對參與單位.....	206
表 4-1-2、量測比對測試日期.....	207
表 4-1-3、量測比對使用比對件.....	207
表 4-1-4、比對範圍(約定流率)及對應收集體積.....	208
表 4-1-5、量測比對件 Q_{max} 在 CMS 測試結果.....	209
表 4-1-6、量測比對件 $0.2Q_{max}$ 在 CMS 測試結果.....	209
表 4-1-7、台中分局量測比對結果.....	210
表 4-1-8、台南分局量測比對結果.....	210
表 4-1-9、基隆分局量測比對結果.....	210
表 4-1-10、標準局第七組第一套量測比對結果.....	211
表 4-1-11、標準局第七組第二套量測比對結果.....	211
表 4-1-12、全部抽檢表檢查結果(I).....	212
表 4-1-13、全部抽檢表檢查結果(II).....	212
表 4-1-14、全部抽檢表檢查結果(III).....	213
表 4-1-15、全部抽檢表檢查結果(IV).....	213
表 4-1-16、全部抽檢表檢查結果(IV).....	213
表 4-1-17、不同檢查單位檢查結果統計表.....	214
表 4-1-18、不同表型檢查結果統計表.....	214
表 4-1-19、不同年份檢查結果差異表.....	215

表 4-1-20、G2.5/KEUK DONG 不同年份氣量計測試結果	216
表 4-1-21、GR-25M/RICOH 不同年份氣量計測試結果	216
表 4-1-22、KANSAI-6/DAEHAN 不同年份氣量計測試結果	216
表 4-1-23、VY-2A/YAZAKI 不同年份氣量計測試結果	216
表 4-1-24、APS4/AICHI 不同年份氣量計測試結果	216
表 4-1-25、6 m ³ /h 表型耐久測試前重複性測試數據	225
表 4-1-26、6 m ³ /h 表型耐久測試後重複性測試數據	225
表 4-1-27、6 m ³ /h 表型耐久測試前後器差變化	225
表 4-1-28、6 m ³ /h 表型耐久測試前後標準差變化	225
表 4-1-29、4 m ³ /h 表型耐久測試前重複性測試數據	226
表 4-1-30、4 m ³ /h 表型耐久測試後重複性測試數據	226
表 4-1-31、4 m ³ /h 表型耐久前後器差變化	226
表 4-1-32、4 m ³ /h 表型耐久前後標準差變化	226
表 4-2-1、國際計程車計費表規範	232
表 4-2-2、CNPA 21 與國際現行計程車計費表型式認證技術規範比較分析	233
表 4-2-3、國內計程車計費表現行技術規範加入防弊措施建議	236
表 5-1-1、新質量標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費	240
表 5-1-2、靜態膨脹系統膨脹率與壓力關係	245
表 5-2-1、新溫度標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費	248
表 5-2-2、南、北半球半徑估計與形狀參數	250
表 5-2-3、Mode(0,2)-Mode (0,5) 3 小時內之溫度穩定度	251
表 5-2-4、濾波式絕對輻射計主要規格	253
表 5-3-1、新電流標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費	262
表 5-3-2、免液氦 QHR 系統之量測變異性估算結果	266
表 5-3-3、免液氦 QHR 系統驗收規格及測試結果對照一覽表	267
表 5-3-4、高電阻電橋系統之比例量測準確度測試結果	271
表 5-3-5、高電阻電橋系統驗收規格及測試結果對照一覽表	272
表 5-4-1、新物質量標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費	275
表 5-4-2、矽晶塊材質量測程序記錄表(資料來源：PTB 範例檔)	279
表 5-4-3、日本 NMIJ 與德國 PTB 樣品瓶清洗程序	279
表 5-4-4、MC-ICP-MS 操作參數	282
表 5-4-5、天然矽同位素莫耳數比值	284
表 5-4-6、天然矽同位素莫耳質量	284
表 5-4-7、配製用原物料 CO ₂ 不純物濃度分析結果	286
表 5-4-8、配製用物料 CO ₂ 純度分析結果	286

壹、全程計畫說明

一、配合政府五大創新研發產業政策

為加速臺灣產業轉型升級，政府打造以「創新、就業、分配」為核心價值，追求永續發展的經濟新模式，並透過「連結未來、連結全球、連結在地」三大策略，激發產業創新風氣與能量。政府提出「智慧機械」、「亞洲·矽谷」、「綠能科技」、「生醫產業」、「國防產業」、「新農業」及「循環經濟」等 5+2 產業創新計畫，作為驅動台灣下世代產業成長的核心，為經濟成長注入新動能。2018 年 7 月 26 日行政院長賴揆表示，2019 年度科技計畫仍持續選列亞洲·矽谷、智慧機械、綠能產業、生醫產業、國防產業、新農業、循環經濟圈、數位經濟、文化科技創新、晶片設計與半導體前瞻科技等十大重點政策項目，如圖 0-1-1。

配合政府科技發展方向與研發課題聚焦五大創新研發產業，本計畫除了持續堅守維持品質基磐技術與能量，服務智慧機械關連產業外，更積極以配合智慧機械創新產業政策為主要推動方向，執行自動追蹤雷測距與校正技術與關連系統改良工作，獲列為行政院智慧機械產業推動方案(簡稱智機方案)協同計畫，如圖 0-1-2。108 年起自動追蹤雷測距與校正技術改由智慧機械產業創新 AI 應用加值計畫下進行研究，擴大效益貢獻，計畫同時亦投入多項計量技術輔助「綠能科技創新產業政策」及「晶片設計與半導體前瞻科技」之推展工作。

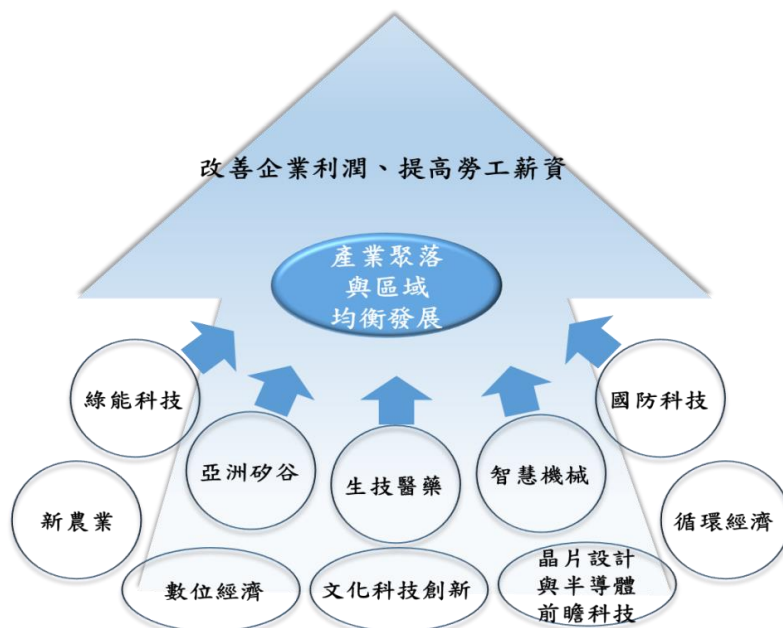
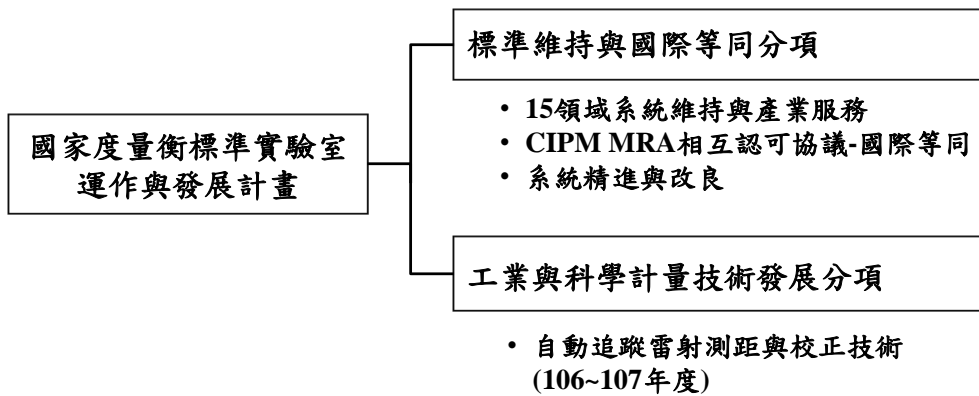


圖 0-1-1、行政院創新研發產業政策



註:「自動追蹤雷射測距與校正技術」108年起改由智慧機械產業創新 AI 應用加值計畫下進行研究

圖 0-1-2、本期程 NML 計畫與智機方案相關之執行項目

表 0-1-1、本計畫與行政院智機方案推動作法之關聯性

策略	與 17 項推動作法有無關聯	
A. 連結 在地	(一)打造智慧機械之都 A1.整合中央與地方資源，建構關鍵智慧機械產業平台 A2.結合臺灣都市發展規劃，提供產業發展腹地與示範場域 A3.推動智慧機械國際展覽場域，拓銷全球市場布局 (二)結合產學研能量 A4.法人創新商業模式-服務客戶的客戶 A5.推動智慧車輛及無人載具應用 A6.加強產學研合作，培訓專業人才	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
B. 連結 未來	(一)技術深化，並以建立系統性解決方案為目標 B1.推動航太、先進半導體、智慧運輸、綠色車輛、能源等產業，廠與廠之間的整體解決方案 B2.推動「智慧型人機協同」與「機器視覺之機器人結合智慧機械產業應用」 B3.發展高階控制器，提高智慧機械利基型機種使用國產控制器比例 B4.打造台式工業物聯科技 B5.開發智慧機械自主關鍵技術、零組件及應用服務，透過應用端場域試煉驗證其可操作性，再系統整合輸出國際 (三)提供試煉場域 B6.強化跨域合作開發航太用工具機，並整合產業分工體系建構聚落 B7.半導體利基型設備、智慧車輛及智慧機器人進口替代	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
C. 連結 國際	(一)國際合作 C1.強化台歐、台美及台日智慧機械產業交流 (二)拓展外銷 C2.系統整合輸出 C3.推動工具機於東南亞等市場整體銷售方案 C4.強化航太產業之智慧機械行銷，拓展國際市場	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無

本期計畫實施與研發重心和各產業政策相關之工作項目，概述如下：

◇ 智慧機械創新產業(智機方案)

檢視德、美、日、中、韓近年投入於未來先進製造的規劃與發展內容，皆透過智慧機器、物聯網與大數據分析等技術，推動產業設備智能化、工廠智慧化與系統虛實化整合發展。由此可知，「智慧化」功能的展現程度，就是差異化競爭優勢建立與否的重要影響指標。從技術層面來看，能夠提供具備故障預測、準確度補償、自動參數設定與自動排程等智慧化功能與客製化的儀器設備者，就是接近具有完整解決方案能力的競爭力廠商。要能夠達到智慧化的能力，除了廠商必須擁有具足夠發展資源的技術團隊，得以逐步建立豐富的製造技術領域知識與累積經驗外，取得具備國際公信力的計量數值與採行相對較低成本之量測方法、更為省時的線上回饋補償機制，則更能強化產業及廠商的競爭力。

本計畫就智慧機械產業推動方案規劃方向，與其 17 項推動做法內容相關者，予以配合調整重點任務，具關聯性之優先工作項目如下所述：

☒ 整合中央與地方資源，建構關鍵智慧機械產業平台

維持 15 領域國家量測標準技術與國際同軌，以既有之計量能量為基礎，於不影響國家計量體系既有量測服務品質的要求下，配合智機方案之推展，就來自產業新增量測方法與檢測能量之需求，主動進行跨領域計量技術能量之整合與研發，策略性持續就特定技術能量進行精進汰換，重點強化長度、溫度、力量、壓力及振動等領域量測追溯能量與能力，及時提供智機產業測校技術服務平台之所需。

☒ 法人創新商業模式－服務客戶的客戶

以 NML 傳統之定位與任務而言，以國內二級校正實驗室為主要客戶，以往較被動提供具國際認同的校正追溯服務。但考量國情變化，已逐漸調整方向，研發適切之技術解決方案以回應來自廠商較為迫切的計量課題。而今為因應臺灣產業面臨結構重整之變革，本計畫將加大調整資源比例，優先協助解決來自智機產業因創新而於未來會遭遇之計量技術困擾。亦即，運用國內外建立之技術合作管道，主動於第一線持續發掘、分析、篩選產業問題與需求，導入新量測技術與設備，並結合國家計量標準、儀器開發，期滿足產業在線檢校技術應用需求，提供更貼近產業的服務與擴散多元化計量技術，以協助國內產業技術加值及提升國產品品質國際認同度，增進國際競爭力。

☒ 推動航太、先進半導體、智慧運輸、綠色車輛、能源等產業，廠與廠間整體解決方案

機器人產業近年持續發展與待突破的重點之一為雙手臂關節型機器人及多機器人協同工作(用於航太業複材與組裝)，其中，除控制訊號同步外，兩隻機器手臂定位準確度也是協同運動的關鍵因子。現階段工業機器人無法達到「工具機化」以及在工廠內自由移動工作之關鍵問題在於：工業機器人雖具高空間定位重複性，但定位準確度低，無法

進行多軸同動循跡運動。若欲運用於量測工作，則工業機器人的空間定位準確度必須予以校正與評估，再使用控制器進行閉迴路控制或是前饋補償，改善其定位誤差。本計畫所發展之自動追蹤雷射測距儀與技術，不僅可以大幅降低廠商所需之量測儀器取得成本與維護成本，更可大幅改善智慧機器運動誤差補償所需之時間與提升定位準確度。此技術能力推展至廠商，即能協助建置數據資料庫，提供機台狀態診斷及預估，有助於發展智能化機器運動誤差量測與補償技術。(本項 108 年起改由「智慧機械產業創新 AI 應用加值計畫」下進行研究)

✎ 發展高階控制器，提高智慧機械利基型機種使用國產控制器比例

工具機達到智慧化至少需具備故障預測、準確度補償、自動參數設定與自動排程等智慧化功能，其中智能化/自動化準確度補償以及自動參數設定之關鍵在於，高階控制器與智能化量測設備之整合，及提供靜態誤差量測與補償參數於智能化量測設備。

本計畫為能解決空間幾何精度與維持加工機長期使用的穩定性與可靠度等，將針對工具機組裝後結構變形、各軸向直線運動與角度運動誤差及整機結構熱變位，進行評估與提供校正，調和產線機台量測能力並確保數據正確性，提升製程參數優化與產程調配，達成產品高值化與智能化目標，相關檢測結果數據也可用圖形可視化方式呈現，供研發人員在進行機台硬體設計與調整時參考，以達到最佳設計與提高機台長期使用之可靠度。(本項 108 年起改由「智慧機械產業創新 AI 應用加值計畫」下進行研究)

✎ 強化台歐、台美及台日智慧機械產業交流

配合政府積極支持國產設備發展之聚焦政策，本計畫亦將視國產技術發展進度，善用國際度量衡委員會相互認可協議(CIPM MRA)架構之常態運作活動，適時可運用經營廿餘年之國際標準組織網絡資源，透過交流與引薦，讓計量機構高層專家能夠側面瞭解臺灣智機產業設備製造能力與品質，協助我國與歐美日智機產業技術交流合作，以逐步建立口碑，創造新商機。

◇ 晶片設計與半導體前瞻科技產業

國際半導體科技技術藍圖(International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS)於 2010 年即指出半導體製造技術，形成兩個發展方向的綜合趨勢：第一個方向仍遵循摩爾定律極致地窄縮尺寸，獲致傳統上的好處，此方向一般稱為後摩爾定律(More Moore)；第二個方向為擴大 IC 的功能，將數位訊號處理器(digital signal processor)、類比訊號處理器(analog signal processor)、記憶體、以至於微機電系統(MEMS)等不同製程下製做的模組整合至系統中，或稱為多元異質模組整合(heterogeneous integration)，不必然一定需要窄縮尺寸，此方向一般稱為超摩爾定律(More than Moore)。然而 More Moore 窄縮尺寸的技術挑戰越來越高，以致量產延遲時間逐漸拉長，使得獲取技術領先紅利的模

式變得困難；而 More than Moore 目前競爭已呈白熱化，將面臨市佔率流失以及價格上的壓力^[1-2]。

Intel、Samsung、台積電三大半導體廠正如火如荼進行 7 奈米製程(N7)、甚至 5 奈米製程(N5)競賽，市場頻傳各家所規劃或發出的時程宣告，例如：台積電已宣布 7 奈米進入量產，並預計在 2019 上半年展開 5 奈米製程風險試產，按照進度，台積電可望在明年底或 2020 年初即有 5 奈米產品量產，而 3 奈米工藝則預計於 2022 年量產^[1-3,4]；三星(Samsung) 7 奈米製程於 2018 年下半年進行初步量產，2019 年也將進一步推出 7 奈米優化版，即 5 奈米和 4 奈米製程，三星也積極規劃於 2020 年執行生產 3 奈米新製程^[1-5]；這些均表示半導體領先廠商競逐 More Moore 的努力方向不變，未來幾年，半導體關鍵尺寸(Critical Dimension, CD)仍將逐步窄縮，進入 7 奈米、5 奈米，甚至 3 奈米製程樣品亦已見於實驗室。然而進入 7 奈米製程面臨極為嚴峻的挑戰，其原因是 1 顆原子的大小約為 0.1 奈米，7 奈米即意謂著不到 70 顆原子。這在製造上是極為困難的任務，而且只要有 1 個原子的缺陷，像在元件製造過程中若有些微污染雜質存在或製程參數有變異，皆可能明顯影響元件良率及性能。製程中關鍵檢測技術，涉及半導體製造、封裝的迫切需求，涵蓋：前段製程檢測參數(例如：CD、形貌、膜厚、瑕疵、成分及應力等)；晶圓級封裝(Wafer Level Packaging, WLP)製程檢測參數(例如：凸塊形貌、晶圓翹曲及直通矽晶穿孔等)；製程監控參數(例如：超微粒子之尺寸、濃度及成分等)。

為滿足半導體進入 10 奈米以下先進製程，面臨薄膜持續薄化、尺寸窄縮及切割道(測試區)移除的製程變化，本計畫建立超薄次奈米膜厚量測技術，發展低掠角 X 射線反射光譜量測系統與低掠角 X 射線螢光光譜量測元件(Grazing incidence X-ray reflectivity-Grazing incidence X-ray fluorescence, GIXRR-GIXRF)整合技術，自主架設一 X 光反射儀，整合 XRF 量測技術，包含儀器架構、光路設計、數據分析及自動化控制等技術開發。研發新的樣品模型及數據分析方法，來因應半導體產業先進製程中膜層變多、結構變複雜的趨勢下所發展之量測技術並進而提升量測準確性；深入研究硬體設計、數據分析流程、量測穩定性、準確度等檢測設備量測結果準確性等重要議題，並結合低掠角 X 射線螢光光譜技術(Grazing incidence X-ray fluorescence, GIXRF)，發展出可於單次量測中獲得膜層厚度及不同元素縱向分布狀態的量測技術，將大幅提升量測準確度及穩定性，為先進半導體薄膜製程提供具備高穩定性及可靠度之量測工具，以解決不同膜厚量測機台或操作人員因各項結構量測參數不同所造成的量測結果差異，從而協助促進半導體先進製程之開發與量產。

另外，半導體元件對於製程中的溶劑或氣體中的污染物非常敏感，即使是極微量的污染如氧氣、水氣、二氧化碳、微粒、過渡金屬或是重金屬等，若半導體元件在製造過程時受到微量金屬污染會造成元件短路、漏電流、產生孔隙等缺陷，嚴重影響良率。故半導體製造商必須重視並監控每道製程步驟中所使用的溶劑或是氣體的純度，避免可能

遭遇到微量金屬污染物的污染而影響產品之良率，本計畫擬建立超微量金屬粒子分析暨標準技術，發展靜態重力法無機元素供應驗證系統及奈米金粒子驗證參考物質粒徑量測技術，提供液態鉛元素驗證參考物質及奈米金粒子粒徑量測技術，將可應用到半導體產業所需，協助進行電子級試劑品質分析，進以提升半導體業者製程的良率，協助臺灣產業發展。

◇ 綠色能源科技創新產業

開發電源、用電管理及發展綠能產業為政府既定實現非核家園政策目標的三大策略。而天然氣燃燒時產生的氮氧化物(NO_x)僅為煤炭之 20 % 至 40 %，二氧化碳(CO₂)為煤炭之 60 %，相對具低碳概念，已是達成目標的優先項目之一。未來天然氣在發電量的能源組合占比將由目前約 30 % 提高至 50 %，以滿足國內發電燃料需求。而在未來，配合加速擴大天然氣的使用以及液態天然氣(Liquefied Natural Gas, LNG)第三接收站建置後，天然氣在國家能源使用中所扮演的角色將會更加重要，應用的層面也會更為多元，如氣態到液態供應以利 LNG 相關如交通工具、分散式發電及區域能源供應等應用的推展、LNG 冷能的擴大利用、燃油鍋爐改用天然氣等等，其所衍生的天然氣及水蒸氣之流量、成分及水蒸氣含量、熱值及能量等的計量，以及周邊儀表的校正追溯、氣量計電腦/遠程終端單元(Remote Terminal Unit, RTU)的驗證及能源轉換的效益評估等。另因應地球環境與氣候變遷，節能減碳亦是全球矚目之議題，減少污染排放、開發綠能產業並建立相關科技系統、增加能源轉換使用效率等，成為各國積極努力的目標。根據統計，汽油車輛行駛每公里的能量消耗是電動車的 3 倍，二氧化碳(CO₂)排放量為電動車的 4 倍。且電動車發展至今，其能量轉換效率高，幾乎無廢氣排放問題，車行時也不會產生噪音污染。目前全球多國已經為電動汽車普及化制定了目標，如我國政府於 2017 年底宣布 2035 年台灣將禁售燃油機車，並於 2040 年要禁售燃油汽車，英國、法國將在 2040 年開始禁止銷售汽柴油車，德國預計於 2020 年把廢氣排放量降低 40 %，到 2050 年將廢氣排放量降低 80 % 至 95 %，並逐步以電動車取代燃油汽車。在未來，電動車所需充電站計量之充電機具硬體設施勢必廣泛設置以滿足大量使用者之需求。其中總進線迴路配置電能品質分析儀能對整個充電樁供電迴路電力品質進行監測；單相導軌式交流電能表用於充電電能計量，電能數據由充電管理控制器通過 RS485 通訊端讀取，負責充電計費控制；霍爾傳感器可實現對充電電能的計量；另外直流快速充電機、交流充電器與充電站周邊相關儀表也需要進行校正追溯以維持充電電能準確性。都是需要 NML 從計量標準出發，蒐集及評估國際等相關規範，以提供未來法定計量技術與管理參考，進一步滿足新能源政策的需求。

除上述配合產業政策進行相關計量技術開發與建置外，在既有 NML 量測系統基礎下，汰換老舊設備/擴增現有能量，在有限資源下，擴展校正服務之最大效益。本期

程系統改良及汰換項目規劃如表 0-1-2。

表 0-1-2、106~109 年度 NML 系統改良及設備汰換規劃內容

對應產業	系統改良 (系統代碼/系統名稱/年度)	設備汰換 (系統代碼/汰換項目/年度)
綠能科技	E11/交流電流量測系統/106 年度	E18/直流電力分析儀/108 年度
	E01/約瑟夫森電壓量測系統/106 年度	E01/免液氮冷凍機系統/108 年度
	F06/低壓氣體流量校正系統(管式校正器/107 年度)	F06/自動化管式校正器/106 年度
	F08/低壓氣體流量校正系統(鐘形校正器)(108 年度)	C08/氣相層析儀分析系統/109 年度
智慧機械	V04/低頻加速規校正系統/106 年度	D16/碘穩頻紅光氦氖雷射/109 年度
	N10/奈米壓痕量測系統/106 年度	N06/洛氏硬度標準系統/109 年度
	P03/油壓量測系統/109 年度	P03/油壓式活塞壓力計系統/108 年度
民生	M03/大質量量測系統/107~108 年度	M03/50 kg 質量比較儀/106 年度
	U06/電磁場強度量測系統/106 年度	M03/1000 kg 質量比較儀/107 年度

二、國家度量衡標準實驗室定位與任務

國家品質基磐包含計量、標準、認證、驗證與檢測五大元素，國家度量衡標準實驗室(National Measurement Laboratory, NML)被賦予國家品質價值鏈「計量」源頭之責任，串連國家品質價值鏈，並確保與全球品質基磐之調合(如圖 0-1-3)。

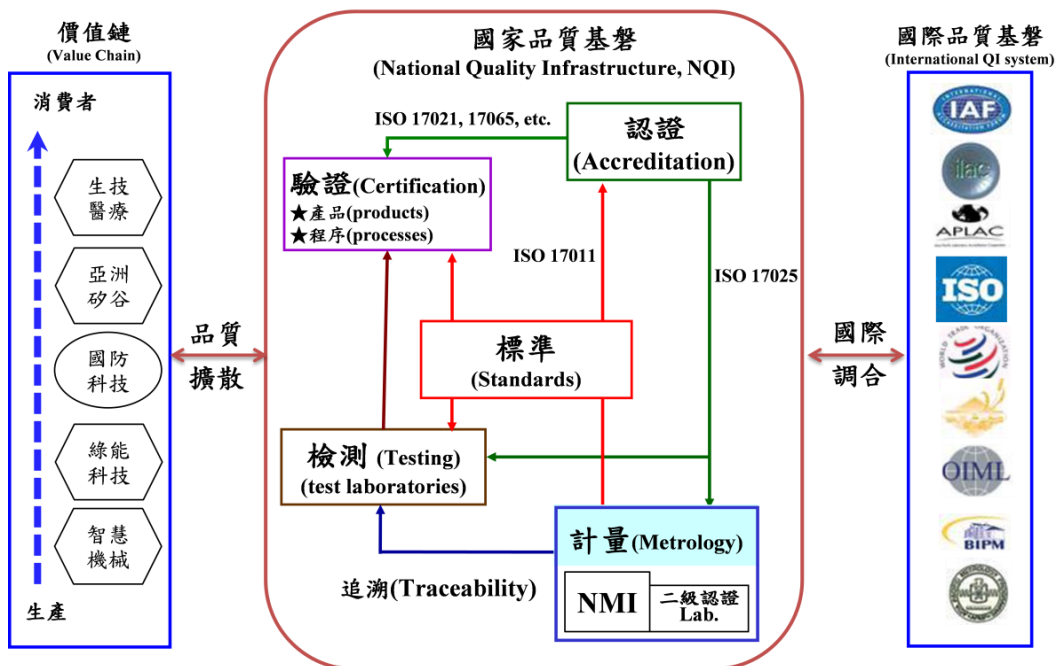


圖 0-1-3、國家計量與品質基磐的關聯性

國際度量衡委員會相互認可協議(CIPM Mutual Recognition Arrangement, CIPM MRA)與國際實驗室認證聯盟相互認可協議(ILAC Mutual Recognition Arrangement, ILAC MRA)等國際相互認可協議，是國家品質基磐與國際接軌的必要手段，MRA 可將國家品質基磐所代表的品質形象，推廣為國際市場所認知(如圖 0-1-4)。NML 作為國家計量機構(National Metrology Institute, NMI)社群一份子之關鍵定位，維持 CIPM MRA 之效力，促使國家品質基磐與國際接軌，協助產業界在邁向全球貿易之過程，減少技術貿易障礙(Technical Barriers to Trade, TBT)，同時達成具社會功能導向之持續經濟發展。另外在參與全球性之環境、健康衛生、安全和消費者保護議題上，也可取得一致性基準；提供校正/測試實驗室認證體系運作所需之計量追溯基礎，確保專業的量測儀器校正之執行，有效進行製程品質管制提高生產良率，最終保證消費大眾所購得之產品或服務品質，保障民眾的生活福祉。

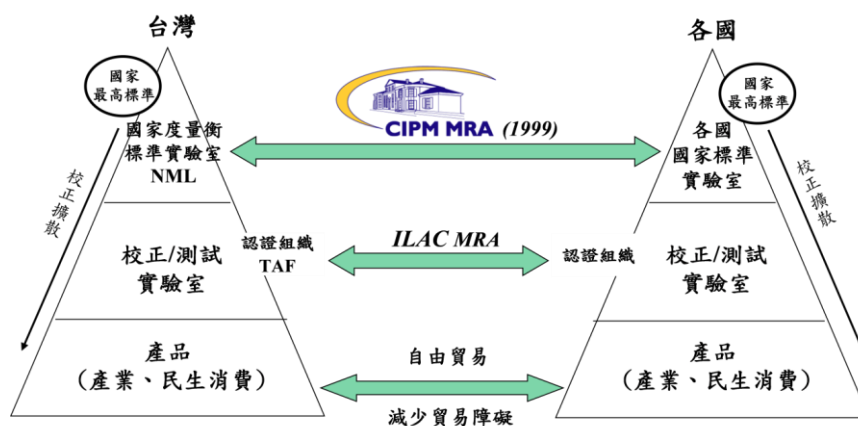


圖 0-1-4、相互認可協議實現自由經濟架構圖

NML 之定位及任務，乃爰於度量衡法第 4 條「度量衡專責機關得設國家度量衡標準實驗室，負責全國度量衡最高標準之研究實驗、建立、維持、保管、供應、校正及其他相關事宜。」之法源，度量衡專責機關_標準檢驗局以委辦計畫方式，委託工研院量測中心籌建國家度量衡標準實驗室並運作執行至今。

凡具科技實力之國家，體認計量標準為支撐國家及社會經濟永續發展之基礎能量，為維持與擴張其關鍵產業於國際市場之話語權，無不持續投入國家計量技術精進與強化，加碼增強該國國家計量機構的軟硬體實力。國家度量衡標準實驗室存在之本質在於維繫國家計量技術主權，於國際等同的前提下，保持與國際技術接軌，主要任務為建立、維持及傳遞國家最高計量標準，滿足國家於科技、產業、民生及安全所需之量測儀器追溯校正需求。

本期程(106-109 年)國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫，仍以標準維持與國際等同連結國際，支援產業環境及民生福祉為主要目標，對外持續維持全球相互認可協議(CIPM MRA)效力，擴大亞太區域(APMP)國際事務的參與，對內則提供國內產業校

正及技術服務，滿足國家於科技、產業、民生及安全之量測儀器追溯校正需求。並配合政府五大創新研發產業政策及「連結國際」、「連結在地」、「連結未來」三大策略，優先針對「智慧機械」、「綠能科技」及「晶片設計與半導體前瞻科技」等國家重點項目，進行前瞻計量技術研究、發展產業計量及法定計量技術，支撐產業發展，維繫與精進國家計量標準服務能量。

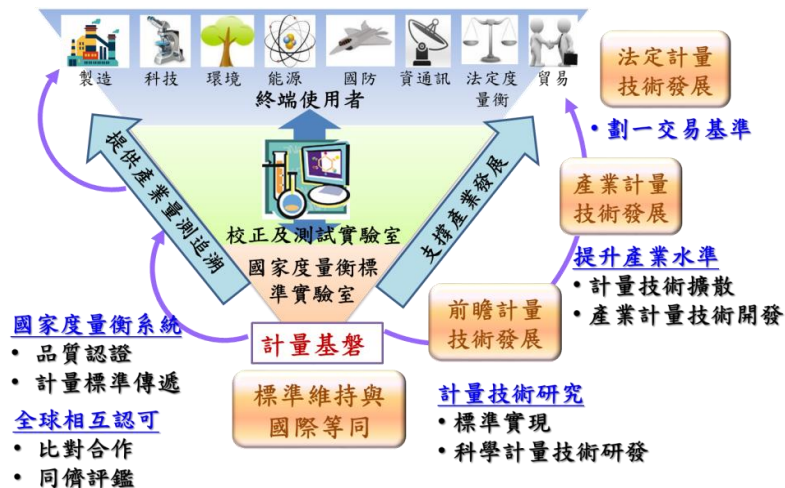


圖 0-1-5、國家度量衡標準實驗室定位及任務

因應國際基本單位(SI)重新定義，在主管機關多方爭取經費以因應此國際計量重大變革，106年9月獲科專計畫分攤款4,000萬，執行「SI新標準計量技術發展」先期工作，107年2月獲106年度跨部會署科發基金計畫78,800千元執行部分新質量標準計量技術(計畫起訖時間為107/2~107/12)，107年7月獲107年度經濟部科發基金計畫90,994千元執行部分新質量、新溫度、新電流標準計量技術(計畫起訖時間為107/7~108/6)。另行政院107年6月28日院授主預經字第1070101515號函，同意動支107年度中央政府總預算第二預備金260,655千元進行SI新標準硬體建置工作。因此本計畫於107年7月完成計畫變更，當年度以新增第五分項_SI新標準系統建置分項，執行部分新質量、新溫度、新電流、新物質量標準計量技術，各項系統後續評估工作納入本計畫108年運轉維持。SI新標準建置整體經費及工作規劃，如圖0-1-6。

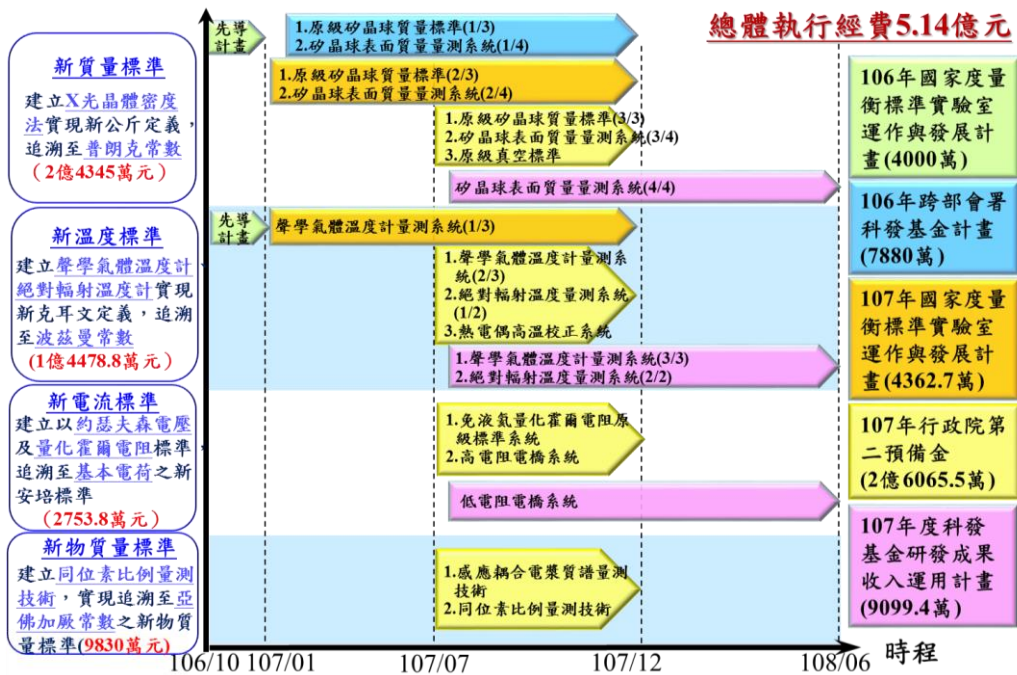


圖 0-1-6、SI 新標準建置整體之規劃及執行內容

配合國際趨勢、政府產業政策與國內產業需求現況，本計畫執行內容持續做調整修正全程重點工作內容之屬性及其配合政府產業政策之規劃，經滾動調整如下圖：

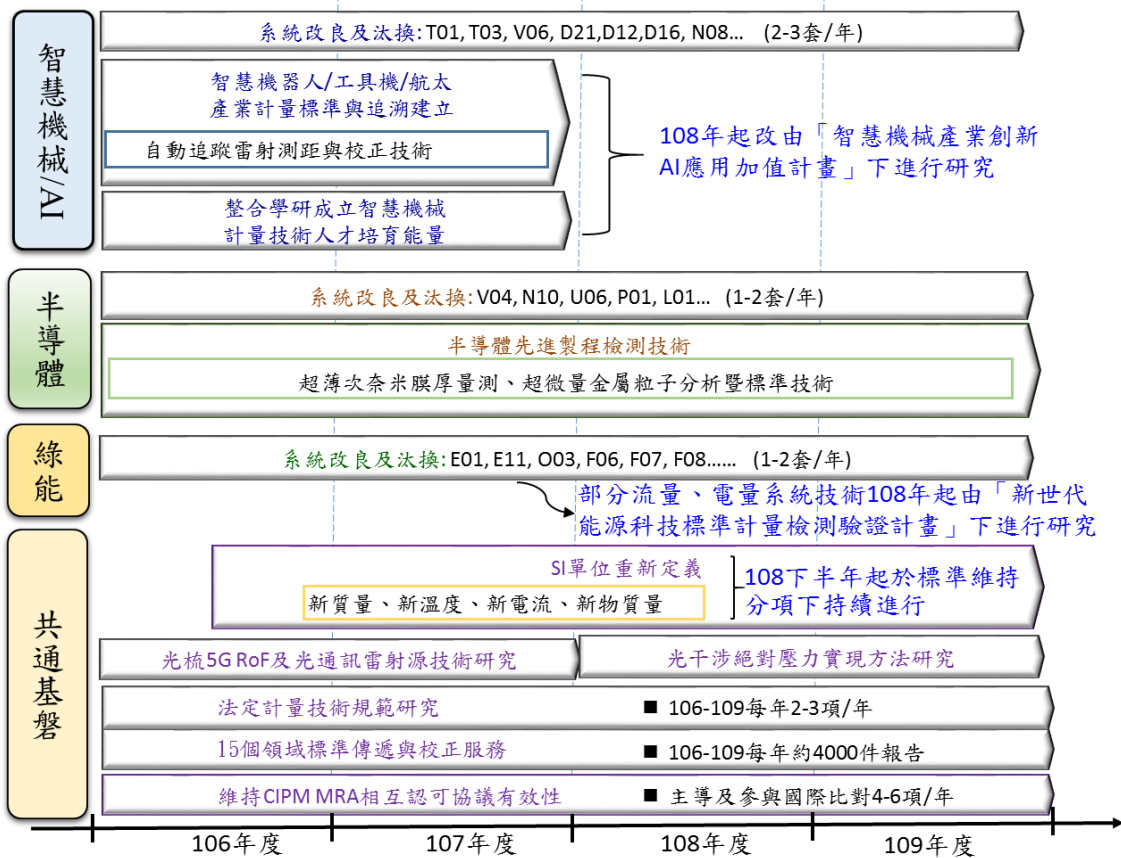


圖 0-1-7、NML 全程重點工作內容之屬性及其配合政府產業政策之規劃

三、實施方法與效益

為維繫計畫定位與任務並達成預期目標，本計畫分由標準維持與國際等同、工業計量技術發展、科學計量技術研究、法定計量技術發展及 SI 新標準系統建置五個分項運作，實施方法如下：

(一)、標準維持與國際等同分項

本分項任務在建構維持國內計量追溯體系，每年於國內提供逾 4000 件校正服務(收入約 41,000 千元繳交國庫)，進行標準量值傳遞，確保國家研發、生產製造等活動之量測一致性及準確性。衍生全國專營測校實驗室與廠商自行建置品保實驗室(約 1700 家二級實驗室)之相關檢測服務約 600 萬件，支援逾百億元之檢測市場規模。

國際上，我國已於 91 年 6 月正式加入國際度量衡大會(Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM)之仲會員及簽署國際度量衡委員會相互認可協議(Comité International des Poids et Mesures Mutual Recognition Agreement, CIPM MRA) (目前簽署共計 102 會員組織)，各國相互承認各國家計量機構所核發之校正或測試報告，亦即相互承認各國際計量機構(National Metrology Institute, NMI)之量測能力。持續透過國際間標準的追溯與比對，與品質系統維持，確保 MRA 效力。

本分項計畫團隊除透過常態性國際技術交流活動取得第一手資訊，以及觀察國際先進標準實驗室於國際度量衡局(Bureau international des poids et mesures, BIPM)校正與量測能量(Calibration and Measurement Capability, CMC)登錄內容之變化，持續掌握國際計量標準能量之演進趨勢外，經由系統管制圖、送校廠商現場訪談和不定期赴重點廠商訪廠所獲得訊息進行產業需求現況評估，從而制訂系統改良/精進項目之執行優先序，並藉由下述工作之展開，維持我國量測追溯體系之運作與計量技術擴散，期能達成強化產業競爭力、保障民眾民生福祉、實現經濟公平交易、減少貿易障礙及促進經濟發展之效益。

• 建立、維持國家量測標準之國際等同

- 針對國家度量衡標準實驗室 15 領域校正能量，本期程完成光量/長度/電量/磁量/微波等共 11 領域，第三者認證延展評鑑活動(循環週期每五年一次)以確認品質系統，維持國際度量衡委員會相互認可協議(CIPM MRA)之簽署效力。
- 完備現有標準系統能量與技術能力以達與國際一致性，積極參與或主導國際比對，主動促成標準校正與量測能量(CMC)之擴增與更新，俾能持續合格登錄於 BIPM 之關鍵比對資料庫，使我國出具校正報告為相互認可國家組織接受。
- 於經費許可情況下，就已超過使用年限的設備或故障/性能退化之設備，除了優先鎖定服務需求、追溯位階較高之影響性較大標準系統進行汰換精進，另配合政府五大產業優先汰換智機及綠能等相關設備，使能穩定維持系統的服務品質與準確

性，以順行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競爭力之政策使命。

- 展現國家度量衡標準實驗室之能力與功能，擔任區域計量組織技術委員會主席或執行委員，藉由參與或舉辦國際標準會議，構建維繫與國際標準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。

• 建立、維持國家最高量測標準及提供校正服務

- 維護硬體環境設施與系統設備，減少系統故障率，並依 ISO/IEC 17025 標準規範持續以量測品保數據與管制圖查核管制量測系統，確保國家度量衡標準實驗室的服務品質。
- 運用計量標準技術，著眼於智機產業待強化之長度、壓力與振動領域，綠能產業必備之電量、流量與溫度領域，以及民生與公務執法依據來源之質量及微波等領域，進行計量標準技術之精進改良工作。本期程預定完成 13 套系統精進改良，並配合系統再評估，維持 15 個領域、118 套量測系統運作。
- 提供與國際接軌之校正服務，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。

• 國家計量人才培訓及計量資訊傳播與推廣

- 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，進行智機及綠能等產業之技術說明會，散播前瞻、衍生性技術發展與應用趨勢最新訊息，協助培育國內計量人才。
- 提供計量標準技術諮詢與服務。

(二)、工業計量技術發展分項

本分項將以智慧機械量測技術自製深化、發展計量技術、促進機械產業升級、提高量測設備進口替代及提供工業計量標準，調和廠與廠間品質一致性為計畫目標與主軸，利用已建立之量測技術及合作管道，持續於第一線發掘、分析、篩選產業問題與需求，期能以結合國家計量標準、儀器開發及產業技術應用、新/擴建標準系統、研製標準件及滿足在線檢校需求，提供更貼近產業的服務與擴散多元化計量技術。

於精密製造技術中深具關鍵影響力之工具機產業，正面臨既有市場競爭者實力大增，而於中、高階產品強化技術附加價值上，則尚缺能提高準確度的量測技術支持，因此，對於精密製造及檢校技術需求益發殷切。而我國領先的半導體產業，為有效掌控成本與減少商貿受制於人的籌碼，亦著手朝向推動檢測設備國產化的方向努力，從而產生了對自製儀器設備檢校與驗證技術的需求。因此，在工業計量技術發展的規劃上，期許能以我國產業政策為依歸，促進量測技術自製深化、機械產業升級，提高量

測設備進口替代。

基於上述，本分項將精密機械與半導體等臺灣優勢產業，列為優先投入技術發展的量測標準應用領域。在精密機械產業，發展自動追蹤雷射測距技術、建置自動追蹤雷射測距儀校正系統與技術，提供智慧機器人/工具機檢測技術與航太產業加工製程檢測所需的精密量測與補償技術，提高工具機、智慧機器人的穩定性及可靠度等，調和產線機台量測能力並確保數據正確性，提升製程參數優化與產能調配，達成產品高值化與智能化目標。提供國內產業界更省時便捷的追溯途徑，並提升量測準確度與補足量測技術的缺口。

於半導體產業，半導體製程對於許多製程溶劑或氣體中的污染物非常敏感，即使是極微量的污染如氧氣、水蒸氣、二氧化碳、微粒、過渡金屬或是重金屬等，若半導體元件的表面在製造過程時受到微量金屬污染會造成諸如短路、漏電流、產生孔隙等缺陷，在要求較小線寬的同時，亦維持產品高良率的情況下，半導體製造商必需重視每道製程步驟中所使用試劑可能遭遇到之微量金屬污染物。須精確分析鍍膜製程使用之高純度濺鍍靶材的不純物濃度，及分析污染物種類，以解決半導體廠商目前對電子級試劑嚴苛的品管要求。因此，發展高純度金屬塊材與溶劑純度分析技術、靜態重力法配製技術、液態參考物質配製及濃度分析技術、塑膠基質中無機元素之同位素稀釋法、奈米金粒子驗證參考物質製備技術、電子級 H_2O_2 試劑及電子級 H_2SO_4 試劑中粒子成分分析技術等，可以精確分析鍍膜製程使用之高純度濺鍍靶材的不純物濃度，及分析污染物種類，以解決半導體廠商目前對電子級試劑嚴苛的品管要求。

(三)、科學計量技術研究分項

本分項著力於強化國家計量追溯體系、提升 NML 國際地位，進行前瞻計量技術之研究並尋求導入產業應用之可行方案，以協助我國產業創新研發所需量測或儀器技術，提升產品價值。因此，於審視國際計量技術最新發展議題、先進國家計量技術研究之進展，以及兼顧政府產業政策及國內產業發展之未來計量技術需求，本期程聚焦於以下方向推展相關研發任務：1) 因應國際度量衡大會(CGPM)重新以基本物理常數定義國際單位(法語：Système International d'Unités，簡稱 SI)(參考表 0-1-3)，發展符合 SI 新定義之原級標準技術，包括：新質量標準、新溫度標準及光干涉式絕對壓力量測技術；2) 針對下世代通訊及其關鍵光電半導體技術發展，研發 5G 通訊光頻技術。

對於 SI 單位重新定義方面，CGPM 已於 2018 年 11 月 16 日通過 SI 基本單位新定義，將於 2019 年 5 月 20 日正式實施。屆時 7 個 SI 基本單位都將以定值的物理常數來定義，例如，質量(公斤)以普朗克常數 h 定義、電流(安培)以基本電荷 e 定義、溫度(克耳文)以波茲曼常數 k_B 定義及物質量(莫耳)以亞佛加厥常數 N_A 定義等。因此，國際計量技術發展大國爭相投入研發，期能取得主導地位。於質量標準，新定義將由普朗克

常數導出公斤，目前之公斤定義-國際公斤原器(International Prototype of the Kilogram, IPK)，將於新定義實施後退役，我國之公斤最高標準(IPK 第 78 號複製)將無法再透過國際度量衡局追溯至 IPK。因此，本分項執行「新質量標準研究」，將參與質量新定義實現方法之一的國際矽晶球質量量測研究計畫，從德國聯邦物理研究院(PTB)技術引進矽晶球法質量標準，以維持我國質量原級標準符合 SI 新定義。於溫度標準執行「新溫度標準研究」，自英國國家物理實驗室(NPL)技術引進聲學氣體溫度計技術，搭配 NML 現有水三相點系統，建立符合新定義追溯至波茲曼常數之溫度標準，並解決目前採用之國際溫標 ITS-90 以內插法導出定點值間溫度之誤差問題。

此外，NML 並選擇我國現有技術與資源較適切入的領域，將發展新的壓力原級標準技術「光干涉式絕對壓力量測技術」，使我國真空、壓力最高標準(1 大氣壓以下絕對壓力標準)可追溯至基本物理常數-波茲曼常數(Boltzmann Constant)、符合新 SI 定義精神。使產業界與真空度、壓力相關之關鍵製程(例如：半導體產業之磊晶、參雜與鍍膜等)能確實掌握製程條件，維持材料特性、降低不純物影響，進而提升並確保產品良率與品質。

對於因應創新產業之未來通訊及其關鍵半導體零組件技術發展需求方面，鑒於數位經濟、物聯網、電子商務、智慧醫療等政府重點推動之創新產業項目，具備高傳輸速率及容量之下世代 5G 通訊技術無疑是支撐上述創新經濟的關鍵。因此，針對目前各國積極發展的毫米波(mm-wave)通訊，及其光纖光載射頻通訊(Radio over Fiber, RoF)技術，NML 規劃進行「5G 光載射頻及光通訊光梳技術」研究，開發重複率 GHz 等級的自參考穩頻飛秒光纖雷射光梳，以拍頻技術產生 100 GHz 以下的毫米波。

表 0-1-3、預定 2019 年開始實施的 SI 新定義

基本單位	新舊定義對照	
second (秒), s	舊	$\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ 一秒等於銻 133 原子於基態之兩超精細能階間躍遷時所放出輻射之週期的 9,192,631,770 倍時間。
	新	(定義未改變)
meter (米), m	舊	c 光在真空中於 299,792,458 分之一秒時間內所行經的距離。
	新	(定義未改變)
kilogram (公斤), kg	舊	$m(\text{K})$ 一公斤等於國際公認原器之質量。唯一由人工製品所定義的基本單位。
	新	h Planck constant (普朗克常數)

基本單位	新舊定義對照	
		將普朗克常數 h 固定為 $6.626\ 070\ 015 \times 10^{-34}$ J·s，J·s 等於 $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 。
ampere (安培), A	舊	μ_0 一安培等於二條截面積為圓形無限長且極細之導線，相距一公尺平行放置於真空中，通以同值恒定電流時，使每公尺長之導線間產生千萬分之二牛頓作用力之電流。
	新	e Elementary charge (基本電荷) 將基本電荷 e 固定為 $1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C，C 等於 A·s。
kelvin (克耳文), K	舊	T_{TPW} 1 K 等於水在三相點熱力學溫度之 $1/273.16$
	新	k Boltzmann constant (波茲曼常數) 將波茲曼常數 k 固定為 $1.380\ 649 \times 10^{-23}$ J·K ⁻¹ ，J·K ⁻¹ 等於 $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 。
mole (莫耳), mol	舊	$M(^{12}\text{C})$ 一莫耳為物質系統中所含之基本顆粒數等於碳十二之質量為千分之十二公斤時所含原子顆粒數之物質。
	新	N_{A} Avogadro constant (亞佛加厥常數) 將亞佛加厥常數 N_{A} 固定為 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ mol ⁻¹ 。
candela (燭光), cd	舊	K_{cd} 一燭光等於頻率 540 太赫 (THz) 之光源發出之單色輻射，在一定方向每立徑之放射強度為 1/683 瓦特之發光強度。
	新	(定義未改變)

(四)、法定計量技術發展分項

法定計量為政府公權力展現的工具之一，用以規範並保障人民在食、衣、住、行、健康、安全上的需求與權益，但同時又必須能兼顧國內外業者在經營事業上的可發展性。本分項於政府制定規範的過程即扮演制訂技術提供者、引進者與設備研發者的角色(如圖 0-1-8)，藉由下述工作之展開，務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。

- 運用在計量技術與標準的研發能量，適時與主管機關共同檢討國內所需規範項目與內容，建構合乎國情之法定發展策略與運行架構。
- 參酌國際法定計量組織所建議之技術規範(OIML Recommendations)，在兼顧國際等同性與國內執行能量的要求下，修訂國內法定度量衡器技術規範，以保障全民利益並促進業界提升技術能力。

- 為確保交易、公務檢測、醫療衛生、環保、公共安全所用法定度量衡器的性能要求，對現有型式或新興度量衡器進行檢測技術研究，以供權責機關制定相關規範參考，並提供性能測試或其技術移轉之服務。

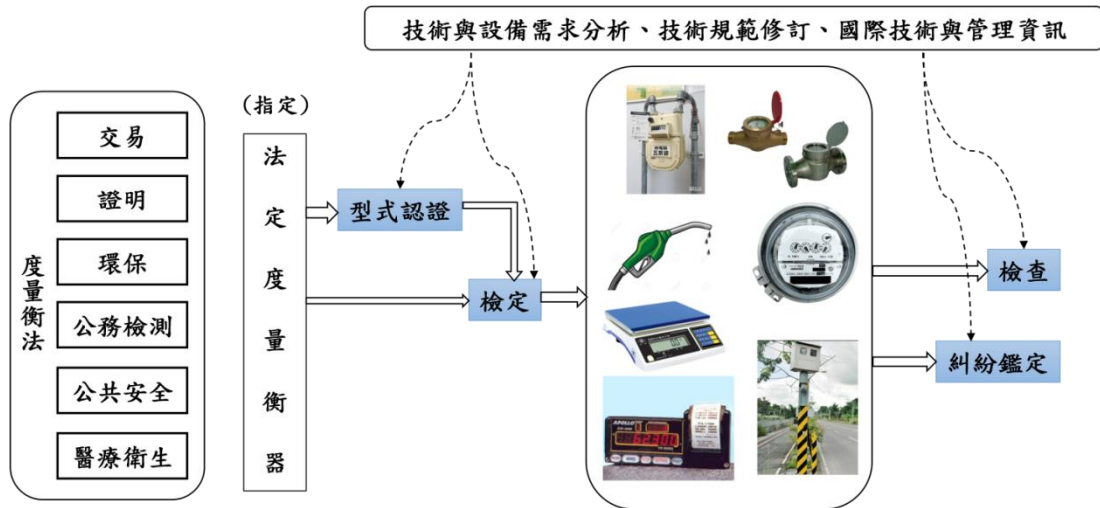


圖 0-1-8、NML 於我國度量衡器管理之角色

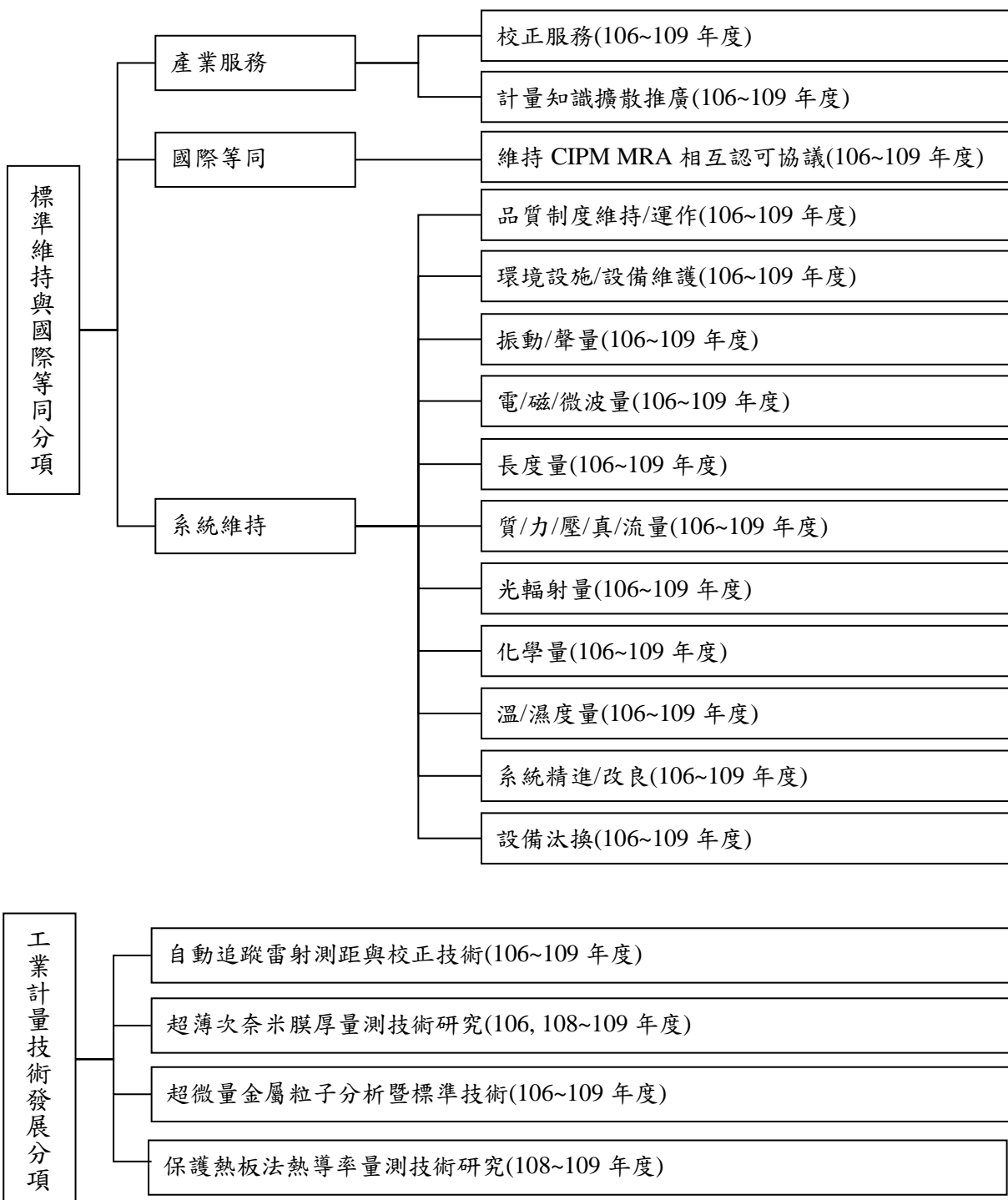
(五)、SI 新標準系統建置分項

國際度量衡大會(CGPM)已於 2018 年 11 月 16 日通過 SI 基本單位新定義，將於 2019 年 5 月 20 日正式實施。屆時 7 個 SI 基本單位都將以定值的物理常數來定義(例如，質量-公斤以普朗克常數 h 定義、電流-安培以基本電荷 e 定義、溫度-克耳文以波茲曼常數 k 定義及物質量-莫耳以亞佛加厥常數 N_A 定義等)，如不及時因應將導致我國計量標準產生斷鏈危機。以質量標準為例，我國現有 78 號鉑銥合金國際公斤原器將隨新定義頒布降為二級標準，若未及時建立符合新定義之新質量標準，除發生斷鏈危機，影響國家權益外，業界必須將產品送至其他國家之計量機構校正，廠商勢必額外耗費大量時間、金錢，影響產業權益至鉅。

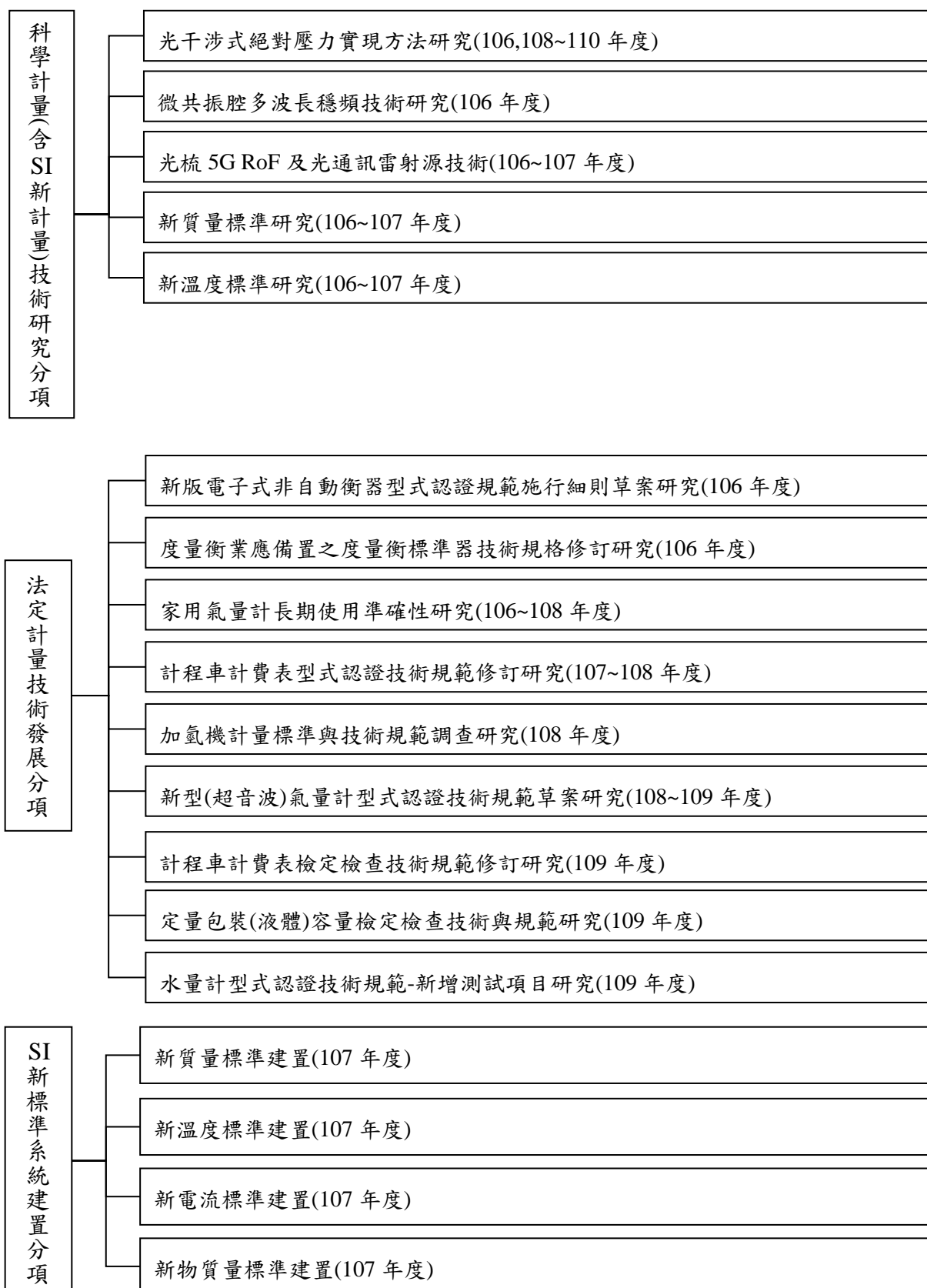
因此，NML 在行政院第二預備金的支持下，將執行以下工作，使我國計量標準符合 SI 新定義：(1)完成法碼吸附效應量測技術、矽晶球表層量測技術與原級真空標準技術建立與各系統不確定度評估；(2)建立高溫輻射溫度量測技術，並購置溫度定點系統及搭配現有水三相點系統，實現符合新定義之溫度標準；(3)建立免液氦量化霍爾電阻系統、高電阻電橋系統之校正技術，搭配高準確度之約瑟夫森電壓標準，建立完整符合產業需求並與新定義接軌之電流標準；(4)完成高純度 ^{28}Si 晶體同位素比例量測技術。搭配既有技術建立新物質量(mol)標準，準確量測元素物質同位素比例，建立莫耳質量 (molar mass) 量測技術，降低標準參考物質濃度計量追溯之不確定度，建立符合 SI 新定義之物質量標準。

四、全程計畫架構

本計畫分為標準維持與國際等同、工業計量技術發展、科學計量(含 SI 新計量)技術研究、法定計量技術發展及 SI 新標準系統建置分項，共五個分項執行，全程計畫架構如下：



註：原「無機元素計量技術」計畫名稱 107 年度改為「超微量金屬粒子分析暨標準技術」。



註：107 年 7 月奉行政院核定第二預備金 260,655 千元，以建置符合國際基本單位(SI)新定義之新質量、新溫度、新電流、新物質量等標準相關系統設備一案，因此變更計畫，新增「SI 新標準系統建置」分項執行之。

貳、107 年度計畫背景及研究內容

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。本計畫共分為五個分項進行，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、維持國家最高量測標準及提供一級校正服務

- 執行校正工作，提供 4095 件/年校正服務，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。
- 維持 15 個領域量測系統運作，藉由實驗室品保制度運作，符合 ISO/IEC 17025 及 ISO 17034 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。
- 進行質量 1 項設備汰換作業、2 項精進改良及 23 套標準系統再評估，使能穩定維持系統的服務品質與準確性。

(二) 建立、維持國家量測標準之國際等同

- 擔任亞太計量組織(APMP)執行委員會委員、聲量/超音波/振動領域技術委員會及醫學計量焦點工作組主席。參與國際計量組織運作，構建與國際標準相關機構間互動關係，提升我國於國際之能見度及影響力。
- 主導 1 項及參與 3 項國際比對活動，持續累計 CIPM-MRA 架構 101 項國際比對(含累計完成 71 項，持續進行 30 項)。主動促成標準校正與量測能力(Calibration and Measurement Capabilities, CMC)之擴增與更新，持續合格登錄於國際度量衡局(International Bureau of Weights and Measures, BIPM)之關鍵比對資料庫，使我國出具校正報告為相互認可國家組織接受。

(三) 國家計量人才培訓及計量資訊傳播與推廣

- 推廣傳播計量標準技術和資訊，辦理 10 場計量標準研討會、2 場技術推廣說明會及 1 場尖端計量人才培育、發行專業期刊，協助製作數位學習課程及國家度量衡文物數位典藏計畫之執行，配合產學界實驗室需求培育國內計量人才。
- 提供計量標準技術服務，協助產業建立品管及量測技術能力。

二、工業計量技術發展分項

- (一) 滿足我國智慧機械之計量需求，建立「自動追蹤雷射測距與校正技術」，提供智慧機械與製造所需之計量標準與技術。

(二)建立「超微量金屬粒子分析暨標準技術」，提供半導體製程化學品分析、環境污染物鑑定等量測技術與其標準追溯。

三、科學計量技術研究分項

(一)因應國際度量衡大會重新以基本物理常數定義 SI 單位，發展符合 SI 新定義之原級標準技術，包括：新質量標準、新溫度標準量測技術。

(二)針對下世代通訊研發 5G 通訊光頻技術。

四、法定計量技術發展分項

(一)建立法定所用計量儀表所需之技術標準，並參考國際間相關技術規範與管理制度，協助研擬國家法定計量器施檢規範草案，支援法定計量型式認證與檢定檢查工作，展現公信力。

五、SI 新標準系統建置分項

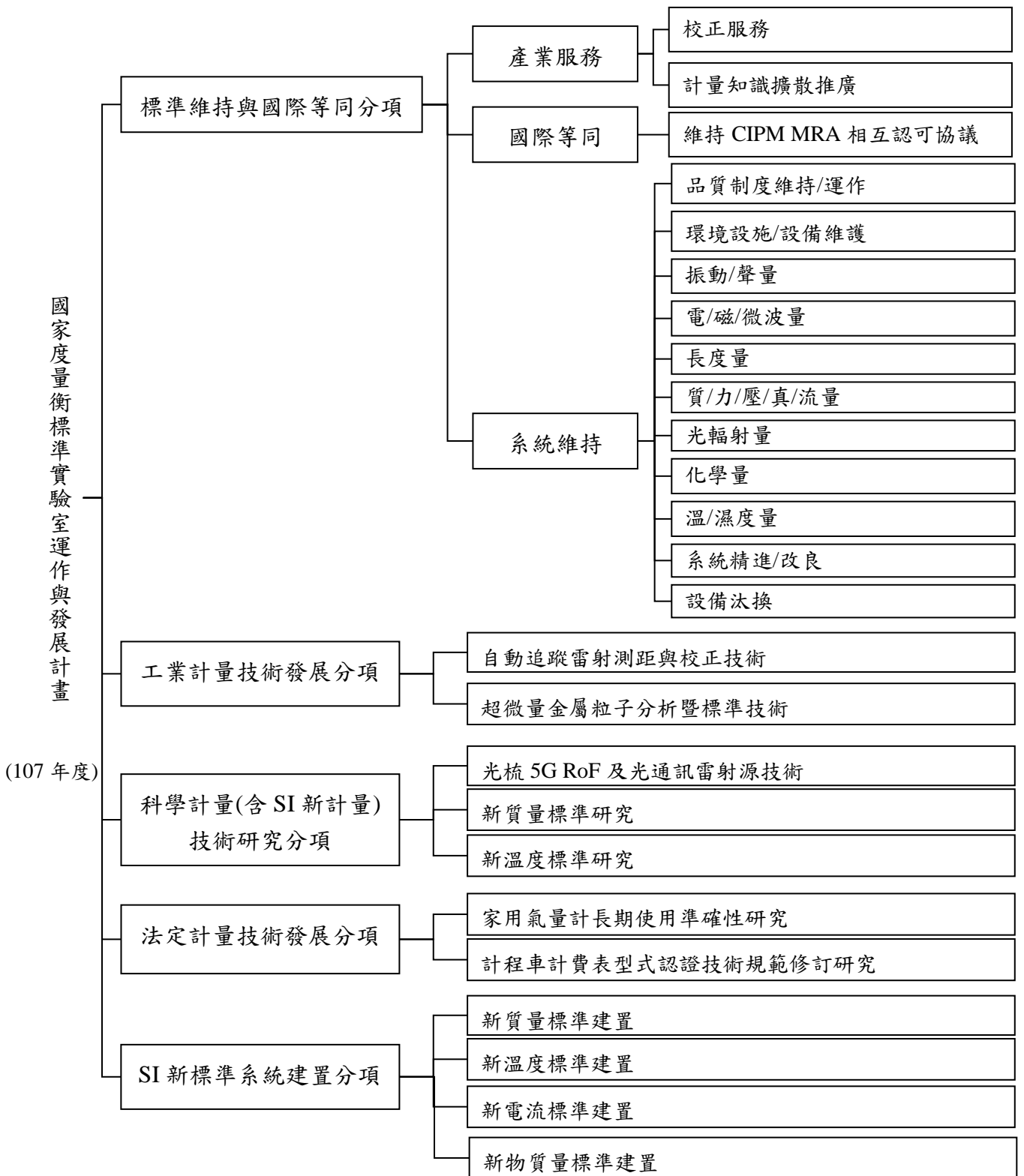
(一)完成法碼吸附效應量測技術、矽晶球表層量測技術與原級真空標準技術建立與各系統不確定度評估；

(二)建立高溫輻射溫度量測技術，並購置溫度定點系統及搭配現有水三相點系統，實現符合新定義之溫度標準；

(三)建立免液氦量化霍爾電阻系統、高電阻電橋系統之校正技術，搭配高準確度之約瑟夫森電壓標準，建立完整符合產業需求並與新定義接軌之電流標準；

(四)完成高純度 ^{28}Si 晶體同位素比例量測技術。搭配既有技術建立新物質量(mol)標準，準確量測元素物質同位素比例，建立莫耳質量(molar mass)量測技術，降低標準參考物質濃度計量追溯之不確定度，建立符合 SI 新定義之物量標準。

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)	77.79	73.15
	(2)工業計量技術發展分項 (計畫主持人：傅尉恩)	4.50	4.56
	(3)科學計量技術研究分項 (計畫主持人：許俊明)	6.90	6.83
	(4)法定計量技術發展分項 (計畫主持人：楊正財)	2.71	2.64
	(5)SI新標準計量技術發展分項 (計畫主持人：傅尉恩)	11.65	10.21
合 計		103.55	97.39

2.計畫人力

單位：人年

分類		職稱					學歷					合計
年度	狀況	研究員級以上	副研究員級	助理研究員級	研究助理員級以下	博士	碩士	學士	專科	其他		
107	預計	90.30	5.83	7.42	-	-	29.75	46.70	15.10	12.00	-	103.55
	實際	80.38	7.73	9.28	-	-	23.75	47.33	13.41	12.90	-	97.39

註：本表採用國科會職級計算。

(二)、經費運用情形

1.歲出預算執行情形

單位：元

會計科目	預算數		實際數	
	金額(B)	佔預算數總計 %(C=B/A)	金額(D)	佔實際數總計 %(E=D/A)
(一)經常支出				
1.直接費用				
(1) 直接薪資	129,607,000	24.94	129,607,000	24.94
(2) 管理費	30,458,000	5.86	30,458,000	5.86
(3) 其它直接費用	104,460,000	20.10	104,460,000	20.11
2.公費	1,523,000	0.29	1,523,000	0.29
經常支出小計	266,048,000	51.19	266,048,000	51.20
(二)資本支出				
1.土地				
2.房屋建築及設備				
3.機械設備	249,124,000	47.94	249,018,583	47.93
4.交通運輸設備				
5.資訊設備				
6.雜項設備	3,700,000	0.71	3,700,000	0.71
7.其他權利	843,000	0.16	842,833	0.16
資本支出小計	253,667,000	48.81	253,561,416	48.80
合 計(A)	519,715,000	100.00	519,609,416	100.00

註：預算數為 107/11/6 日計畫變更後之預算。

2.歲入繳庫情形

單位：新台幣元

科 目	本年度預算數	實際繳庫數	差異說明
財產收入			
不動產租金			
動產租金			
廢舊物資售價		28,600	
權 利 售 價	專利授權金 ^註		
	權利金		
	技術授權金 ^註		1,580,055
	製程使用		
	其他－專戶利息 收入	200,000	196,729
罰金罰鍰收入			
罰金罰鍰		184,648	廠商逾期罰款
其他收入			
審查費(校正服務費)	41,090,000	49,458,590	
供應收入－ 資料書刊費	280,000	112,780	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、科普教育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	930,900	
業界合作廠商配合款			
收回以前年度歲出		20,240	
其他雜項			
合 計	42,570,000	52,512,542	

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儀器設備 22 件，請參閱附件一之儀器設備清單。
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。***惟運用行政院二備金款項之 SI 新標準系統建置分項，不受限於前述之編列原則。**

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

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
(一) 產業服務			
<ul style="list-style-type: none"> •提供國內各界校正服務與線上技術諮詢。 •舉辦研討會/在職訓練 •出版「量測資訊」 •維護更新NML網站 	<ul style="list-style-type: none"> •校正件之收發、審核處理及提供校正服務 4095 件次 •完成 10 場研討會，培訓專業人才 •完成 6 期量測資訊出版 •因應國內、外需求變化，更新及維護網頁資料 	<ul style="list-style-type: none"> •完成儀器校正服務及儀器功能測試及檢討，計校正服務 4951 件，收入 49,458,590 元繳庫。 •辦理 13 場次研討會，共 170 廠家、302 人次參加，收入 930,900 元繳庫。研討會課程一覽表詳見附件八。 •完成 6 期量測資訊(179 ~ 184 期)出刊，主題分別為「先進封裝半導體檢測技術與應用」、「計量技術與新世代能源-分散式能源及綠能衍生應用」、「軌道運輸與安全舒適評估技術」、「紫外線(UV LED)量測技術發展與應用」、「空氣品質監測」及「智慧照明技術發展與創新增值應用」，訂戶 133 家，刊物及相關資料販售，共 112,780 元繳庫。 •國家度量衡標準實驗室(NML)網頁不定期內容更新：包括 1)新聞動態共 13 則(度量衡扎根活動在台東、矽晶球質量新標準 接軌國際促進產業競爭力、SI 質量新標準—矽晶球歡迎儀式記者會暨技術研討會、國際單位制(SI)新定義與計量標準說明會等)；2)網站首頁 	<ul style="list-style-type: none"> •超出目標。 •超出目標。 •無。 •無。

工作項目	查核項目	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 3 場次，計量技術訊息發布(含新聞供稿) 4 則。 	<p>BANNER (主題圖示)共 14 則；3) 回覆留言共 132 則；4)網站瀏覽人數共計 1,244,445 人次等。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 依據標準局資安與個資管理會議裁示，於網站新增「隱私權保護政策」條文說明，聲明確保網站留言者之隱私權。並配合行政院規定，完成導入安全傳輸協定(HTTPS)；依合約完成網站年度弱點掃描，並將掃描報告書寄交標準局。 • 因應標準局委外網站(NML 網站)資安稽核，完成 1 項改善事項-將 107 年 10 月 24 日最新之原始碼備份並存入技術文件中。 • 配合標準局慶祝及推廣 520 世界計量日，協助邀請美國國家標準與技術研究院(NIST)榮譽科學家吳文立博士以及國際半導體產業協會(SEMI)臺灣區總裁曹世綸先生擔任專題演講，完成 5 月 21 日「國際計量技術發展趨勢研討會」協辦。 • 完成計量知識擴散推廣相關活動共 3 場次辦理。 <ul style="list-style-type: none"> →「奈米粒子量測標準暨化學量測不確定度」，共 64 人次參加、廠家數 29 家。 →「2018 精密機械計量技術與應用研討會」，計共 59 人次加，廠家數 30 家。 →邀請「中壢高中數理資優班」35 位學生參與頂尖計量人才培育活 	<ul style="list-style-type: none"> • 超出目標。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
	<ul style="list-style-type: none"> 協助標準局辦理文物典藏相關工作及度量衡單位推廣活動、數位學習課程 180 分鐘 	<p>動 1 場次。</p> <ul style="list-style-type: none"> 配合技術發布及活動推廣，於 NML 網站發布共 13 則計量技術訊息(含新聞稿)，包括「度量衡扎根活動在台東」及「矽晶球質量新標準 接軌國際促進產業競爭力」等。 依標準局 107 年文物數位典藏網資料擴充及度量衡檢定(查)數位教材開發計畫，並辦理 3 場次度量衡科普教育活動。 <ul style="list-style-type: none"> →於國立科學工藝博物館辦理 8 場科普教育活動(5/6 日、5/13 日、5/20 日、5/27 日)，總計 3914 人次參加。 →6/26 日舉辦度量衡科普教育活動，邀請保東國小及深坑國小等偏鄉學校 70 人，參加國立科學工藝博物館度量衡文物及進行度量衡探索箱體驗活動。 →10/1 日於台東縣關山國小、10/29 日於馬蘭國小，辦理「行動實驗站補助偏遠地區學校科學學習計畫」透過教案設計及度量衡探索箱教具的操作，推廣偏鄉科普教育，計有 9 校 787 人參與。 協助標準局製作數位學習課程，完成「溫度量測導論」、「百年一遇 NEW SI 質量新定義 趨勢與挑戰」及「電度量測導論」課程，共 180 分鐘，並上傳至標準局計量學習服務網。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> •執行公關業務 •進行技術/專利運用推廣 	<ul style="list-style-type: none"> •NML 訪客業務交流 15 批次，180 人次。 •技術/專利運用 5 件簽約 2,500 千元 	<ul style="list-style-type: none"> •運行全球超過百年的國際單位制 SI (International System of Units, SI)於今年 11 月通過將國際單位制中的四個基本單位，即公斤、安培、克耳文、莫耳，重新以自然界的基礎常數定義，新的定義將在 2019 年 5 月 20 日正式生效。為突顯新定義的使命及高科技挑戰，完成 NML 16 館廣宣走廊佈置，以推廣新定義之系統建置對維護國家計量主權、支持經濟/產業發展及保障民生福祉的重要意義。 •推廣及交流國家度量衡標準實驗室業務，年度累計接待：日本產業技術總合研究所(AIST)、泰國國家食品研究院(NFI)、臺中市儀器商業同業公會、國立體育大學、彰化師大工教系師生、行政院主計總處、捷克西波西米亞大學、氣象局大學生暑期研習營、精密機械研究發展中心氣象局及中山科學研究院等 17 批共 278 人次。 •完成與日測等廠商 6 案之技術與專利授權簽約。執行中共 11 案，5 案為 106 年遞延。本年度已開出發票計 2,783,425 元，完成璽嘉等案之成果運用收款 2,633,425 元，依據合約 60%繳庫(即 1,580,055 元繳庫)。細項資料請參見附件四、技術/專利應用一覽表。 	<ul style="list-style-type: none"> •超出目標。 •無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
(二) 國際等同			
<ul style="list-style-type: none"> • 第三者認證監督評鑑 • 執行國際比對 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成化學(參考物質生產機構(RMP))/ 第三者認證監督評鑑工作, 併 ISO/IEC 17034:2016 轉換。 • 完成光量/長度/電量/磁量/微波(N0688)與振動/聲量(N1001) 第三者認證監督評鑑。 • 主導 1 項及參與 3 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"> • 10/30 日完成化學領域實驗室認證之監督評鑑(N2346)及參考物質生產機構(RMP)併 ISO 17034 轉版評鑑(R001)。 • 1/12 日完成長度/電量/磁量/微波/光學等 5 個領域實驗室認證之監督評鑑(N0688)。 • 7/10 日完成振動/聲量 2 領域實驗室認證之監督評鑑(N1001)。 • 主導 2 項國際比對工作 <ul style="list-style-type: none"> → 主導常壓氣體流量國際比對 (CCM-FF-K6), 參與國家實驗室共 10 家, 目前已完成義大利、法國、德國、捷克、韓國及瑞士量測比對工作, 目前比對件由日本進行量測中, 及完成歐洲區各實驗室的比對數據擷取, 比對預計於明(2019)年 7 月底完成於我國的量測確認工作。 → 主導電壓靈敏度國際比對 (APMP.AUV.V-K3.1), 參與國家實驗室共 6 家, 比對參與國已完成比對件量測工作, 目前 NML 進行比對數據彙整中, 並於 APMP 大會請參與國確認彙整數據無誤後, 再完成比對數據分析。 • 完成 7 項國際比對參與(3 項比對結果登錄於國際度量衡局關鍵比對資料庫(BIPM KCDB)網站、4 項量測比對工作) <ul style="list-style-type: none"> → 完成全光通量(APMP.PR-K4)國 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 超出目標。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> • 參與國際活動 	<ul style="list-style-type: none"> • 參加 CGPM、APMP 技術委員會會議等相關技術活動，建立國際關係。 	<p>際比對登錄於國際度量衡局之關鍵比對資料庫(BIPM-KCDB)網頁，比對結果發表於 <i>Metrologia</i>, 2018, 55, <i>Tech. Suppl.</i>, 02001。</p> <p>→ 完成一氧化碳標準氣體(APMP.QM-S9)國際比對登錄於國際度量衡局之關鍵比對資料庫(BIPM-KCDB)網頁，比對結果發表於 <i>Metrologia</i>, 2018, 55, <i>Tech. Suppl.</i>, 08007</p> <p>→ 完成丙烷標準氣體(APMP.QM-K111)國際比對登錄於國際度量衡局之關鍵比對資料庫(BIPM-KCDB)網頁，比對結果發表於 <i>Metrologia</i>, 2018, 55, <i>Tech. Suppl.</i>, 08008。</p> <p>→ 完成一氧化二氮標準氣體國際比對(APMP.QM-S13)量測工作。</p> <p>→ 完成耳溫計溫度國際比對(APMP.T-S15)量測工作。</p> <p>→ 完成絕對壓力(1 Pa ~ 10 kPa)國際比對(APMP.M.P-K4)量測工作。</p> <p>→ 完成維克氏硬度國際比對(APMP.M.H-S6)量測工作。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 擔任 APMP 技術委員會委員/主席共 4 人次，協助國際計量事務之推動。 → 藍玉屏組長擔任 APMP 執行委員會(EC)委員。 → 黃宇中室主任擔任聲量、超音波及振動領域之技術委員會 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
		<p>(TCAUV)主席。</p> <p>→陳生瑞室主任擔任醫學計量焦點工作組(MMFG)主席。</p> <p>→陳生瑞室主任擔任質量領域之技術委員會(TCM)主席。</p> <ul style="list-style-type: none"> •以觀察員身分參與國際度量衡委員會(CIPM)諮詢委員會年度會議/工作小組會議。 <p>→傅尉恩組長出席長度諮詢委員會(CCL)會議、相互認可工作小組(WG-MRA)及奈米工作小組(WG-N)會議。</p> <p>→吳貴能資深研究員出席光度與光輻射諮詢委員會(CCPR)工作小組會議。</p> <ul style="list-style-type: none"> •陳生瑞博士以 APMP TCM 主席身分參加「質量及相關量諮詢委員會(CCM)」和「電量/磁量/微波諮詢委員會(CCEM)監測公斤聯合工作組」會議與矽晶體密度方法用於新公斤技術會議。 •參加質量及相關量諮詢委員會流量工作小組(CCM-WGFF)會議，報告我國主導之常壓氣體流量國際比對(CCM-FF-K6)進度。 •參加化學物量委員會無機分析工作小組(CCQM-IAWG)春季及秋季會議。 •藍玉屏組長及黃宇中經理分別以 EC 委員及 TCAUV 主席身分參加 2018 亞太計量組織年中會議及相關活動。 	

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
	<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"> • 參加 2018 APMP 年度大會(GA)相關活動及出席 10 個領域之技術委員會(TC)會議，共 15 人次。 • 出席國際法定度量衡委員會(CIML)第 53 屆年會及第 25 屆亞太法定計量論壇年會及工作小組相關會議，與標準局共同參與國際活動。 • 出席第 25 屆亞太法定計量論壇(APLMF)年會及工作小組相關會議，協助標準局主導之醫療器材工作小組，完成我國工作推展報告。 • 配合政府新南向政策開拓印度商機，代表 NML 受邀參加工研院與印度科學及工業研究委員會(CSIR)共同舉辦之研討會(CSIR-ITRI seminar)，討論 NML 與印度國家物理實驗室 CSIR-NPL 可能合作的議題，期共同為台印度雙方的產業與貿易提供計量支援。 • 擔任同儕評鑑技術評審員，共 4 人次。 <ul style="list-style-type: none"> →7/22 ~ 7/26 日吳貴能資深研究員受邀至日本國家計量院(NMIJ)光量實驗室國際同儕評鑑。 →7/30 ~ 8/1 日涂聰賢室主任受邀至印尼國家標準實驗室(RCM-LIPD)振動實驗室國際同儕評鑑。 →8/27 ~ 8/31 日黃宇中經理受邀至日本 NMIJ 振動實驗室國際同儕評鑑。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
	<ul style="list-style-type: none"> • 參與/主導國際計量技術合作與交流 	<p>→11/12 ~ 11/16 日蔡淑妃資深研究員受邀至日本 NMIJ 進行溫度實驗室國際同儕評鑑。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 協助亞太計量組織(APMP)完成跨區域及區域內計量組織之校正與量測能量(CMC)所提項目審查，共 7 項： <ul style="list-style-type: none"> →完成辛巴威(NMI-SIRDC)及尚比亞(ZMA)工業溫度計 CMC 審查 (AFRIMETS.T.6.2018)。 →完成德國(PTB)低壓及高壓流量與法國(LNE)風速 CMC 項目審查。(EURAMENT.M.57.2018) →完成瑞典(SP)、塞爾維亞(DMDM)與波士尼亞-赫塞哥維納(IMBIH)工業溫度計 CMC 審查。(EURAMET.T.24.2018) →完成日本(NMIJ)油流量 CMC 審查。(APMP.M.45.2018) →完成中國大陸(NIM)高壓氣體流量及風速 CMC 審查。(APMP.M.46.2018) →完成香港(SCL)水三相點 CMC 審查。 →完成馬來西亞(NMIM)水三相點 CMC 審查。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
		<p>計畫啟動會議，於 11 月 APMP 年度會議完成比對草案討論，以推動亞太區域之技術合作。</p> <ul style="list-style-type: none"> •參與 APMP 薄膜厚度國際比對可行性研究，由中國計量研究院(NIM)主辦，我國、韓國及泰國共同參與，研究結果將作為日後比對用膜厚標準件設計及接觸式量測特性的參考。 •提供越南國家計量院 (Vietnam Metrology Institute, VMI)量測系統建立與人才培訓課程，7/2 ~ 7/5 日完成 5 人次電量領域之量測技術進階訓練；8/18 ~ 9/7 日完成 VMI 3 人次振動領域之量測技術訓練。 •依據台印尼第 4 屆 JCTI 貿易工作小組會議決議，12/5 ~ 12/6 日配合標準局講授「膜式氣量計型式認證技術規範及標準器追溯」及膜式氣量計檢測設備操作觀摩，完成印方 5 人之氣量計訓練。 	
(三) 系統維持			
<ul style="list-style-type: none"> •維持實驗室品保制度運作，以符合 ISO/IEC 17025 之標準規範 	<ul style="list-style-type: none"> •完成內部稽核與管理審查各 1 場次 •完成維持品質運作出具之 NML 校正報告及技術報 	<ul style="list-style-type: none"> •6/26 日完成 107 年度 NML 內部稽核(包含校正、參考物質生產機構 RMP) 稽核結果計有 5 項不符合事項(NCR)，17 項建議事項，已完成改善。 •4/20 日完成 107 年度泛標準組品質管理聯席會議；8/15 日完成 107 年度標準計畫管理審查會議。 •配合廠商送校，累計完成維持品質運作之審核業務計 4951 件。 	<ul style="list-style-type: none"> •超出目標。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> 進行實驗室環境與安全維護定期檢查/活動 	<p>告審核業務累計 4095 份、技術報告 60 篇</p> <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"> 完成技術報告(含 ICT、MSVP 等) 審查與修訂技術報告，計 98 份。 為維護校正作業安全，預約單納入「大型服務件收送件流程」與「毒性化學物質之安全資料表(SDS)」相關說明，並公告於 NML 網頁上，供送校廠商下載使用。 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，完成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、高低壓電器設備等安全檢查每季定檢。 完成 SI 新定義之質量實驗室整修工程 <ul style="list-style-type: none"> →包含施工防護與拆除工程、水電工程、水泥(花崗岩基礎台)工程、庫板工程、天花板工程、牆面 EPOXY 工程、高架地板(含鋼構)與無縫地板施作。 →完成實驗室空調箱製作工程，包含空調箱基礎台施作、空調箱安裝、吊架安裝，風管施作、冰水/熱水管路配置及其保溫施作、電源及控制配線、測試與施作。 	<ul style="list-style-type: none"> 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
		<p>→完成實驗室環境建置，如冰水/熱水主管路更換配置、FC 管路銜接、移動式天車安裝及自動滅火系統安裝等。</p> <ul style="list-style-type: none"> •SI 新定義之溫度實驗室整建工程 <ul style="list-style-type: none"> →完成熱電偶高溫、輻射超高溫及聲學氣體溫度實驗室之裝修及配電(電源、插座、照明、天花板、牆面 Epoxy 處理、排氣及給排等)。 →因應溫度實驗室排氣需求增口，完成溫度驗室排氣管路新增與改善工程。 •新物質量實驗室空調系統及全自動滅火系統 <ul style="list-style-type: none"> →完成恆溫恆濕空調箱建置、熱泵主機與冷卻水塔建置、空調管路工程(冰、熱水管路及保溫配置、風管配置、冰水主機及備機系統管路自動切換控制裝置)施作。 →完成全自動滅火系統建置。 •16 館地下室實驗室環境空調 23 度改善工程質量實驗室空調系統 <ul style="list-style-type: none"> →完成恆溫恆濕空調箱建置及空調管路改善工程(冰、熱水管路及保溫配置、風管配置)及溫濕度控制系統工程施作。 	

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> • 客戶滿意度調查 • 標準系統維持正常運作 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成客戶滿意度調查 • 維持 15 個領域、118 套量測系統正常運作，完成 23 套系統再評估 • 完成系統查驗、調價及標準系統停止服務申請作業 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成紙本顧客意見調查表分析(至 5/31 日)，計回收 143 家廠商問卷，NML 整體滿意度為 9.5 分。 • 自 6/1 日起年度滿意度(仿照國際機場服務)以數位化方式處理，截至 12/31 日，顧客滿意度調查計 510 家廠商點選，整體滿意度分數為 9.7 分。 • 運用管制圖及相關統計品保方法，進行 118 套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。 • 配合標準追溯及系統查核評估等，完成 23 套系統再評估 • 完成 1 套系統查驗 →3/23 日完成「靜態重力法無機元素供應驗證系統(C13)」系統查驗會議辦理，6/8 日同意「靜態重力法無機元素供應驗證系統(C13)」作為國家度量衡標準系統，俟度量衡規費收費標準修正公佈後，再正式對外提供服務。 • 調價作業 →8/3 日及 9/7 日完成 107 年度 NML 調價與規費修正發文報局(系統代碼：C13、C01、M05、O02、F06 及 M03)。俟同意及 108 年度度量衡規費收費標準修正公佈後，再修正規費。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 無。 • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> • 執行國內、外追溯 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成國內追溯 400 件、國外追溯 20 件。 	<p>→9/13 日協助標準局進行財政部國庫署新建「規費管理資訊系統」之收費標準基本資料線上維護作業系統之測試。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 標準系統停止服務 <p>→提報黏度計量測系統(C01)與固體(標準法碼)密度量測系統(M05) 2 套系統停止服務,於 6/14 日獲標準局同意停止服務,俟度量衡規費收費標準修正公佈後,再正式停止對外提供服務。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成國內追溯 574 件。 • 完成交流電力量測系統(E18)交流電力標準表、電磁場強度量測系統(U06)電磁場強度計及雙錐偶極天線、全光通量量測系統(O02)光澤度標準板、色度量測系統(O05)白板、二維影像標準校正系統(D25)二維影像板、標準電感量測系統(E16)標準電感器、交流電壓量測系統(E06)熱效電壓轉換器、動態膨脹法真空量測系統(L02)絕對式電容真空計、分光輻射量測系統(O03)分光輻射照度標準燈及微波散射參數及阻抗量測系統(U02)衰減器等共 16 項 20 件/組國外追溯工作。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> • 系統改良 2 套系統及設備汰換 1 項 	<ul style="list-style-type: none"> • 大質量量測系統改良 (M03) <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍：(20 ~ 50) kg -量測不確定度：(6 ~ 15) mg • 低壓氣體流量校正系統改良 (F06) <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍：(0.002 ~ 40) L/min -量測不確定度： <ul style="list-style-type: none"> 原級標準系統：0.09 % 工作標準系統：0.13 % • 設備汰換 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成組合衡量模式方程式建立及自動化量測數據處理程式撰寫。 • 完成花崗岩防震平台安裝定位，為使震源傳遞最小，採用 3 點支撐並安裝於地下主要結構樑上。 • 完成系統改良與評估 <ul style="list-style-type: none"> -量測範圍：(20 ~ 50) kg -量測不確定度：(3.6 ~ 10) mg • 完成校正程式自動化擷取軟體程式撰寫，儀表追溯評估。 • 完成系統改良與評估 <ul style="list-style-type: none"> 量測範圍：(0.002 ~ 40) L/min 不確定度： <ul style="list-style-type: none"> 原級標準系統：(0.08 ~ 0.09) % 工作標準系統：(0.11 ~ 0.13) % • 完成「1000 kg 質量量測系統」，1 項設備採購與驗收。 • 配合設備汰換，完成大質量實驗室地板整修更新，及 2 噸天車架設工程及水平調整，以利 1000 kg 量測作業的法碼、相關設備及儀器之吊掛需求。 	<ul style="list-style-type: none"> • 超出目標。 • 無。 • 無。
<ul style="list-style-type: none"> • 其他 	<ul style="list-style-type: none"> • 專利權終止維護事宜 	<ul style="list-style-type: none"> • 依據 106 年主計財務查核建議事項中有關專利權終止維護事宜辦理，本年度篩選 79 件建議可進入終止維護評估程序，8 月進行再評估後選項 20 件終止維護，9/18 標準局覆函同意此 20 件終止專利權維護。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

2.工業計量技術發展分項

工作項目	查核項目	實際執行內容 (至 11.30 日止)	差異 分析
(一)自動追蹤雷射測距與校正技術			
<ul style="list-style-type: none"> • 光機電軟硬體整合 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成測距模組設計與光路測試 <ul style="list-style-type: none"> -測距模組包含干涉、追蹤、整光功能 -整光後雷射光點輸出，強度需小於 1.0 mW，且大於 60 μW，以符合安全與追蹤功能 • 完成光機電軟體整合 <ul style="list-style-type: none"> -人機介面 1 套，需有角度資訊輸出 -完成測距模組測試，解析度 $\leq 0.1 \mu\text{m}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成測距模組設計與光路測試 <ul style="list-style-type: none"> →完成測距模組設計，其設計內容包含干涉、追蹤、整光功能。 →使用光功率計確認雷射光強度，從雷射模組出來的光強度約 0.2 mW，經光纖導引及透鏡整光後約為 65 μW，經過兩次分光，包含干涉及追蹤，最後至目標物球面反鏡，通過測距模組後的強度約為 20 μW，並測試可追蹤超過 2 公尺的目標物，符合安全與追蹤功能。 • 完成光機電軟體整合 <ul style="list-style-type: none"> →以 RS232 通訊方式，進行雙軸角度資訊詢問與數值輸出，其鮑率 (Baud)設定為 19200 比特率(bits per second, bps)進行人機介面軟體撰寫，並完成光機電軟體整合與雙軸角度旋轉輸出軟體，並利用光電隔離電路解決干擾問題。 →測距測試方法乃使用座標量測儀作 100 nm 位移，確認測距解析度可達 $\leq 0.1 \mu\text{m}$。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容 (至 11.30 日止)	差異 分析																								
<ul style="list-style-type: none"> 智慧工具機自動量測與補償技術 	<ul style="list-style-type: none"> 建立實機測試 <ul style="list-style-type: none"> -完成工具機或座標量測儀至少五條直線(含空間對角)之定位準確度與重複性 -完成三軸 21 項幾何誤差模型軟體及模擬 	<ul style="list-style-type: none"> 建立實機測試 <ul style="list-style-type: none"> →完成三軸 21 項幾何誤差中之線性定位誤差、垂直度誤差等 6 項分析模型模擬，其求解結果差異量在 10 % 以內，定位誤差模擬結果如下表。 <table border="1" data-bbox="839 577 1307 840"> <thead> <tr> <th>項目 \ 軸位</th> <th>X 軸</th> <th>Y 軸</th> <th>Z 軸</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>假設值 (μm/m)</td> <td>-10</td> <td>-15</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>模擬值 (μm/m)</td> <td>-9.99</td> <td>-15.01</td> <td>19.99</td> </tr> </tbody> </table> <p>垂直度誤差模擬結果如下表</p> <table border="1" data-bbox="831 891 1315 1153"> <thead> <tr> <th>項目 \ 平面</th> <th>XY</th> <th>YZ</th> <th>XZ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>假設值 (arcsec)</td> <td>-10</td> <td>15</td> <td>-20</td> </tr> <tr> <td>模擬值 (arcsec)</td> <td>-10.89</td> <td>14.61</td> <td>-19.69</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> →針對垂直度與定位誤差六項，取實機測試的數據進行分析，量測空間為 1000 mm × 600 mm × 200 mm，求解差異可小於 30 %，將持續推導與決定後續 15 個誤差項之量測模型與量測路徑。(機台執行空間運動時，除控制器本身定位能力外，還會受到導軌誤差、運動鏈差異、熱變位及環境溫度補償誤差影響。團隊參考文獻得知，使用不同量測手法與模型，所得到的求解差異量約在(40 ~ 50) %，因此本計畫求解差異目標設定在 30 %。) →利用 NML 的座標量測儀 (Coordinate Measuring Machine, 	項目 \ 軸位	X 軸	Y 軸	Z 軸	假設值 (μm/m)	-10	-15	20	模擬值 (μm/m)	-9.99	-15.01	19.99	項目 \ 平面	XY	YZ	XZ	假設值 (arcsec)	-10	15	-20	模擬值 (arcsec)	-10.89	14.61	-19.69	<ul style="list-style-type: none"> 無。
項目 \ 軸位	X 軸	Y 軸	Z 軸																								
假設值 (μm/m)	-10	-15	20																								
模擬值 (μm/m)	-9.99	-15.01	19.99																								
項目 \ 平面	XY	YZ	XZ																								
假設值 (arcsec)	-10	15	-20																								
模擬值 (arcsec)	-10.89	14.61	-19.69																								

工作項目	查核項目	實際執行內容 (至 11.30 日止)	差異 分析
	<ul style="list-style-type: none"> • 完成實機測試 -產生線性軸之空間誤差補償表，含線性定位及垂直度資訊，且在至少三次實驗下，分析出之垂直度數值差異量在± 10 角秒 (Arcsecond)內 	<p>CMM)機台，完成實機測試之 X 軸、Y 軸、Z 軸、XZ 軸、YZ 軸及 XYZ 定位準確度與重複性確認，每一軸線各量測五次，取空間體(body)的 XYZ 對角線，依 ISO 230-2 估算定位準確度約為 5 μm，定位重複性約為 1.2 μm</p> <p>→完成三次 NML CMM 實機實驗數據讀取，量測空間取 1000 mm \times 600 mm \times 200 mm，為符合每條直線至少量測 5 點之條件，將網格點細切至 5 \times 5 \times 5，每個網格點進行 3 次測距值，3 次數據結果間之差異皆在 $\pm 1.5 \mu\text{m}$ 範圍內，符合預期目標。</p> <p>→將實驗數據輸入於發展之幾何誤差估算軟體中，三組實驗數據皆可成功收斂，並可輸出 21 項幾何誤差表，完成推導出三軸 21 項幾何誤差模型軟體及模擬，符合預期目標。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成三次實驗數據計算分析，輸出的 21 項幾何誤差求解結果，於三次實驗下之重複性，線性誤差小於 $\pm 1 \mu\text{m/m}$，角度誤差含垂直度誤差小於 ± 1 角秒(Arcsecond)內。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容 (至 11.30 日止)	差異 分析
(二)超微量金屬粒子分析暨標準技術研究			
<ul style="list-style-type: none"> • 靜態重力法無機元素供應驗證系統 • 奈米金粒子驗證參考物質粒徑量測技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成靜態重力法無機元素供應驗證系統，建立液態鉛元素驗證參考物質、校正程序與系統評估報告，不確定度 < 10 mg/kg • 完成奈米金粒子驗證參考物質粒徑量測技術，奈米金粒徑之偵測極限 < 10 nm • 建立優化粒徑量測技術程序，各成份奈米粒徑(鈉(Na)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鐵(Fe)、鈷 	<ul style="list-style-type: none"> • 3/23 日完成「靜態重力法無機元素供應驗證系統(系統代號為 C13)」系統審查，建立液態鉛元素驗證參考物質、校正程序與系統評估報告，鉛標準液濃度為 1000 mg/kg、量測不確定度為 1.5 mg/kg。 • 完成奈米金粒子驗證參考物質粒徑量測技術。 →使用 30 nm 金粒子進行感度測試，透過調整霧化器氣流與電子倍增管電壓等實驗參數條件，最佳化後霧化器氣流流率為 1.16 L/min 及電子倍增管電壓為 1200 V 的實驗參數條件下，30 nm 金粒子感度實驗結果可達 16.8 counts，回推 40 nm 金粒子感度可為 39.7 counts，符合預期。 →利用顆粒尺寸 (20、40、60、80、100) nm 的奈米金粒子參考物質，進行感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)檢量線建立。利用迴歸分析處理量測結果，得到線性關係 $R^2 = 0.9985 > 0.995$，表示粒徑量測技術是可行的，再經由 ICP-MS 量測到的質量數換算，此方法量測奈米金粒子粒徑之方法偵測極限為 5.5 nm。 • 建立優化粒徑量測技術程序 →ICP-MS 機台傳輸效率確認，實驗結果計算之傳輸效率為 13.3 %。 (由參考文獻得知，一般應用於感 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 無。 • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容 (至 11.30 日止)	差異 分析
	(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn))偵測極限< 10 nm	<p>應耦合電漿質譜儀之氣膠傳輸效率大約落在(8 ~ 9) %之間，本研究已將傳輸效率由既有的約 5 % 提升至 13.3 %。</p> <p>→完成鈉(Na)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鐵(Fe)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn))偵測極限測試，經優化後的偵測極限結果分別為鈉粒子偵測極限為 8.5 nm、鉀粒子偵測極限為 8.9 nm、鈣粒子偵測極限為 5.5 nm、鎂粒子偵測極限為 9.4 nm、鋁粒子偵測極限為 9.5 nm、鐵粒子偵測極限為 4.7 nm、鈷粒子偵測極限為 4.4 nm、鎳粒子偵測極限為 6.4 nm、銅粒子偵測極限為 4.9 nm、鋅粒子偵測極限為 9.9 nm，10 種元素偵測極限皆 < 10 nm，符合計畫目標。</p>	

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
(二) 新質量標準研究			
<ul style="list-style-type: none"> • 吸附效應法碼組與 XRF XPS 表層質量量測系統 • 質量比較儀實驗室溫濕環境建置 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成吸附效應法碼組設計與採購申請，及完成 XRF XPS 表層質量量測系統各次系統規格訂定與採 • 完成質量比較儀溫濕環境建置委託工程採購申請，溫度(20.0 ± 0.3) °C，相對濕度(50 ± 10) % 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成吸附效應法碼組設計與採購，及 XRF XPS 表層質量量測系統各次系統(「超高真空系統」與「超高真空相容五軸矽晶球調整座」)規格訂定與採購： <ul style="list-style-type: none"> →取得 PTB 吸附效應法碼規格(表面積比例介於 3 至 6 之間)以及表面積量測與計算方法，確認使用儀具(游標卡尺)之校正項目及其細節。 →與 PTB 完善整合超高真空(UHV)腔體與五軸樣品移動座馬達與控制器。 →完成 UHV 分析腔體圖面分析，確認腔體各法蘭尺寸規格與位置，完成組裝說明與 UHV 腔體工程三視圖製作。 →完成不銹鋼吸附效應法碼組真空至大氣質量導引之矩陣設計與量測數據分析，得出真空與大氣下之質量差 0.05 mg(不確定度 0.01 mg)。 • 完成質量比較儀溫濕環境建置： <ul style="list-style-type: none"> →完成溫濕環境管路配置、空間規劃、隔振水泥基座等工程設計圖。 →完成實驗室溫濕控制系統設計並發包執行工程。 →完成溫、濕度及其變化量量測確認，結果符合 OIML R 111-1 規範：(20.0 ± 0.3) °C、相對濕 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> • 吸附效應量測實驗 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成吸附效應量測實驗，吸附質量相對標準不確定度小於 65 % 	<p>度為(50 ± 10) %。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成吸附效應量測實驗，吸附質量相對標準不確定度小於 65 %： →完成不同材質法碼表面吸附係數(sorption coefficient)計算(質量量測原始數據由 PTB 提供)，得鉑鈹法碼為 0.0366 g/cm²，與兩組不鏽鋼法碼分別為 0.0058 g/cm² 及 0.8190 g/cm²。 →完成吸附效應量測實驗(於德國 PTB 進行)，實驗使用表面積為 1:2 的鉑鈹合金(1 組)與 1:4 不鏽鋼(2 組)之吸附效應法碼組。測得吸附係數分別為 0.0058 μg/cm²、0.8190 μg/cm²、0.0366 μg/cm²，標準不確定度為 0.00295 μg/cm²、0.00298 μg/cm²、0.00163 μg/cm²。根據此吸附係數，其中不鏽鋼吸附效應法碼組第一組(stainless steel 1)的吸附係數為(5.8 ± 3.54) × 10⁻⁶ mg/cm²，以標準不確定度除以吸附係數得相對標準不確定度為 61.2%，小於 65%。(第一組不鏽鋼吸附效應吸附係數為 0.0058 μg/cm²，表面積為 138.26 cm²。因此，吸附質量為 0.0058 μg/cm² × 138.26 cm² = 0.8 μg。吸附係數的不確定度為 61.2%，則吸附質量的不確定度為 0.8 μg × 0.612 = 0.49 μg。對於質量 1 kg 的法碼，造成的不確定度僅為 0.49 × 10⁻⁹，其影響可忽 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
		略。)	
(三) 新溫度標準研究			
<ul style="list-style-type: none"> • 共振腔規格確立與委託設計加工 • 前段氣體管路安裝 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成共振腔體之規格確立，並完成自英國 NPL • 技術引進及共振腔委託設計加工之採購單開立。共振腔屬徑向或軸向對稱聲學共振模式、內表面粗糙度為 nm 等級、尺寸公差 < 1 μm、腔體材料/安裝之聲學傳感器可承受略超過 373 K 之溫度，且不致產生形變 • 完成工作氣體前段管路預安裝實施，管路為 EP 等級，全金屬閥件與轉接頭，連接高純度(5N5 ~ 6N)氣源與水氣濃度分析儀 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成向英國 NPL 委製聲學氣體溫度計(AGT)請購： <ul style="list-style-type: none"> →完成委託 NPL 製作具準球型共振腔及圓柱型共振腔之聲學氣體溫度計合約及採購案。 →完成聲學擾動來源與分類之初步調查、微波擾動來源因子初步模式說明書、干擾源水氣濃度分析管路初步設計。 • 完成工作氣體前段管路預安裝： <ul style="list-style-type: none"> →參考並比較 NPL 設計之共振腔氣體管路規劃，並繪製水氣偵測端與系統聯結之初步管路配置圖。 →完成聲學氣體溫度計實驗室之電力與實驗室設施需求規劃。 →完成聲學氣體溫度計系統架構圖繪製與更新，確認預安裝實施的管路、閥件設計，完成管件採購。 →完成工作氣體前段管路之全金屬閥件與轉接頭設計、規格確認與採購。 →管路為 EP 等級，全金屬閥件與轉接頭，連接水氣濃度分析儀，完成與水氣分析儀連結、安裝。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> • 建立工作氣體之干擾源分析技術 • 共振腔測試驗收 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成工作氣體之干擾源-水氣濃度之分析技術建立，水氣偵測極限為 0.6 ppm • 完成委製共振腔之規格測試驗收 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成工作氣體之干擾源-水氣濃度之分析技術建立，於較高流量 25 sccm 時，兩回合量測之水氣濃度皆為 0.78 ppb；於流量(5 ~ 25) sccm 範圍，水氣濃度皆符合計畫目標(< 0.6 ppm)。當工作氣體溫度為(213 ~ 505) K，水氣濃度導致之不確定度為(0.074 ~ 0.175) mK。 • 完成準球型共振腔之規格測試與驗收 <ul style="list-style-type: none"> →完成聲速擾動修正項初步模擬流程。 →由 NPL 準球型共振腔三軸微波共振頻率量測值，模擬推導出正球型共振頻率 f_0 與 y、z 軸相對於 x 軸之半徑差異，據以擬合出氣壓趨近 0 之球體等效半徑。建立運用理論，將微波共振頻率推導出準球體等效半徑之分析、計算能力。 →建立 AGT 聲學擾動因子的熱邊界層修正模式及微波擾動因子(集膚效應)之初步模擬流程。 →NPL 委託 Cranfield 大學以鑽石切削進一步加工準半球，經 CMM 量測顯示符合數微米差異之規格要求。 →藉由量測準球型共振腔之微波及聲學共振頻率並轉換計算得共振腔之 mode(0,2) 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
		mode(0,5)皆能符合 3 小時內溫度穩定度 ≤ 1 mK 之規格要求。	

4.法定計量技術發展分項

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
(一) 家用氣量計長期使用準確性研究			
<ul style="list-style-type: none"> • 研究使用之標準檢驗局內檢定檢查設備性能測試評估 • 使用中(3年以上至10年以內)氣量計器差特性測試 • 重新檢定合格之氣量計耐久性模擬測試研究 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成研究使用之標準檢驗局內檢定檢查設備性能測試評估 • 完成使用中(3年以上至10年以內)氣量計器差特性測試，每年測試1500台 • 完成重新檢定合格之氣量計進行耐久性模擬測試研究，每年取2型、耐久運轉測試2000小時 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成標準局第七組兩套、台中、台南及基隆分局實驗室共五套檢定檢查設備性能測試評估，比對件選用6 m³/h膜式氣量計。 • 結果顯示設備間差異大多低於0.2%，最大亦不超過0.22%。以量測不確定度0.25%估算，量測結果指標En皆低於0.7，驗證標準局所有實驗室的檢定設備量測結果與參考值一致。 • 完成使用中氣量計器差特性測試。 →抽檢市面上已使用3、5、7及9年氣量計進行測試。 →總計檢查數量為3193具，不合格數量共計106具，合格率为96.7%。共計有5具氣量計為啞巴表(氣體通過不運轉的表)。 • 完成重新檢定合格之氣量計4 m³/h及6 m³/h表型各五具耐久性模擬測試研究。 →4 m³/h表型共計進行2235小時累積通氣量都超過8000 m³。 →6 m³/h表型共計進行2279小時，累積通氣量都超過12000 m³。 • 耐久測試前後器差變化量最大1.39%，所有氣量計在耐久測試後均符合檢查公差要求小於3%。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 超出目標。 • 無。

5. SI 新標準計量技術發展分項

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
(一) 新質量標準建置			
<ul style="list-style-type: none"> • 原級矽晶球質量標準建置 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成十克、一百克與一公斤質量比較儀採購與驗收 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成十克、一百克與一公斤質量比較儀採購與驗收。 →驗收重要規格如下： 衡量範圍 100 g 至 1000 g，允收標準：解析度 1 μg，重複性小於 1.82 μg。 衡量範圍 5 g 至 100 g，允收標準：解析度 0.1 μg，重複性小於 1 μg。 衡量範圍 0.1 mg 至 10 g，允收標準：解析度 0.1 μg，重複性小於 0.6 g。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。
<ul style="list-style-type: none"> • 矽晶球表面質量量測系統建置 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成 XRF XPS 表層量測系統技術諮詢服務採購 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成 PTB 矽晶球法新質量量測技術訓練請購申請，依雙方合作協議內之時程安排 PTB 專家來訪。 →依與 PTB 相互合作協議，此技術諮詢服務包含 ITRI 人員至 PTB 受訓與 PTB 專家來台提供技術服務。我方派員受訓方面，已完成 2 人次至 PTB Braunschweig 院區受訓；在 XRF XPS 組裝完成後，將與 PTB 安排 PTB 專家來台時間。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。
<ul style="list-style-type: none"> • 原級真空標準建置 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成靜態膨脹真空標準系統設計、請購申請與驗收 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成靜態膨脹真空標準系統設計、請購申請與驗收。 →系統包含各式真空泵、真空計、氣源與真空閥門等，按附圖組裝完成後，四膨脹腔體之背景壓力小於 10^{-6} Pa。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
		→驗收重要規格如下： 靜態膨脹系統背景壓力可達 8.87×10^{-7} Pa 直接比較校正系統背景壓力可達 9.46×10^{-6} Pa 真空計清洗系統背景壓力可達 8.84×10^{-6} Pa	
(二) 新溫度標準建置			
<ul style="list-style-type: none"> • 聲學氣體溫度計量測系統 • 熱電偶高溫校正系統建置 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成建立共振腔於(213~373) K溫度範圍之溫度穩定性評估技術 規格目標：180分鐘內$\leq \pm 3$ mK • 完成熱電偶高溫校正系統設備請購申請與驗收 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成熱邊界層擾動因子於頻率半寬修正公式驗算。 • 完成(213~373) K聲學共振頻率之擾動因子修正項驗算。 • 完成熱電偶高溫校正系統設備請購申請與驗收。 →完成 Co-C 與 Pd-C 共晶點囊的安裝結構設計圖與委製請購。 →完成 Co-C 與 Pd-C 共晶點囊轉折點熔化溫度的評估技術，主要利用三階溫度曲線進行二次微分，得到共晶點囊轉折點熔化溫度。 →驗收重要規格如下： Pd-C 共晶定點囊已提供 NPL 校正報告，在信賴水準 95 % 下，涵蓋因子 $k = 2$，其擴充不確定度 0.66°C。 Co-C 共晶定點囊已提供 NPL 校正報告，在信賴水準 95 % 下，涵蓋因子 $k = 2$，其擴充不確定度 0.44°C。 金屬-碳共晶點囊超高溫加熱裝置溫度範圍可從室溫加熱到 1600 	<ul style="list-style-type: none"> • 無。 • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> • 絕對輻射溫度校正系統建置 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成輻射超高溫校正系統設備請購與驗收 	<p>°C。</p> <p>銅定點高溫加熱裝置(溫度範圍 500 °C 到 1200 °C)、銀定點高溫爐(溫度範圍 550 °C 到 1100 °C)、鋁定點高溫爐(溫度範圍 550 °C 到 1000 °C)、鎳定點加熱爐(溫度範圍 15 °C 到 35 °C)、高溫退火爐。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成輻射超高溫校正系統設備請購申請與驗收。 <p>→完成絕對輻射溫度計(ART)光路設計圖與低溫黑體腔設計製作寄送至原廠進行裝配。</p> <p>→驗收重要規格如下：</p> <p>放射率規格:A、$\epsilon > 0.99$,@(0.6 to 1.8) μm；B、$\epsilon > 0.99$,@(0.65 to 15) μm；C、$\epsilon > 0.97$,@(8 to 14) μm；D、$\epsilon > 0.97$,@(8 to 15) μm。</p> <p>鈷碳(Co-C)共晶點:1324 °C、鎢碳(WC-C)共晶點:2747 °C。</p> <p>液體式恆溫槽溫度顯示解析度:至少 0.01 °C。</p> <p>濾波式輻射計波長範圍:715 nm \pm 70 nm。</p> <p>線性高溫計放射率:0.100 to 1.000 in 1/1000 steps，解析度:0.01 °C @T < 1000 °C。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成絕對輻射溫度計(ART)所需之發展空間需求規劃環境測試。 <p>→溫度:(23 \pm 3) °C、濕度:(50 \pm 10) %。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
		kΩ to 10 PΩ。 現場實測比例量測範圍：1:1, 10:1, 100:1, 1000:1。 實測比例量測準確度： 1.4×10^{-6}	
(三) 新物質量標準建置			
<ul style="list-style-type: none"> 感應耦合電漿質譜量測系統建置 	<ul style="list-style-type: none"> 依照先期研究結果與規格，完成多接收器感應耦合電漿質譜儀請購申請與驗收 依照先期研究結果與規格，完成高解析感應耦合電漿質譜儀採購與驗收 	<ul style="list-style-type: none"> 完成多接收器感應耦合電漿質譜儀請購申請與驗收。 →質量分析為雙聚焦系統，質量數範圍須包含(7 ~ 300) amu。為提升離子傳輸效率，系統真空值須$\leq 5 \times 10^{-8}$ mbar。為了提升訊號/雜訊比，需使用 10^{13} 電阻。系統長時間穩定性需≤ 50 ppm/h (Nd)。 →驗收重要規格如下： Vacuum System (Multicollector region):= 4×10^{-9} mbar (with ion beam)。 靈敏度：$^{88}\text{Sr} = 45$ V/ppm, $^{142}\text{Nd} = 17.5$ V/ppm, $^{178}\text{Hf} = 17$ V/ppm, $^{238}\text{U} = 60$ V/ppm。 Signal Stability:= 1.5 %/h。 完成高解析感應耦合電漿質譜儀採購與驗收。 →射頻功率最高可達 1.6 kW，射頻頻率 ≥ 27 MHz。具一級質譜：雙曲面四級杆，可進行 1 amu 質量數篩選，質量範圍包含(2 ~ 260) amu。具二級質譜：雙曲面四級杆，可進行 1 amu 質量數篩選，質量範圍包含 (2 ~ 275) amu。具真空系統及碰撞/反應池系統，可使用氫氣、氮氣、氬氣及氧氣等 	<ul style="list-style-type: none"> 無。 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
<ul style="list-style-type: none"> 同位素比例量測系統建置 	<ul style="list-style-type: none"> 依照先期研究結果與規格，完成同位素比例分析設備請購申請與驗收 	<p>氣體。配備電子倍增檢測器，具備脈衝和類比資料獲取模式，可提供至少 11 個數量級的線性動態範圍。</p> <p>→驗收重要規格如下：</p> <p>靈敏度:⁷Li: 338.3 Mcps/ppm，⁸⁹Y: 2177.9 Mcps/ppm，²⁰⁵Tl: 846.6 Mcps/ppm。</p> <p>雜訊背景:= 0.0 cps (amu = 9 & 238)。</p> <p>氧化物離子(CeO⁺/Ce⁺)=2.538 %。</p> <ul style="list-style-type: none"> 完成同位素比例分析設備請購申請與驗收。 <p>→驗收重要規格如下：</p> <p>光譜範圍 :350 cm⁻¹ 至 12800 cm⁻¹，光譜解析度為 0.16 cm⁻¹。</p> <p>OA-ICOS CO₂ 分析速度 1 Hz。</p> <p>δ¹³C 準確度 1.5%，δ¹⁸O 準確度 8 %，¹²CO₂ 準確度 0.4ppm。</p> <ul style="list-style-type: none"> 完成大氣空氣主要組成分氣體 CO₂/air 配製，配製濃度為(399.38 ± 0.28) μmol/ mol，配製量測不確度為 0.07 %。 <p>→該設備採用高真空傅立葉轉換紅外光譜原理，搭配 KBr、CaF₂ 分光鏡，與 DLATGS、液態氮冷卻式 MCT、InSb 等偵測器，測量範圍可涵蓋近中遠紅外光波段(50 至 12800 cm⁻¹)，氣體腔室採電拋光不銹鋼並以 silconert 2000 及金進行鍍膜以降低吸附效應，光譜解析度≤ 0.2 cm⁻¹，掃描速度≥ 12</p>	<ul style="list-style-type: none"> 無。

工作項目	查核項目	實際執行內容	差異分析
		<p>spectra/s at 8 cm⁻¹, CO₂ δ¹³C 分析準確度≤2.0 ‰, CO₂ δ¹⁸O 分析準確度≤ 10 ‰, CO₂ 分析準確度≤ 0.5 ppm, CO₂ 分析範圍 0 至 25000 ppm。</p> <p>→完成大氣空氣主要組成分氣體 CO₂/air 之配製。配製方法根據 ISO 17034 與 ISO 6142-1 國際標準文件，採用質量法高壓氣體充填，以精密天平稱重空鋼瓶，再依序充填 CO₂、O₂ 及 N₂ 等成份氣體並稱重充填上述成分氣體後之鋼瓶重，稱重程序採參考鋼瓶 (A)-待稱鋼瓶(B)-參考鋼瓶(A)之 ABA 交替稱重方式以消除空氣浮力及天平稱量值飄移等問題。使用之氣體原物料依據 ISO 19229 進行純度驗證分析以評估配製不確定度，最終配製濃度為 (399.38 ± 0.28) μmol/ mol, 量測不確定度為 0.07 %。</p>	

5. 量化成果彙總 (計畫五個分項總計)

屬性	績效指標類別	績效指標項目	107年目標	107年達成	106年目標	106年成果
學術成就 (科技基礎研究)	A. 論文	國內論文發表(篇)	42	37	49	46
		國外論文發表(篇)	18	28	27	40
	B. 合作團隊(計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(或計畫)數	10	10	9	9
	C. 培育及延攬人才	博碩士培育/訓人數	13	13	15	12
技術創新 (科技技術創新)	G. 智慧財產	專利獲證(件)	1	5	1	2
	H. 技術報告及檢驗方法	技術報告(含 ICT/MSVP 撰寫修訂)	77	98	100	110
	I1. 辦理技術活動	辦理技術研討會場次(含專家座談會)	11	14	10	13
	I1. 辦理技術活動	辦理推廣活動場次(含頂尖計量人才培育)	3	4	6	6
	J1. 技轉與智財授權	技術/專利應用(件)	5	11	6	29
	J1. 技轉與智財授權	技術/專利運用收入(仟元)	2,500	2,783	5,000	6,831
	S2. 科研設施建置及服務	系統運轉維持(套)	118	118	118	118
		系統服務件數	4095	4951	4095	4801
		標準系統建立(項)	1	1	1	1
		標準系統改良/再評估(項)	2/23	2/23	29	29
經濟效益 (經濟產業促進)	N. 協助提升我國產業全球地位	國內追溯(件)	400	574	400	534
		國外追溯(件)	20	20	14	27
		國際比對(項)	4	7	6	9
		國際相互認可協定(國家/組織)	1	1	1	1
社會影響	AB. 科技知識普及	科普知識推廣與宣導次數	1(典藏計畫)	1(典藏計畫)	1(典藏計畫)	1(典藏計畫)
		計量技術訊息發布(含新聞稿供稿)	4	13	4	5

屬性	績效指標類別	績效指標項目	107年目標	107年達成	106年目標	106年成果
	O.共通/檢測技術服務及輔導	提供國家級校正服務件數	4095	4951	4095	4801
	Q.資訊服務	維持網站數	1	1	1	1
		訪客接待(人次)	180	278	120	281
		量測資訊(期)	6	6	6	6
		客戶滿意度調查	1	1	1	1
其他效益	K.規範/標準或政策/法規草案制訂	參與制訂之政策或法規草案件數	2	2	3	3
	提升我國國際地位	擔任國際組織之委員及主席	4	4	3	4
歲入收入(千元)	歲入收入(千元)	校正服務	41,090	49,459	41,090	46,232
		技術/專利運用推廣 ^{註1}	--	1,580	--	4,099
		書刊供應(量測資訊、技術資料)	280	113	280	184
		研討會、在職訓練	1,000	931	1,000	949
		專戶利息收入	200	197	200	110
		罰金罰款收入	--	185	--	32
		廢舊物資售價、收回以前年度歲出	--	48	--	0
		歲入合計	42,570	52,513	42,570	51,606

註1：技術/專利應用推廣歲入繳庫金額，為107年度已收之技術/專利授權金額其60%繳庫。

(二)技術交流與合作

1. 國際技術交流活動

(1) 越南國家計量院量測技術領域人員訓練

越南國家計量院(Vietnam Metrology Institute, VMI)自106年於NML完成流量及電量領域之量測技術訓練後，今年再度派員至NML完成電量領域之進階訓練，訓練內容包括直流電壓/電流、交流電壓/電流、交流電力與阻抗等量測技術的研討與實作示範，共5人。及振動領域之量測技術訓練，共3人。藉由協助VMI培訓國家實驗室技術人才，進而加強NML於東南亞國家之交流與合作關係。



圖0-3-1、越南國家計量院振動人員來台訓練合影

(2) 印尼計量局及人力發展中心法定計量人員訓練

依台印尼第4屆JCTI貿易工作小組會議決議，NML為配合政府新南向政策，於支援標準局，對印尼計量局及其人力發展中心1行共5人，進行為期1天半的「膜式氣量計型式認證法規及檢定檢查系統操作」課程。本次課程兼顧型式認證標準與法規、技術原理及實務操作，協助印尼計量局及人力發展中心培訓法定計量執行人才，並使受訓人員了解NML在法定計量相關研究與開發客製化檢驗設備的專業能力，有助於拓展未來進一步合作的契機，同時也有助於NML國際地位之提昇。



圖0-3-2、印尼計量局及人力發展中心來台受訓討論情形

2. 與先進國家實驗室合作研究

(1) 主導「APMP醫學計量焦點工作組(MMFG)促進合作計畫(FGI)」

今年獲APMP支持，通過「APMP醫學計量焦點工作組(MMFG)促進合作計畫(FGI)」-「以血壓模擬技術測試自動血壓計準確度先期研究」，由NML主導推動亞太區域之技術合作，參與成員包括中國大陸及韓國。9月於韓國完成FGI計畫啟動會議，11月於2018 APMP年度大會完成比對協定草案核備，未來工作規劃如下：

- a. 由臺灣及韓國提供協議(protocol)草案中描述之真實人體血壓(human blood pressure, BP)波形，以便計畫成員驗證波形與模擬系統之間的一致性。此外，對於沒有BP模擬系統的國家實驗室，BP波形可用於幫助開發其BP模擬系統。
- b. 預定於2019年5月舉行初步結果討論會議。

(2) 參與「APMP薄膜厚度國際比對可行性研究」

薄膜厚度是半導體產業發展的重要量測技術，為確保各國及各量測方法間的一致性，APMP長度技術委員會(TCL)自2016年開始，由中國計量研究院(NIM)進行國際比對的可行性研究。NML基於半導體為國內重要產業，且持續發展相關量測技術，故與韓國KRISS及泰國NIMT共同參與此次研究，NML於今年11月完成標準件量測，並將比對結果回饋給主辦國，以作為日後國際比對用膜厚標準件設計及接觸式量測特性的參考。

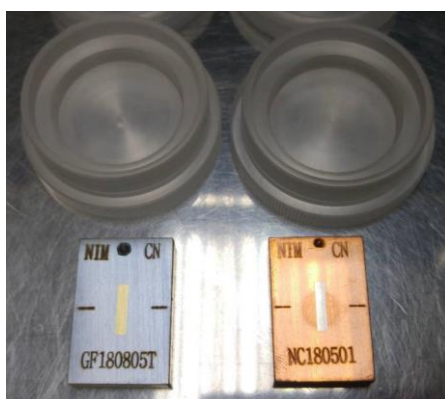


圖 0-3-3、NIM 開發之膜厚標準件

(3) 赴德國聯邦物理技術研究院(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB)進行「原級矽晶球質量標準技術」交流研究(2018.01.13 - 2018.04.17，曹琳)

延續106年自德國PTB技術移轉-X射線光電子頻譜(XPS)/X射線螢光頻譜(XRF)矽晶球表層質量量測技術，本年度續至德國PTB進行「原級矽晶球質量標準技術」合作研究，學習X射線晶體密度法(XRCD method)相關技術，以建立我國矽晶球值質量標準技術，研究內容包含(1) 矽晶球清洗與操作技術、(2) 矽晶球質量由真空導引至大氣中參考標準法碼技術、法碼吸附效應量測技術及(3) 真空質量比較儀之質量量測技術與環境設計。

吸附效應為真空至大氣質量傳遞之重要的影響因素，需藉由質量、體積、表面加工相同與不同表面積的法碼組量測吸附係數，以吸附係數來計算法碼於真空移至大氣後，法碼表面上吸附水氣所增加的質量。法碼增加的質量與法碼表面積成正比關係，

在考慮質量比較儀的解析度後，PTB建議吸附效應法碼組的表面積比需大於等於2，才能測得較為明顯的差異。

真空質量比較儀之質量量測技術與環境設計部分，PTB已於去年底安裝M_one質量比較儀，由於Mettler Toledo公司設計的版本為渦輪幫浦安裝於真空腔底部，考慮幫浦的空間，需要將真空腔架高，並在大理石桌上開洞，這些都可能造成質量比較儀穩定性降低，所以PTB這次修改了M_one的設計，成為全球第一台改變原廠設計的M_one比較儀。此行也蒐集PTB比較儀修改內容，並考察質量比較儀基部的設計，以及環境參數的設定，與新型M_one於真空與大氣間的操作，作為NML安裝M_one的參考。

- (4) 赴荷德進行穩定同位素分析技術合作研究與研討微量濃度標準參考物質生產技術於環境應用(2018.10.13-2018.11.18，林采吟；2018.10.30-2018.11.18，劉益宏)

荷蘭國家計量院(VSL)為目前在歐洲地區主導相關揮發性有機物氣體計量技術的發展，德國聯邦物理技術研究院(PTB)則是在亞氣加厥計畫(Avogadro project)中主導矽同位素比例量測。本次合作主要依據臺灣未來五年空氣品質發展規劃，與荷蘭VSL進行微量且非穩定性標準參考物質生產技術的討論，其中主要討論混合氣體種類包含：揮發性有機物間二甲苯(m-xylene) in nitrogen、二氧化氮(NO₂) in nitrogen、及二氧化硫(SO₂) in nitrogen的配製與濃度驗證。此三個物種均是臺灣未來處理空氣品質議題所急需的計量技術。經與VSL研究員的討論取得如下重要資訊：(1) m-xylene in nitrogen配製於高壓氣瓶的穩定濃度在40 μmol/mol以上可維持一年左右有效期限，若需使用更微量之濃度，則可搭配動態配製技術線上生產；(2) NO₂ in nitrogen的濃度配製與分析需使用專屬的調壓閥與管件(不要與其他物質分析使用的管閥件混用)，主要原因是可以保持管件內的水氣含量達一致，不會受到其他混合氣體使用時污染；(3) SO₂ in N₂配製於氣瓶的最低可行濃度為1 μmol/mol，低濃度可搭配動態稀釋裝置產生，動態稀釋裝置的稀釋倍率確認，可統一利用1000 ppm CO in N₂、10 ppm CO in N₂(稀釋一百倍)、1 ppm CO in N₂(稀釋一千倍)的氣瓶型式標準氣體執行校正或確效。

德國PTB目前正在進行NML所採購之矽晶球的裁切餘料分析，本次合作內容為利用PTB的MC-ICP-MS設備進行矽晶塊材消化後的溶液分析，透過訊號進行²⁹Si與³⁰Si的同位素比例分析，進而透過虛擬元素方法(Virtual Element method, VE method)所推導出來的莫耳質量量測公式計算單晶矽塊材的莫耳質量。此技術的主要特點是需要分別取得四種特性材料：(1) ²⁸Si-enriched矽塊材；(2) ²⁹Si-enriched矽塊材；(3) ³⁰Si-enriched矽塊材；(4) natural-abundance矽塊材。在108年的延續工作與後續申請國際比對的樣品準備上，可與PTB進行樣品來源的商討或直接由PTB提供。此外在實驗室設施的建置與維護上，PTB特別建議幾個重點：(1) 建議採購”GUM workbench 2.4”搭配PTB所建立的不確定度評估套表進行莫耳質量的量測不確定度評估，此亦為目前的國際比對建議

模式；(2) MC-ICP-MS設置環境可參考如下經驗值調整：抽風量1300 m³/h，空調加裝可去除99.9 %粉塵的空氣過濾裝置，並採正壓設計(比外界空氣氣壓大1 mbar)。PTB在107年12月至108年1月將進行MC-ICP-MS設備更新，後續將使用新設置的設備進行國家度量衡標準實驗室所採購之矽晶球的裁切餘料分析，建議108年6月至8月，NML可派員至PTB共同進行樣品的消化配製與同位素比例分析，同時準備國際比對樣品。NML在溶劑純度分析的技術亦可與PTB進行交流，互補專長進行研究。

- (5) 赴法國、義大利及英國國家標準實驗室，進行聲學氣體溫度計聲學/熱力學溫度量測等技術之合作研究。(2018.11.23-2018.12.22，徐瑋宏、蔡淑妃)

NML於2018年起開始執行聲學氣體溫度計量測系統建置工作，並自英國國家物理實驗室(NPL)引進聲學氣體溫度計共振腔量測技術。為深化溫度新定義技術，與主導溫度新定義之法國國家計量標準實驗室(LNE)、義大利國家實驗室(INRiM)及英國NPL實驗室進行「聲學氣體溫度計量測技術」交流並進行以下主題之合作研究與研討。

- a.法國LNE：T-T₉₀即熱力學溫度與現行國際溫標差異修正與應對措施探討。
- b.義大利INRiM：聲學氣體溫度計不確定度評估技術、聲學氣體溫度計平均氣體分子量及純度分析量測技術等。
- c.英國NPL：準球型共振腔溫度穩定性量測技術。

藉由與國際主導實驗室技術交流機會，瞭解並熟悉聲學氣體溫度計量測及評估程序，以加速建立我國溫度新定義之標準系統，奠定紮實的技術根基與國際合作關係為NML未來新溫度系統；研習並比較各國關鍵參數之量測、修正、與不確定度評估技術，作為未來NML系統精進的重要參考。

3. 受邀擔任其它 NMI 之評審員

NML所孕育之計量專家亦受到國際肯定。本年度4位同仁受邀擔任其它NMI之評審員，評鑑之實驗室及領域別如下表所示：

表 0-3-1、受邀擔任其它 NMI 之評審員

評鑑國家/實驗室	領域	NML受邀專家
日本國家計量院(NMIJ)/光量實驗室	光量	吳貴能
日本國家計量院(NMIJ)/振動實驗室	聲學/超音波/振動	黃宇中
日本國家計量院(NMIJ)/溫度實驗室	溫度	蔡淑妃
印尼國家標準實驗室(RCM-LIPI)/振動實驗室	聲學/超音波/振動	涂聰賢

4. 受邀演講

(1) 受邀至泰國舉辦之「先進製造高品質量測國際研討會」進行演講

傅尉恩組長應泰國奈米研究中心(Thailand National Nanotechnology Center, Nanotech)及泰國國家計量研究院(NIMT)邀請參加「先進製造高品質量測國際研討會」(High Quality Measurement for Advanced Manufacturing Workshop)演講，講題為「產品品質發展之量測與標準」(Measurements and Standards for the Developments of Product Quality)，介紹我國奈米粒子量測技術之研發成果及奈米產品驗證。

(2) 受邀至成功大學航空太空工程學系進行NML新質量標準研究演講

陳生瑞博士受邀至成功大學航空太空工程學系演講，介紹NML的新質量標準與小力量量測研究進展，講題為“Introduction to the SI revision and Future Measurement Technologies for Small Force and Mass”，其中主要內容為介紹未來SI基本單位由基本常數重新定義之方式與實現方法，與目前NML在新質量標準建置規劃與執行概況，並介紹NML靜電力補償式微力標準技術於未來毫克等級質量、微牛頓力量方面之直接實現方法。

(3) 受邀至新竹捐血中心進行溫度量測技術演講

柯心怡資深研究員受邀至新竹捐血中心講述有關耳溫計、溫度計、濕度計及溫濕度顯示器等相關量具之使用原理、導論與計量相關知識，協助其完成年度品保內部訓練課程，確保使用者正確使用相關量測，並推廣量測追溯之重要性。

5. 博碩學士生培訓

(1) 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，協助完成資料擷取系統的數據處理程式撰寫，以及電子秤資料擷取程式重新撰寫，電腦監控設備得以順利擷取流量標準系統相關資料；以及修改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，對於校正過程無需進行分析的大量壓力量測數據的篩選和排除，並得以設定篩選區間值，可依需求進行數據的篩選。

(2) 交通大學碩士生張馨予參與NML薄膜厚度量測之研究，協助完成長波長XRR膜厚擬合程式修改優化，將擬合膜厚重複性從原本10 %提升至5 %，並協助建立長波長XRR與常用半導體材料元素之資料庫，有效縮短每次擬合所需前置參數作業時間。

(3) 交通大學碩士生何若菁參與NML薄膜厚度量測之研究，協助完成長波長XRR光路設計最佳化，優化訊雜比，使量測X光最大可解析入射Theta角度達到30度，相對應可量測膜厚從原本14奈米延伸至1.2奈米。

(4) 交通大學博士生羅俊道參與NML薄膜厚度量測之驗證，協助HfO₂、TiN及Ta₂N₅薄膜之製備，並藉由TEM分析薄膜結構組成與厚度，驗證XRR膜厚厚度量測結果。

- (5) 交通大學博士生劉昱賢，參與NML新質量標準計畫，協助設計與分析整合式X光螢光頻譜與光電子頻譜系統之真空控制電路，將用於後續系統中真空樣品傳送腔體之破大氣與抽真空之重複循環流程，以及控制樣品傳送腔體與超高真空腔體間之閘閥防呆作動控制。
- (6) 交通大學學士生謝寬廷參與照度量測技術研究，完成照度量測及數據分析等工作。
- (7) 清華大學碩士生張維倫進行光纖雷射頻率及電路技術研究，完成雷射模組製作、電路設計等工作。
- (8) 清華大學碩士生蔡雅丞，參與NML超微量金屬粒子分析暨標準技術研究之計畫，協助完成實驗樣品瓶污染控制處理與背景值分析。
- (9) 清華大學學士生李宜臻於至NML化學領域學習，主要研習內容為蒐集國際上有關二氧化碳同位素比例量測技術的發展現況，並針對環境變遷相關技術發展現況進行彙整，進以協助二氧化碳混合氣體之配製質量計算，為氣體計量培育國內潛在人才。
- (10) 清華大學學士生李書蘋至NML進行化學領域學習，主要研習內容為瞭解同位素稀釋技術(isotope dilution technique)的量測原理與應用範疇，並藉由部門研究員在PTB所學習到的不確定度觀念，指導學生分析化學教科書中針對標準添加法(standard addition method)所未詳盡提及的計量觀念。
- (11) 台灣科技大學碩士生蔡成皓參與薄膜量測軟體之撰寫與改良，以現有XRR之商用軟體為基礎，增加長波長之光源參數以及相對材料之吸收係數，並實際執行XRR數據擬合，擬合分析厚度結果與商用機台量測分析結果一致。
- (12) 中央大學碩士生蕭宇傑，參與NML自動追蹤雷射測距與校正技術之計畫，協助完成幾何誤差估算軟體修改與除錯，並協助使用雷射干涉儀進行座標量測儀的幾何誤差量測，得以順利完成21項幾何誤差實機驗證實驗。
- (13) 中央大學碩士生王佑薪，參與NML自動追蹤雷射測距與校正技術之計畫，協助完成驗證實驗時的數據抓取與儀器操作，特別是在座標量測儀的路徑規畫及幾何誤差量測過程之熟悉，並得以加速計畫執行。

(三) 標準量測系統維持情形

表 0-3-2、107 度 NML 標準量測系統維持情形

項次	領域別	代碼別	系統數
1	聲量	A--	4
2	磁量	B--	3
3	化學	C--	8
4	長度	D--	27
5	電量	E--	22
6	流量	F--	11
7	濕度	H--	1
8	真空	L--	2
9	質量	M--	4
10	力量	N--	12
11	光量	O--	8
12	壓力	P--	4
13	溫度	T--	4
14	微波	U--	3
15	振動	V--	5
合計			118

◎以財政部『度量衡規費收費標準』公告，計入系統數

- 107 年辦理 C01、M05 系統停止服務報部，待 108 年財政部公告納入度量衡規費
- 107 年辦理新擴建查驗，待 108 年財政部公告納入度量衡規費

107 年 3 月 23 日完成「靜態重力法無機元素供應驗證系統(C13)」新建系統查驗，107 年 4 月獲局同意，同時 107 年 2 月『度量衡規費收費標準』公告，開始對外提供服務。

(四) 107年度國家度量衡標準實驗室大事紀要(以時間排序)

時 間	內 容	分 類
107.01.04	106 年度結案實地查證會議。	計畫管理
107.01.12	完成電量/電磁/光學/長度領域實驗室認證之監督評鑑(N0688)	監督評鑑
107.01.13 ~ 04.17	曹琳君赴德國聯邦物理技術研究院(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB)進行「原級矽晶球質量標準技術」研究。	合作研究
107.01.16	標準局劉局長召開會議請各計畫檢視 108 提案計畫必要性及急迫性,NML 原 108 預算提報 363,990 千元,下修為 353,990 千元。	計畫管理
107.01.26	日本產業技術總合研究所(AIST)一行 4 人參訪國家度量衡標準實驗室,交流振動聲量領域計量技術。	來訪
107.01.29	本計畫 107 行政院建議經費 267,569 千元,107 年簽約金額 367,384 千元,107.1.29 立法院預算案審議結果統刪 3%,配合刪減 8,324 千元,法定預算數下修為 259,425 千元,合約執行金額變更為 259,060 千元。	計畫管理
107.02.01	泰國國家食品研究院(NFI)一行 3 人參訪國家度量衡標準實驗室,交流溫度與質量的計量追溯性,以及校正技術。	來訪
107.02.12	因應國際基本單位 SI 新標準發展,為完整執行新質量標準建置案,另申請 106 年度科發基金計畫,獲通過以 7,880 萬元整(含稅)決標執行。	計畫申請
107.02.12	赴局進行 108 綱要計畫審查前溝通,四組劉組長希冀 NML 移撥 36,000 千元(至多)額度予游離領域購置設備,109 年游離歸還額度。NML 下修 108 綱要預算提報 320,490 千元送委員審查。	計畫管理
107.03.02	主管機關通知科技會報辦公室函 108 年度延續性計畫經費編列原則,以 107 年賴揆上任前預算(280,428k) 提出,並要求商借 35,000 千元額度借予游離領域,經 3/5 與核能研究所討論,108 年借予 1,500 千元額度,因此 108 綱要經費下修 265,428 千元提出申請。	計畫管理
107.03.08	標準局經標四字第 10700018690 號函文通知,因立法院因立法院預算案審議結果統刪 3%,合約執行金額變更為 259,060 千元,3 月 8 日起生效。	計畫變更
107.03.09	108 年度綱要計畫暨 106 年績效報告主管機關(標準局)審查會議。	計畫管理
107.03.22	傅尉恩博士受中華民國計量工程學會邀請於學會第十一屆第三次會員大會會員大會,專題演講「百年一遇 NEW SI 質量新定義趨勢與挑戰」。	知識傳播
107.03.23	臺中市儀器商業同業公會趙永賀理事長暨理監事一行 20 人參訪。	來訪
107.03.23	辦理 NML「C13 質量法金屬離子元素供應驗證系統」系統查驗會議,通過查驗。	系統查驗

時 間	內 容	分 類
107.03.19 ~ 03.20	蕭俊豪博士等 3 人參加質量及相關量諮詢委員會流量工作小組 (CCM-WGFF)會議	國際會議
107.04.10	主管機關來文，請我方變更計畫書工作內容。 一、新增印尼流量技術人員來臺接受 4 項訓練課程(膜式氣量計 型式認證訓練、液體流量計校正、工業用瓦斯流量計校正 及家用水量計型式認證訓練)。二、有關協助辦理世界計量日研討會部分，請協助研討會與會外賓訪臺食宿、機票及在臺相關交通費用。	計畫變更
107.04.11	主管機關前來進行本年度第一次不定期稽核，2 項建議事項。	計畫管理
107.04.16 ~ 04.18	林采吟博士參加化學物量委員會氣體分析工作小組(CCQM-GAWG)會議。	國際會議
107.04.16 ~ 04.18	標準局前來進行 106 年度標準局委辦計畫會計查核作業。	計畫管理
107.04.30	標檢局新聞供稿二則—「國際計量發展趨勢研討會」邀請各界共襄盛舉、迎接 2018 年世界計量日_經濟部標準檢驗局舉辦「國際計量發展趨勢研討會」	知識傳播
107.04.30	中壢高中數理資優班師生一行 35 人參訪國家度量衡實驗室，認識國家量測標準與新 SI 單位定義。	來訪
107.05.03	彰化師大工教系師生一行 41 人參訪國家度量衡標準實驗室，認識國家量測標準。	來訪
107.05	NML 文物典藏計畫—科工館辦理 520 科普教育活動 (5/6、5/13、5/20、5/27 共四天 8 場)	知識傳播
107.05.21	慶祝 2018 年世界計量日，標準檢驗局假臺北國際會議中心舉辦「2018 年世界計量日—國際計量發展趨勢研討會」。	知識傳播
107.05.24	SI 新標準申請 107 第二預備金一案，申請金額為 260,655 千元(經常門 34,048 千元，資本門 226,607 千元其中 19,152 千元為房屋及建築費用)，5/24 行政院主計總處暨標準局陳副局長等一行 8 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解 SI 新標準與二備金規劃應用情形，參觀質量、電流、物量等實驗室建置狀況。	計畫管理
107.05.25 ~ 05.29	參加台中國際展覽館之 2018 台中自動化機械暨智慧製造展—以標準檢驗局名義展出 NML 核心業務及智慧機械迴轉工作台幾何誤差檢測系統實機。	知識傳播

時 間	內 容	分 類
107.05.31	工研量字第 1070009836 號函送新建之「靜態重力法無機元素供應驗正系統(C13)」對外服務案，獲局 107 年 6 月 8 日經標四字第 10700053340 號同意規費修正公佈施行後，開放服務。	系統查驗
107.06.09 ~ 06.17	傅尉恩組長參加國際度量衡局(BIPM)長度諮詢委員(CCL)會議及工作小組會議。	國際會議
107.06.14	標準局以經標四字 10700558840 號函，復文同意 107 年 6 月 4 日工研量字第 1070009836 號函申請「旋轉式黏度計校正系統(C01)」及「固體密度量測系統(M05)」退庫，俟規費收費標準修正公布後，停止對外提供服務。	系統退庫
107.06.26	NML 辦理內部稽核。	計畫管理
107.06.28	捷克西波希米亞大學副校長 Prof. Tomas Kaiser 一行 3 人參訪國家度量衡標準實驗室，進行技術交流。	來訪
107.06.28	因建置國際單位製 SI 新計量標準，原列預算不敷支應，行政院 107 年 6 月 28 日院授主預經字第 1070101515 號函，同意動支 107 年度中央政府總預算第二預備金 260,655 千元。於 107 年 7 月完成計畫變更，以新增第五分項_SI 新標準系統建置分項，執行部分新質量、新溫度、新電流、新物質量標準計量技術。	計畫申請
107.06.29	因應國際基本單位 SI 新標準發展，完整執行 SI 新計量標準建置，另申請 107 年度科發基金計畫，獲通過以 90,994 千元執行(經常門 15,494 千元，資本門 75,500 千元)。	計畫申請
107.07.01 ~ 07.06	吳貴能君參加光度與光輻射諮詢委員會工作小組(CCPR WG)會議。	國際會議
107.07.02 ~ 07.07	藍玉屏組長以 APMP 執行委員身分，黃宇中經理以 TCAUV 委員會主席身分出席 2018 亞太計量組織年中會議及相關活動。	國際會議
107.07.02 ~07.05	越南國家計量院(Vietnam Metrology Institute, VMI)派員至 NML，NML 完成 5 人次電量領域之量測技術進階訓練。	國際合作
107.07.22 ~ 07.26	吳貴能君受邀至日本 NMIJ 光量實驗室同儕評鑑之技術評審。	受邀評鑑
107.07.23	氣象局辦理大學生暑期研習營一行 19 人參訪流量實驗室。	來訪
107.07.30	氣象局辦理大學生暑期研習營一行 20 人參訪流量實驗室。	來訪
107.07.30 ~ 08.03	涂聰賢室主任受邀擔任印尼 RCM-LIPI 振動實驗室同儕評鑑之技術評審。	受邀評鑑

時 間	內 容	分 類
107.07.31	計畫下委託執行之度量衡文物典藏計畫，由標準局與科工館進行「度量衡文物典藏宣導合作備忘錄」簽約典禮暨度量衡文物典藏成果展。	知識傳播
107.08.15 ~ 09.07	越南國家計量院(Vietnam Metrology Institute, VMI)派員至 NML，NML 完成 3 人次振動領域之量測技術訓練。	國際合作
107.08.27 ~ 08.31	黃宇中經理受邀至日本 NMIJ 振動實驗室擔任同儕評鑑之技術評審。	受邀評鑑
107.09.05 ~ 09.08	陳生瑞博士以 APMP TCM 主席身分出席並主持 APMP 醫學計量焦點工作組之焦點工作組促進合作計畫(FGI)計畫起動會議，討論 FGI 計畫之執行草案與未來規劃。	國際會議
107.09.18	依據 106 年主計財務查核建議事項，辦理專利權終止維護建議清單，107 年 9 月 18 日經標四字第 10700586450 號同意停止 20 件專利維護權，避免專利維護支出過高。	專利權終止維護
107.09.23 ~ 09.26	傅尉恩組長應泰國 Nanotech 及 NIMT 邀請，參加 "High Quality Measurement for Advanced Manufacturing" Workshop，講題為「產品品質發展之量測與標準」。	受邀演講
107.10.02 ~ 10.04	林采吟室主任參加化學物量委員會無機分析工作小組(CCQM-IAWG)會議。	國際會議
107.10.03	NML 結合工研院產科國際所(ISTI)、中央大學機械工程學系、EASY-LASER 台灣分公司、東培公司、工研院量測中心等產、學、研專題演講與實物展覽等方式，於新竹辦理 2018 精密機械計量技術與應用研討會，推廣計量技術可協助產業解決哪些問題、對產業之助益。	知識傳播
107.10.06 ~ 10.14	楊正財副組長參加第 53 屆國際法定計量委員會議及相關會議。	國際會議
107.10.08	主管機關前來進行本年度第二次不定期稽核。	計畫管理
107.10.13 ~ 11.18	林采吟博士赴荷蘭 VSL 進行「微量濃度標準參考物質(溫室氣體)配製與驗證」及德國 PTB 進行「同位素比例量測標準技術」合作研究。	合作研究
107.10.24	PTB 院長 Joachim H. Ullrich 及組長 Frank Haertig 來訪，NML 辦理「新公斤定義—矽晶球交接記者會暨技術交流研討會」。	來訪
107.10.29	傅尉恩組長獲新竹市企業經理協進會 2018 年研發管理類新竹區傑出經理獎。	獲獎
107.10.29	中山醫學大學醫學檢驗暨生物技術學系師生一行 16 人參訪國家度量衡標	來訪

時 間	內 容	分 類
	準實驗室，認識國家度量衡標準。	
107.10.29	於馬蘭國小，舉辦理「行動實驗站補助偏遠地區學校科學學習計畫」透過教案設計及度量衡探索箱教具的操作，推廣偏鄉科普教育。	知識傳播
107.10.30 ~ 11.18	劉益宏君赴德國 PTB 進行「同位素比例量測標準技術」合作研究。	合作研究
107.11.10 ~ 11.18	標準局陳副局長、林增耀主任、藍玉屏、姚斌誠博士等參加第 26 屆國際度量衡大會(CGPM)及相關活動。	國際會議
107.11.12 ~ 11.16	蔡淑妃君受邀至日本 NMIJ 溫度實驗室擔任同儕評鑑之技術評審。	受邀評鑑
107.11.23 ~ 12.22	蔡淑妃、徐瑋宏君赴法國、義大利及英國國家標準實驗室，進行聲學氣體溫度計聲學/熱力學溫度量測等技術之合作研究。	合作研究
107.11.20 ~12.01	林增耀主任率相關主管及資深同仁共 15 人前往參加於新加坡舉辦之 2018 年亞太計量組織會員大會暨技術研討會，除於各領域報告我國實驗室現況外並進行領域技術交流及國際事務討論。	國際會議
107.11.28	前國家度量衡標準實驗室主任，現任工研院協理段家瑞，獲亞太計量組織各會員國提名推薦，經執行委員審查投票選出，獲頒「亞太計量成就獎」(APMP Award)，肯定他長期在亞太區計量領域的貢獻及成就。	獲獎
107.12.05 ~ 12.06	依據台印尼第 4 屆 JCTI 貿易工作小組會議決議，配合標準局講授「膜式氣量計型式認證技術規範及標準器追溯」及檢測設備操作觀摩。	國際合作
107.12.17	中山科學研究院系統維護中心潘家得主任一行 9 人來訪，討論該中心儀器送校及雙方加強合作等事宜。	來訪

肆、計畫變更說明

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
1	出國計畫變更	中華民國 106 年 12 月 28 日 工研量字第 1060024104 號	中華民國 107 年 1 月 8 日經標 四字第 10600634420 號
2	出國計畫變更	中華民國 107 年 4 月 27 日 工研量字第 1070007190 號	中華民國 107 年 5 月 7 日 經 標四字第 10700540350 號
3	出國計畫變更	中華民國 107 年 06 月 1 日 工研量字第 1070009743 號	中華民國 107 年 6 月 12 日 經 標四字第 10700556780 號
4	計畫經費變更	中華民國 107 年 9 月 10 日 工研量字第 1070016155 號	中華民國 107 年 9 月 10 日經 標四字第 10700591570 號
5	出國計畫已報備後，申 請報備變更	中華民國 107 年 9 月 28 日 工研量字第 1070017510 號	中華民國 10 月 12 日經標四字 第 10700600040 號
6	為建置符合國際單位 制新定義之計量原級 標準，申請計畫變更延 期及計畫變更	中華民國 107 年 11 月 2 日 工研量字第 1070020105 號	中華民國 107 年 11 月 6 日標 四字第 10700610510 號

註：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。

標檢局來函通知辦理契約書變更如下：

項次	標檢局來文依據	通知變更內容
1	中華民國 107 年 3 月 8 日 經標四字第 10700018690 號	因立法院刪減預算，爰請變更契約書內容。
2	中華民國 107 年 4 月 10 日 經標四字第 10740002090 號	推動臺印尼雙方度量衡領域合作，爰請新增印尼 流量技術人員來臺接受訓練課程及協助世界計 量日研討會與會外賓訪臺食宿、機票及在臺相關 交通費用。
3	中華民國 107 年 7 月 4 日 經標四字第 10740004130 號	依行政院 107 年 6 月 28 日院受主預經字第 1070101515 號函，同意二備金預算建置符合 SI 新定義計量標準系統，爰請變更契約書內容。

伍、成果說明

一、標準維持與國際等同分項

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，遵循我國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. 提供校正服務，維持國內檢校體系運轉與各產業產品品質之確保

為維持我國量測追溯體系之運轉(如圖 1-1-1)，年度共提供 4951 件校正服務，繳庫數約新台幣 49,459 千元，及免費提供標準局及各分局之校正需求共 178 件，校正金額 3,375 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驗驗證 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。

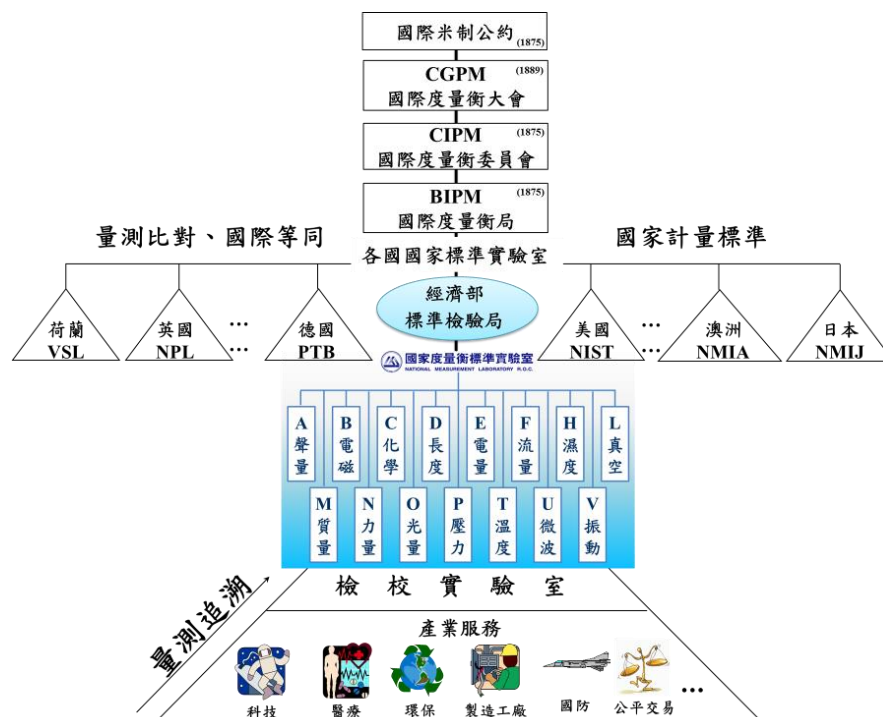


圖 1-1-1、我國量測追溯體系

(1) 服務領域及類型分析

前五大服務技術領域為電量、長度、流量、光量及聲量，所提供的服務佔NML年校正量67%，其中長度與電量屬於產業應用最廣的領域，佔NML年校正量的42%，長度領域提供各種製程尺寸與產品尺寸標準、衛星導航與道路里程或計程車里程計價之基準，電量標準則確保工業製造、學術研究、電力供應、交通運輸及國防等使用之電子儀器及電力設備準確性。流量主要配合中油體系完整追溯鏈與水、油及氣等公平交易佔9%；光量則是符合綠色產業需求佔9%；聲量則是資通訊產業與民生類之校正需求佔7%。

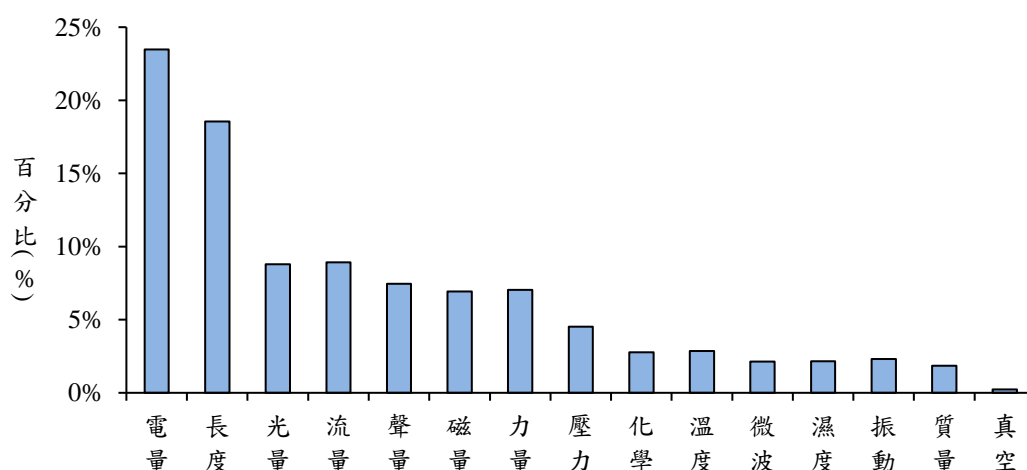


圖 1-1-2、NML 各領域校正服務百分比

NML服務產業分類項目如表1-1-1所示，年度服務產業分析如圖1-1-3。二級校正/測試實驗室與儀器製造或代理商的校正量佔52%左右，二級校正/測試實驗室除商業經營之實驗室外，亦包含研究機構及學術單位，如：工研院、國實院、紡研所、車測中心、成功大學、交通大學等，提供我國產業技術及學術研究發展所需之量測追溯，確保研發品質。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如環保署、內政部、交通部及標準局等。而二級校正/測試實驗室考量經濟效益不大或技術門檻較高未提供的部分，則由NML直接服務產業，以南O塑膠公司為例，公司內部研究發展中心檢驗處校正實驗室之標準法碼每年送NML校正，再由其往下傳遞滿足該企業國內300家以上之關係企業製造工廠在質量標準上的需求，建立關係企業內各廠量測的一致性，使其在研發、生產過程之質量值具追溯性，也作為工廠進料、驗收之準則，為公司品質把關並樹立良好形象。

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	儀器或製程設備商、代理商
其它	食品、紡織、國防、建材等

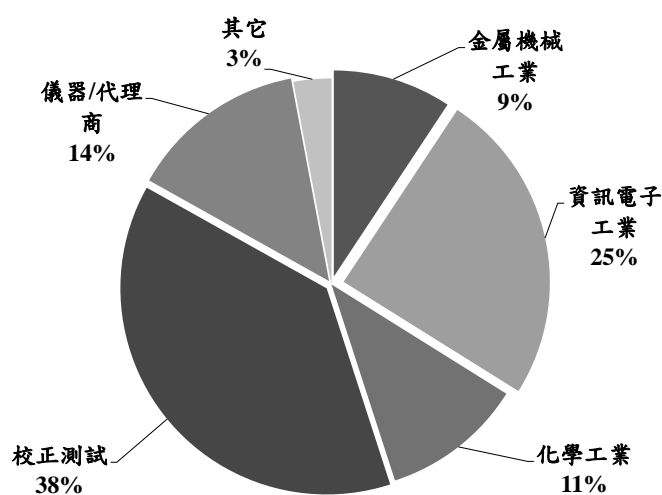


圖 1-1-3、NML 校正服務重點產業分佈圖

校正服務對我國產業/民生等效益與影響列舉如下：

- 政府機關公權力之支持

以主管機關標準局為例，NML 提供其年度執行法定度量衡器檢定、檢查等業務之標準件校正服務。確保政府每年進行三大年節衡器專案檢查，針對全國傳統市場、大型量販店、超級市場及觀光風景區等處所使用衡器之準確性，NML 協助政府維護我國交易公平環境，對提升攤商及商圈之商譽有正面幫助，亦讓民眾安心。

提供行政院環境保護署及各縣市環保局非游離輻射環境監測之量測標準追溯(行政院環境保護署公告，提供國內近 8 千筆的高頻及低頻環境監測數據)，以持續且有效的進行電磁波的環境監測，以消除民眾對於非游離輻射安全的疑慮；提供其噪音計量測追溯，確保噪音計量測之公正性，每年處理噪音陳情案件 7 萬多件，影響約 1000 萬人。提供環保署空氣品質監測網運作所需之量測追溯(網內累計近千部儀器需以標準濃度氣體進行確效)，作為民眾健康及空污防治之參考依據。

- 二級實驗室服務擴散

以國內大型檢校實驗室臺灣檢 O 科技為例，NML 提供其長度、電量、溫度及光量等量測追溯，再由其提供國內廠商檢校，間接擴散協助檢校產業之運行。我國檢校實驗室業者可直接由 NML 校正服務獲得實驗室品質所需之校正報告，無須支出較高校正費用，也節省國外送校時間。由於可直接於國內取得國際一致性之報告，透過市場競爭及全國認證基金會(TAF)認可機制的推行，我國檢校產業可自主運作，避免部分業者為節省成本，以他國二級實驗室報告充數，使我國檢校體系淪為三流實驗室。

- 產業服務擴散

- (a) 製造業

以我國前十大製造廠商為例如表 1-1-2 (資料來源天下雜誌 2018 年兩千大調查結果，網址：<https://web.cw.com.tw/static/cw2000database/2018/index.html>)，NML 今年度共提供這 10 家廠商 300 件校正服務，確保其生產製造之品質保證，在地提供具國際等同效力之報告，以符合國際規範要求，維持國際競爭力。

表 1-1-2、我國前十大製造廠商

2017 排名	公司名稱	2017 營業收入(億元)
1	鴻海精密工業	47067.36
2	和碩聯合科技	11938.09
3	廣達電腦	10211.83
4	台灣積體電路製造	9774.47
5	台灣中油	8966.42
6	仁寶電腦工業	8876.57
7	緯創資通	8360.81
8	台塑石化	6241.08
9	英業達	4675.12
10	統一企業	3998.61

- (b) 精密儀器設備商/工具機製造商

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，為公司以及其所銷售至各機電產業的產品品質把關。

永○機械工業股份有限公司為國內工具機產品製造公司，該公司以「品質、技術、服務、交期」為核心價值，提供客戶優質產品、快速服務及準確交期。擁有完備的研發團隊，秉持「追求最佳，永無止進」的經營理念，不斷提升「自製率」，目前已領先臺灣其他工具機廠，成功開發出五軸頭及自製分度盤。並在全球 40 多個國家擁有 50 個據點。NML 提供直角度、垂直度之校正追溯(D06~D09)，藉由直角度之追溯與傳遞，協助該公司確認工具機製造組裝中各軸間之垂直度，使其得以製造出合乎準確度高的產品，使其產品都能符合客戶之要求，提升公司整體競爭力。

固○電子公司專營電子測試儀器且是台灣創立最早、最具規模之專業電子測試儀器製造大廠，以自有品牌行銷全球。目前已成為全球中階測試儀器之領導廠商，更是台灣綜合測試儀器的龍頭。該公司為了符合 ISO/IEC 17025 國際規範對品質與技術系統要求，以及提高其對新產品檢測時之量測準確度與公信力，需擴充其電量校正實驗室的校正範圍，並建立電量遊校技術與服務能量，以提升其中高階產品製造能力及國內外產品競爭性。NML 以專業校正技術及品質管理經驗，提供電量標準校正與追溯能量，確保該公司校正實驗室標準儀器之量測準確性，藉此提升其電子測試儀器等相關產品的信賴度與外銷競爭力，並促使該公司產品全球市佔率由 2.5 % 提升至 7.5 %。

- 民生服務擴散

- (a) 水資源計量管理

水錶計量為台北自來水事業處(北水處)的售水營收依據，水錶準確性及計量運轉特性直接影響營收，對計算售水率與無費水量(Non-Revenue Water, NRW)具有直接和重大影響性。依據檢定檢查技術規範規定，水錶的使用年限為 8 年，並須依法進行檢查，每年新裝/汰換水錶約有 100 萬只，採購金額達 8 億元。透過 NML 提供水流量標準追溯，北水處得以自主完成新購水錶驗收之抽驗工作，同時對已安裝使用水錶的抽驗或是異常計費水錶進行拆回檢驗工作，提升試驗之準確度與公正性，維護民生消費權益，有效進行用水管理。

- (b) 食品安全

近年來隨著塑化劑、毒澱粉及澳洲草莓毒針等國內外食品安全事件的陸續爆發，食品安全已成為民眾高度關注的議題。食物除了本身可能含有殘留的化學物質外，在機械化的製程以及輸送過程中，也有可能摻入鐵屑雜質，造成食安問題，尤其是粉末狀的食材產品。因此如何避免摻雜鐵屑為各大食品廠如統○、味○、泰○、可○樂、○津、天○茶業、台○糖業及葡○○生技等業者對其產品安全控管的重要課題之一。各業者在製程中使用強力磁鐵吸取於麵粉、糖、茶葉及咖啡等食品製程中所可能掉落摻雜之金屬屑，以保障其食品品質。定期將其查核強力磁鐵磁力的高

斯計送至 NML 的核磁共振磁通密度量測系統進行校正，確保其製程的可靠性，進而保障產品安全及維護商譽，影響產值達千億元。

(c) 天然氣公平交易

天然氣交易過程中所使用之流量與成分分析兩計量設備影響交易之公平性，在成分分析計量部分，NML 提供標準氣體驗證服務，協助中 O 公司全台共 15 座配氣站 20 台線上熱值分析儀，完成準確度確認且可追溯至國家標準校正用標準氣體濃度驗證工作，維持天然氣輸氣與供應所使用之熱值分析儀的量測準確度；提供中 O 公司 8 個天然氣配氣站共 17 條計量線之超音波流量計、溫度計及壓力計校正與追溯，確保其與國內民營與國營燃氣各發電廠年度交易之公平性與客觀性。

(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125份，協助廠商拓展國際市場。

➤ 提供國外實驗室或公司國際認可之英文報告

(a) 越南計量研究所(Vietnam Metrology Institute, VMI)為越南國家標準實驗室，NML 提供之國際認可英文校正報告，協助該實驗室對其新購之高準確度流量計完成性能確認，確保流量計使用於該國流量標準之準確度。

(b) UL Japan及TUV Rheinland Japan，為提供日本客戶安規、產品測試等服務之公司。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，以符合國外客戶之需求。

➤ 直接提供國內產業具國際認可之英文報告

- 台O電子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。

- 和O聯合科技股份有限公司以強大的設計實力與經驗，在電子代工產業獨樹一格，產品組合涵蓋了電腦設備：筆記型電腦、桌上型電腦及主機板；消費性電子產品：平板電腦、遊戲機、液晶電視及多媒體播放器；通訊產品：智慧型手機、寬頻及網路通訊產品。產品銷售需經過完整的檢測流程，由於該公司在全球各地包括亞洲、歐洲及美洲皆設有製造及服務中心，NML提供儀器設備之英文校正報告，可以滿足國外客戶的需求，達到最完善的全球化服務。

- 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。

- 尚O光電為設計及生產精密光感測器及光量量測元件之製造商，並協助客戶光學與電子之產品研發開發，因為國外客戶需要第三公正單位之校正報告，藉由NML所提之英文校正報告，有助於產品拓展國際市場。
- 祥O電機股份有限公司為專業製造各項電力系統量測儀器及各種控制設備產品企業公司，從事系統產品製造與銷售，統一市場管理及資訊管理，並代理世界名牌產品，同時也從事研發市場趨勢性產品，業務範圍從國內延伸至海外市場，如亞太地區、美洲及歐洲市場。藉由NML所提之英文校正報告，有助於產品行銷於國際市場。
- 衡O醫療器材股份有限公司主要產品系列包括血糖監測系統和額頭紅外測溫儀，銷售到美國、德國、英國、中東和中國大陸等全球市場，藉由NML所提之英文校正報告，有助於產品行銷於國際市場。
- 熱O光電股份有限公司主要產品為醫療用紅外線耳溫槍/額溫槍、非接觸式紅外線測溫儀及二氧化碳偵測儀等，產品銷售歐美等國家，藉由NML所提之英文校正報告，有助於產品行銷於國際市場。
- 瑞O科技股份有限公司為國內風扇性能測試技術領先廠商，其產品主要為風扇性能測試檢定系統，此系統行銷全世界，因為國外廠商需要第三公正單位的校正報告，所以由NML提供英文校正報告，協助產品性能獲得肯定，以拓展海外市場
- 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。
- 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。
- 和O機械為專業的通風設備製造商，並以創新及品質著稱於業界，以經濟及可靠度優良立足於市場，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。

- 台灣防O科技股份有限公司主要產品為防潮箱，其商品外銷新加坡、美國及俄羅斯等各國。透過國家標準實驗室所提供之英文校正報告之溫濕度計進行防潮箱的測試，如此方可提供國際客戶所需之依據，利於產品之銷售。
- 中O鋼鐵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。
- 擘O科技橡膠檢測儀器公司，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，將有助於經營外商客戶及申請國際相關認證。
- 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。
- 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。
- 台灣國際O船擁有一貫的造船生產線，主要業務為船舶、艦艇的建造，因行銷市場遍及全球五大洲，該公司於船舶、艦艇建造完成後需量測船艙的噪音，其使用儀器定期送NML校正，NML出具之國際認可英文校正報告，可提供外籍客戶確認船艙噪音量測的正確性，有利於該公司船舶的行銷。
- 康O船務代理有限公司(Cs Durable c/o TE SubCom)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。
- 豐O科技股份有限公司主要營業項目為製造航太與高階工業用的扣件產品，在2001年與2003年通過美國飛機引擎製造廠商奇異(GE)公司與歐洲Safran集團的Snecma公

司的認證，成為亞太地區唯一被認證合格的航太發動機扣件製造公司，之後陸續獲得國內外知名大廠納入其供應鏈，如：AVIO、AVIALL、IHI、SAMSUNG、EATON、FAURECIA、INFASTECH等。NML所提供國際認可之英文校正報告，可以滿足國外客戶的需求，也確保該公司持續符合航太品質系統標準，獲得國際訂單。

- 晟O科技工業股份有限公司為南台灣主要精密機械零件加工製造廠，後跨足航太關鍵零組件製造廠，主要產品為引擎零件，其餘還包括起落架、致動器等安全係數要求較高的零件，下游應用遍及航太工業、食品機械產業及一般工業等三大領域。年營收近9億元，航太營收比重約7到8成。國內最大訂單來自漢O公司，其餘航太客戶包括日本及美國等。NML所提供國際認可之英文校正報告，可以滿足國外客戶的需求，也確保該公司持續符合航太品質系統標準，獲得國際訂單。

2. 計量技術知識擴散，培育國內計量人才

(1) 配合度量衡文物數位典藏，辦理3場次度量衡科普教育活動

a. 辦理「520世界計量日」度量衡科普教育推廣活動

為配合520世界計量日，讓社會大眾了解「520世界計量日」的由來，以推廣度量衡科普教育，假國立科學工藝博物館舉辦「520世界計量日度量衡科學知識推廣活動」，於5/6、5/13、5/20、5/27日四個周日之上下、午共舉辦八個梯次，計有3914人參加。本活動以105年度計畫所開發完成之「度量衡教學探索箱」等教具，規劃設計互動式體驗教學，搭配館方所蒐藏的度量衡文物展式，從米制公約的制訂到現今全球通用的SI單位，逐步引導參觀者認識度量衡的演進。透過度量衡文物及探索箱的操作體驗了解度量衡於生活中的應用、認識SI基本單位及度量衡標準的發展，並學習單位換算及實際利用儀器進行量測操作。本活動利用五月的四個周日進行，以增加民眾及學生的參與機會。

活動內容除度量衡探索箱的手動體驗外，並透過闖關互動遊戲、學習單問答加強參觀者的認知。「520世界計量日」度量衡科學推廣活動內容含四個主題單元：

- 「長度」探索箱-主題「度長絜大」：透過認識公尺文物，了解公制「公尺」的由來，長度如何被定義及量測。透過手動操作了解不同度器的適用範圍，並學會單位換算概念，使用不同度器量測物品，並記錄、比較量測結果。
- 「容量」探索箱-主題「容量的量測與檢定」：讓參與者操作加油機教具，並了解計量檢定與校正的重要，透過加油機教具的操作，理解度量衡器需適時校正及定期檢定的重要。
- 「重量」探索箱-主題「秤心如意」：認識不同秤重原理的衡器。了解「力與形變」和「槓桿原理」，讓同學實際操作各種衡器。學會使用不同的衡器（天平、彈簧秤、桿秤、電子秤），並且了解其分別屬於哪種秤重科學原理。

iv.文物展示：現場展示公尺副原器、公斤原器、新莽嘉量、標準量桶等度量衡文物並由導覽志工解說。



圖 1-1-4、520 世界計量日 SI 單位教育推廣活動

b. 辦理「度量衡偏鄉扎根活動」

為深耕與推廣度量衡科學知識，以活潑有趣的方式寓教於樂推廣度量衡相關政策與知識，縮短城鄉學校教育差距，於6月26日假國立科學工藝博物館舉辦「度量衡偏鄉扎根活動」，安排南部地區保東國小及深坑國小偏鄉學校70人到科工館進行參訪活動，以闖關活動模式體驗學習，除了參觀所典藏的度量衡科學文物、學習度量衡基礎科學知識、體驗「度量衡探索箱」關卡和參與度量衡遊戲，學生可透過此次活動接觸度量衡科學知識、體驗生活中的度量衡器具和瞭解與生活息息相關之計量，培養偏鄉學童對度量衡文物和科學知識的興趣。



圖 1-1-5、度量衡偏鄉扎根活動

c. 辦理「偏鄉科普教育實地推廣」

辦理「行動實驗站補助偏遠地區學校科學學習計畫」於台東縣學校關山國小及馬蘭國小設置行動實驗站，利用所開發之度量衡探索箱教具及特別設計的教案，分別於二校接力設置行動實驗站，讓台東縣內附近學校可就近安排學生參與度量衡科普教育活動，從寓教於樂的互動教案中，實際操作與學習度量衡相關知識與生活應用。



圖 1-1-6、偏鄉科普教育實地推廣

(2) 辦理520世界計量日-「國際計量發展趨勢研討會」1場次

配合520世界計量日及國際度量衡局(BIPM)今年發佈之主題—「國際單位制的進化以常數為基本單位定義的基礎」，協助標準局於5/21日在台北國際會議中心舉辦「國際計量發展趨勢研討會」，活動邀請到美國國家標準與科學研究院(NIST)的榮譽科學家吳文立博士針對半導體計量之現況與挑戰；及國內產業代表—國際半導體產業協會(SEMI)台灣區總裁曹世綸就半導體如何針對新標準定義所需的因應作法，擔任專題演講。

標準局劉明忠局長於開幕典禮上表示，2018年對計量領域而言，無疑是百年一遇的大挑戰。國際單位制涵蓋長度、質量、時間、電流、溫度、物量及光強度七個基本單位，它是人類社會運行的重要骨幹，從日常生活至尖端科技，幾乎沒有任何事不與SI緊緊相連。2018年即將面臨的變革，七個基本單位中即有公斤、安培、克耳文和莫耳四個基本單位將重新定義。以質量的單位「公斤」為例，目前定義1公斤的標準是質量1公斤的「鉑銱公斤原器」，這是自1889年所定義的標準，至今已歷經130年。然而公斤原器在130年內出現了50微克的改變，因此國際度量衡委員會自2004年即啟動質量新定義的研究，發展利用更穩定的量子力學常數-普朗克常數 h 來重新定義質量單位「公斤」，於今年底之

第26屆國際度量衡大會中通過SI基本單位的新定義，自2019年5月20日起正式施行。為確保我國質量標準追溯不受新定義實施的影響，NML在標準局的支持下，已積極進行新公斤質量量測系統之建置。

藉由舉行「國際計量發展趨勢研討會」，讓民眾瞭解國際單位制即將面臨的演變，而唯有在國家度量衡標準的品質基礎上盡早配合國際脈動，紮下穩固的根基，才能在新定義正式上路時準備好，讓大眾可以安安定定的面對基礎環境的變化。換言之，國家度量衡標準的預先投入，建構新定義的配套設備與技術，才不致影響到國家經貿、科技發展、民生福祉等。本次研討會加強業界、使用者、實驗室及社會大眾等對計量領域之交流，並建立良好互動管道，使我國在計量發展上，能達成促進產業發展、滿足民生需求的目標。



圖 1-1-7、520 世界計量日貴賓合照

(3) 辦理技術訓練課程及推廣活動

完成辦理電量、長度、力量及品質等相關收費課程，共13場次，170家、302人次參加(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。另辦理智慧機械相關技術推廣活動2場及1場參展，茲就3場技術推廣活動說明如下：

a. 辦理「奈米粒子量測標準暨化學量測不確定度研討會」

隨著超大型積體電路不斷地發展，製程試劑不純物污染會影響元件而導致良率下降，為了降低缺陷且達到一定的良率，嚴格的監控污染來源成為必要手段。以單一成分而言，數十奈米的粒子質量約為 10^{-16} 至 10^{-17} 克重，參考現今分析方法之偵測極限約在pg/g (ppt)區間，則每毫升的化學品中可能含有萬顆以上的奈米粒子。如何提升偵測極限至fg/g (ppq)，建立原物料中奈米粒子不純物之量測技術，將是未來大眾關注的焦點。

有鑑於粒子量測標準及不確定度與產業的密切相關，於10/2日辦理「奈米粒子量測標準暨化學量測不確定度」研討會，由日本國家計量研究院(NMIJ)及我國產業專家與NML技術專家進行技術專題演講，邀請國內產業與技術開發業者與會，以促進國內半導體相關產業、二級及其他相關檢測實驗室對於分析技術及不確定度的概念提升，並推廣NML化學領域相關技術發展現況。



圖 1-1-8、奈米粒子量測標準暨化學量測不確定度研討會

b. 辦理「2018精密機械計量技術與應用研討會」

近年來，台灣精密機械產業在德國、美國、日本、韓國以及大陸的競爭壓力下，已朝向高精度、高效率、高可靠度與多工複合化等方向發展，如航太產業發展高值化航太級加工設備與應用，提升產品的附加價值；且在不斷追求產品高值化的同時，更需要重視研發能量累積與計量技術。然而，計量技術並非只能落實在產品生產後端，若能在前期設計階段即導入，除可減少資源浪費，更可提升產品的一致性與可靠度，有助於國內工具機智慧化以及品質與性價比提升。

本研討會係以精密機械產業做為著眼點，減少學用落差以及落實產業應用等面向，透過產、學、研三方專題演講與實物展覽等方式，讓與會者更加了解計量技術可以給予產業何種協助、帶來何種效益、以及協助產業解決問題。



圖 1-1-9、2018 精密機械計量技術與應用研討會

c. 參展「2018台中自動化機械暨智慧製造展」

5/25 ~ 5/29日參加於臺中國際展覽館辦理之「2018台中自動化機械暨智慧製造展」，展出國家度量衡標準實驗室開發之「智慧機械迴轉工作台幾何誤差檢測系統」，以推廣NML於智慧機械領域之研發成果。



圖 1-1-10、2018 台中自動化機械暨智慧製造展參展

(4) 訪客業務交流接待

本年度訪客交流接待：日本產業技術總合研究所(AIST)、泰國國家食品研究院(NFI)、臺中市儀器商業同業公會、國立體育大學、彰化師大工教系師生、行政院主計總處、捷克西波西米亞大學、氣象局大學生暑期研習營、精密機械研究發展中心及氣象局等17批共278人次，藉以推廣及交流國家度量衡標準實驗室業務，建立良性互動關係。

為國家深耕培育優秀科技人才，辦理1場「頂尖計量人才培育」參訪，及支援相關單位辦理之校外教學或暑期營，藉由參訪NML活動，提升其對國家度量衡標準實驗室的認識、激發學生未來在計量科學領域之發展興趣及引導學生擴大科學知識的國際視野。內容除介紹本實驗室的基本任務外，特別介紹最新的國際計量趨勢，即國際單位制SI即將重新定義，各國為因應此一改變而展開的科技競賽等，擴展莘莘學子的科學知識及國際視野。針對此一目標，完成參訪活動辦理包括：

a. 頂尖計量人才培育-中壢高中數理資優班

邀請中壢高中李世懿老師帶領35位學生數理資優班學生於4/30日參訪NML，除認識國家度量衡標準實驗室所執行之國家計量標準維持及量測技術開發之任務外，並介紹國際基本單位制，以及未來SI新定義之發展趨勢及計量標準於產業之應用等。透過數理資優生在數理上的優異表現，了解物理常數在SI新定義之關鍵應用與國際發展趨勢，激發學生未來在計量科學領域之發展興趣，為國家培養優秀科技人才。



圖 1-1-11、中壢高中數理資優生參訪

b. 中山醫學大學

由於參訪學生屬醫檢或生醫學系，為使其能對醫學相關計量標準有基本的認知，10/29日參訪安排與醫療體系相關之溯源系統進行介紹，活動內容包含「度量衡歷史沿革介紹」、「血鉛含量量測簡介」以及「耳溫計的校正與使用」，與參訪學生進行互動式教學。透過這些課程講授，除可推廣NML校正業務外，亦可廣宣醫療器材校正與計量追溯的重要性。



圖 1-1-12、中山醫大參訪狀況

c. 氣象局暑期大學生研習營

與氣象局進行跨單位合作，共同培育大氣物理、海洋及太空等氣象科技領域之研究人才，特過暑期大學生研習營相關課程規劃，於NML進行風速量測、水量量測、日照標準等量測技術之學習，藉由實驗室參觀了解各項量測設備與關鍵技術之發展。



圖 1-1-13、氣象局暑期大學生研習營參訪狀況

3. 支援標準局(BSMI)及TAF活動辦理度量衡人員相關訓練活動

(1) 支援標準局業務

- 為提升國內計量技術人員之素質與能力，標準局自99年推行計量技術人員考試制度。計量技術人員考試依據屬性區分為甲級計量技術人員與乙級計量技術人員兩種，其考試內容包含法規、品質管理、計量知識以及量測不確定度等科目。NML參與107年度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」甲級題庫，共計12題；調整乙級題庫，共計17題。另亦協助講授「107年度計量講習課程」，共計2場。此外，為確保國內計量人員能夠充分吸收新知，且不受地理位置、學習時間之影響，建立數位訓練課程資料庫成為首要。本年度製作「溫度量測導論」、「百年一遇NEW SI質量新定義 趨勢與挑戰」與「電度量測導論」，共計3小時。

表 1-1-3、107 年度數位訓練課程 3 小時課程內容

課程名稱	課程章節
溫度量測導論	零、前言 一、什麼是熱 二、什麼是溫度 三、量測溫度 四、溫度計與溫標 五、溫度計之選用 六、量測與標準追溯 七、溫度計的量測範圍 八、課後評量

課程名稱	課程章節
百年一遇 NEW SI 質量新定義 趨勢與挑戰	零、前言 一、History of weight measurements 二、The kilogram- the last man-made artifact 三、New definitions for the kilogram 四、Realization: XRCD 五、Summary
電量量測導論	零、課程目標 一、常見電量儀器簡介 二、電量校正簡介 三、量測自動化簡介 四、相關學習



圖 1-1-14、數位課程畫面

(2) 支援TAF與推廣NML業務：為了廣宣NML計量標準，積極參與TAF工作小組，協助制訂實驗室管理相關規範，另外，NML亦可搭配TAF相關活動將量測標準傳遞至業界，因此如何與TAF相配合也是NML的一項重點工作，本年度NML與TAF共計合作完成以下工作。

- 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，主要任務是接受統計諮詢與確認中文翻譯內容。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。

(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)、世界貿易組織技術貿易障礙委員會(WTO Committee on Technical Barriers to Trade, WTO-TBT)、國際法定計量組織(OIML)、國際實驗室認證聯盟(ILAC)、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。

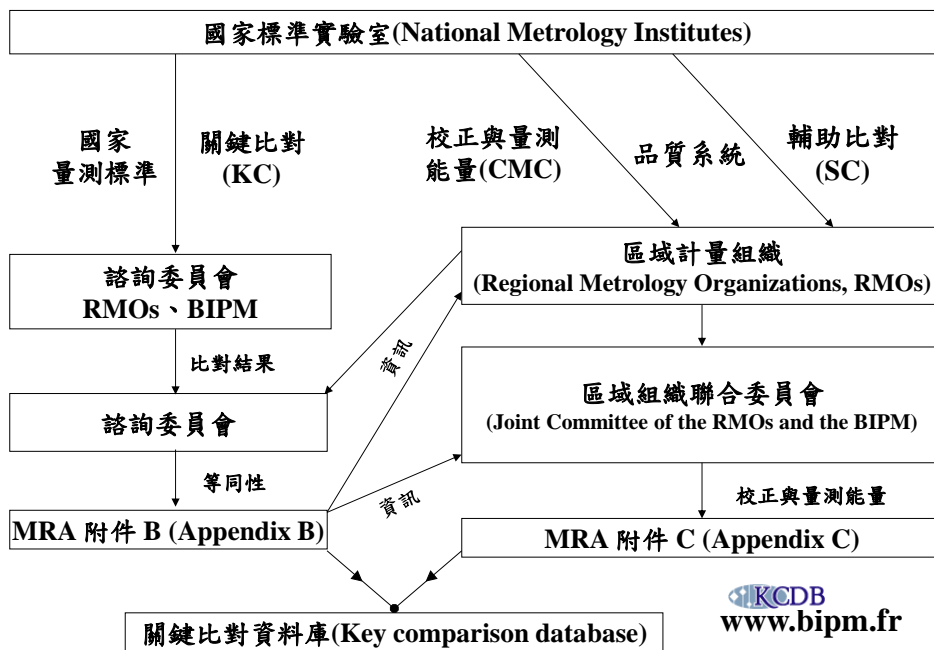


圖 1-2-1、全球相互認可機制架構

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292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。

本年度領域更新與擴增項目如下：

- (1) 流量領域完流量領域因分類原則改變，登錄能量不變，完成CMC登錄更新，自21項更新增至24項，2018年2月發佈於BIPM網頁。
- (2) 溫/濕度領域完成CMC 增項，自27項增至42項(白金電阻溫度計(SPRT)：8項、比較校正：3項、熱電偶：4項)，2018年4月發佈於BIPM網頁。

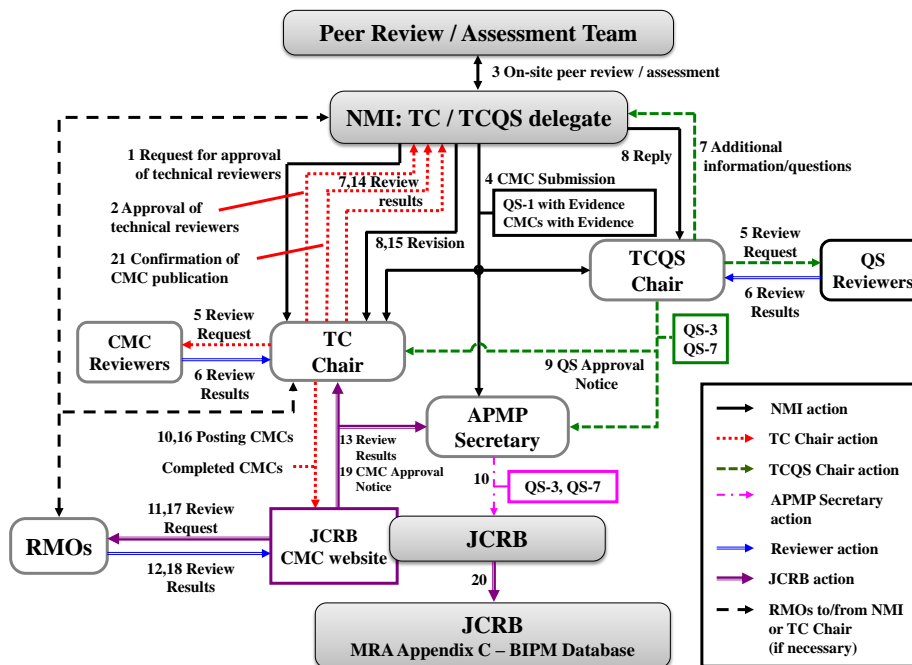


圖 1-2-2、APMP CMC 登錄流程

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
B	磁量	TCEM	CCEM	0
C	化學	TCQM	CCQM	7
D	長度	TCL	CCL	58
E	電量	TCEM	CCEM	48
F	流量	TCFF	CCM	24
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	40
V	振動	TCAUV	CCAUV	18
U	微波	TCEM	CCEM	1
合 計				292

2. 參與7項國際比對、主導2項國際比對及16項20件(組)國際追溯工作

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) (圖1-2-3)，。以AUV.A-K1麥克風國際比對為例(如圖1-2-4)，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109項，已完成76項，33項持續進行中，如表1-2-2。

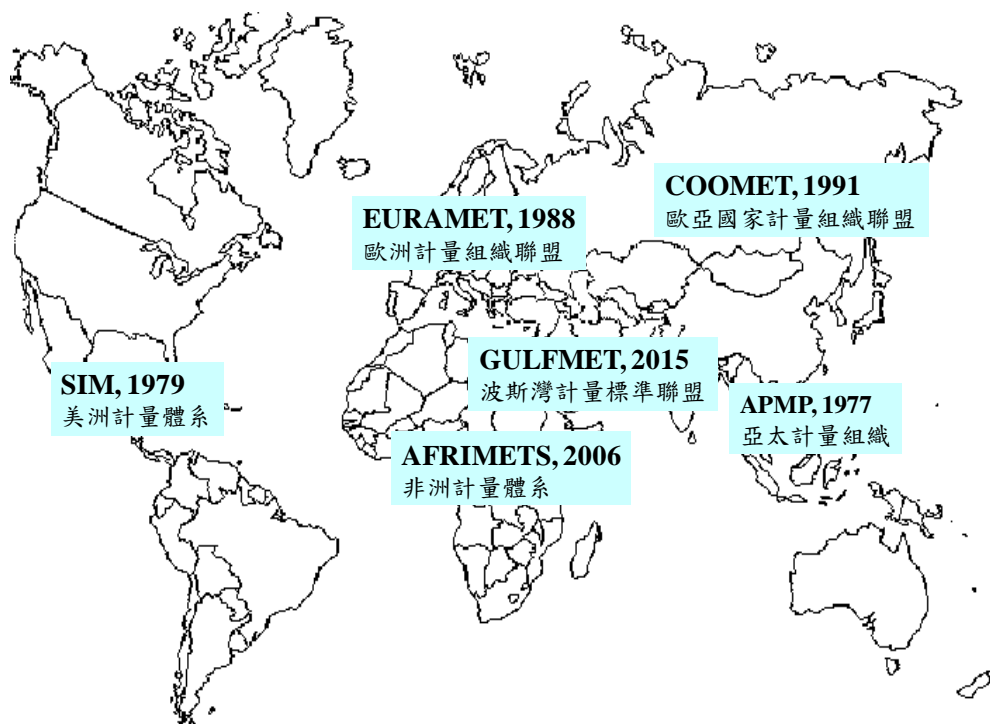


圖 1-2-3、全球區域計量組織

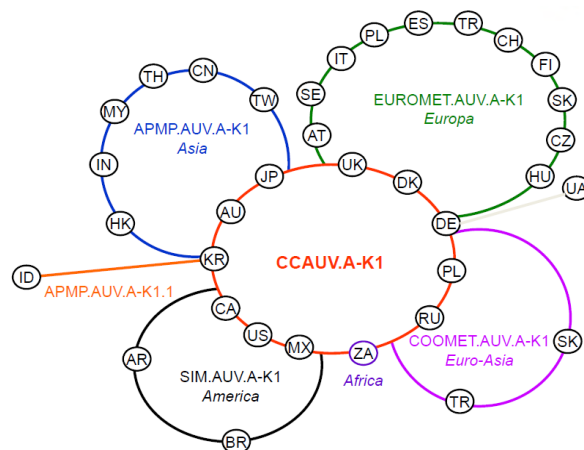


圖 1-2-4、國際比對架構圖(CCAUV.A-K1)

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)	6	1
電/磁 Electricity and Magnetism (EM)	13	3
長度 Length (L)	17	4
質量及相關量 Mass and related quantities (M)	17	11
光度和光輻射量 Photometry and Radiometry (PR)	7	5
物量 Amount of Substance (QM)	9	0
溫度 Thermometry (T)	7	9
合計	76	33

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。

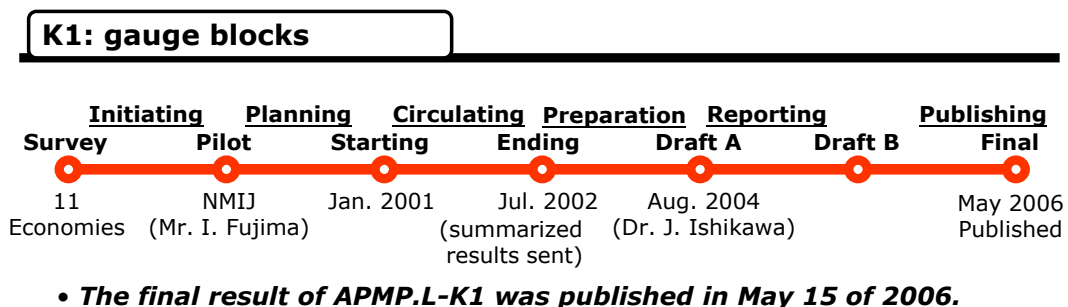


圖 1-2-5、國際比對流程(以 APMP.L-K1 為例)

(1) 參與7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，4項完成量測比對。

表 1-2-3、107 年度 NML 國際比對情形

比對項目	系統代碼	傳遞標準件 (Transfer Std.)	比對國家與機構	比對結果與說明
全光通量	O02	光通量標準燈	Key Comparison APMP.PR-K4	比對結果於 107.01 登錄於 BIPM 網站，並發表於 <i>Metrologia</i> , 2018, 55, <i>Tech. Suppl.</i> , 02001。
一氧化碳標準氣體	C08	100 $\mu\text{mol/mol}$ 一氧化碳/氮氣	Supplementary Comparison APMP.QM-S9	比對結果於 107.03 登錄於 BIPM 網站，並發表於 <i>Metrologia</i> , 2018, 55, <i>Tech. Suppl.</i> , 08007。
丙烷標準氣體	C08	1000 $\mu\text{mol/mol}$ 丙烷/氮氣	Key Comparison APMP.QM-K111	比對結果於 107.04 登錄於 BIPM 網站，並發表於 <i>Metrologia</i> , 2018, 55, <i>Tech. Suppl.</i> , 08008。
一氧化二氮標準氣體	C08	1000 $\mu\text{mol/mol}$ 一氧化二氮/氮氣	Supplementary Comparison APMP.QM-S13	NML 已於 107.04 完成量測，比對進行中。
耳溫計黑體標準	T01	黑體爐	Supplementary Comparison APMP.T-S15	NML 已於 107.04 完成量測，比對進行中。
維克氏硬度	N07	參考硬度片	Supplementary Comparison APMP.M.H-S6	NML 已於 107.08 完成量測，比對進行中。
絕對壓力	L01	電容式真空計	Key Comparison APMP.M.P-K4	NML 已於 107.09 完成量測，比對進行中。

3項正式登錄BIPM KCDB Appendix B之比對結果如下：

a. 一氧化碳標準氣體(APMP.QM-S9)國際比對

APMP.QM-S9國際比對是由韓國國家計量院(KRISS)所主辦，比對項目為100 $\mu\text{mol/mol}$ 一氧化碳/氮氣(CO in N₂)，參加此項比對的國家計有：韓國國家計量院(KRISS)、土耳其國家計量院(UME)、印度國家物理實驗室(NPLI)及臺灣(CMS/NML)等4個實驗室。圖1-2-6及表1-2-4為摘錄自該關鍵比對活動之總結報告，由圖表可知NML之量測結果與比對活動參考值(KCRV)間的差異(Δx)很小，且 E_n 值小於1，顯示NML與KCRV之間具有一致性。可提供國內空氣品質監測網、環檢產業一室內空氣品質管理法實施使用之分析儀或偵測器的校正追溯。

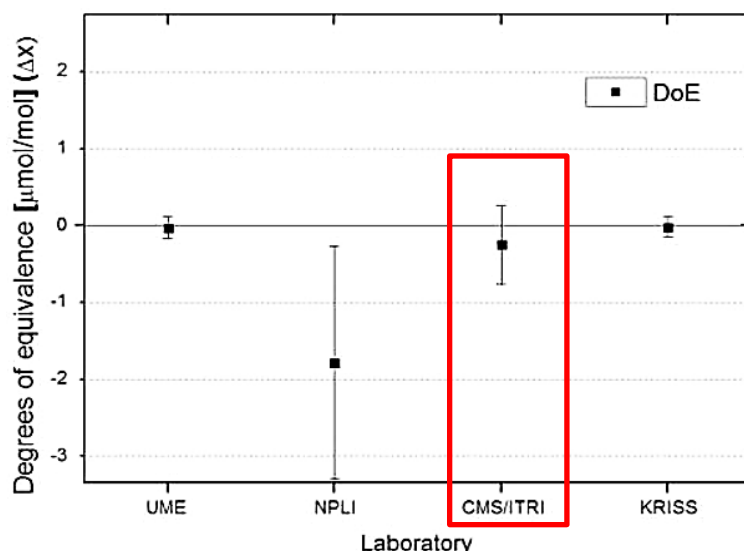


圖 1-2-6、NML 參與 APMP.QM-S9 國際比對結果圖(縱軸為國家標準與參考值的差異)

表 1-2-4、NML 參與 APMP.QM-S9 國際比對結果分析表

Lab.	Cylinder	X_{prep}	u_{prep}	x_{lab}	U_{lab}	k_{lab}	Δx	$U(\Delta x)$	k
				[μmol/mol]			[μmol/mol]		
UME	D015357	101.16	0.05	101.13	0.09	2	-0.03	0.14	2
NPLI	D015266	101.59	0.05	99.81	1.51	2	-1.78	1.51	2
CMS/ITRI	D015263	99.99	0.05	99.74	0.50	2	-0.25	0.51	2
KRISS	D015353	101.09	0.05	101.07	0.08	2	-0.02	0.13	2

b. 全光通量(APMP.PR-K4)國際比對

APMP.PR-K4比對項目為全光通量，單位為流明(lm)，NML系統代碼：O02，傳遞標準件為光通量標準燈(Luminous Standard Lamp)，共有9個國家標準實驗室參與量測比對，由中國計量研究院(NIM)主辦。摘錄全光通量的關鍵比對(Key Comparison)結果，由表1-2-5可知NML之國家標準量測結果接近此次亞太計量組織各參加會員國，多數國家與NIM比較均呈現比值大於1。圖1-2-7經加權計算連結至CCPR結果，NML的結果與CCPR相對差異僅為0.29，小於多數參加國的结果，顯示NML全光通量系統具國際等同性。全光通量比對為關鍵比對項目，為學界或業界相當普遍使用的光度量參數，特別是臺灣LED為生產大國，光源或燈具產品發光效率和光通量更是品質規格的重要依據，影響的層面包括學術界、光電產業(億光、隆達、尚澤、晶元、光寶科技等)、二級檢測和校正實驗室等領域。

表 1-2-5、NML 參與 APMP.PR-K4 國際比對結果分析表

Acronym	$u_{rel,k}$ (unit) %	$u_{rel,k}$ (homog.) %	u_{rel} (NIM) %	$u_{rel,k}$ (batch) %	Ratio m_k
CMS/NML	0.75	0.11	0.09	0.76	1.00520
NMISA	0.47	0.03	0.09	0.48	1.00164
KRISS	0.58	0.05	0.09	0.59	0.99229
NIM	0.24	0.04	0.09	0.26	1.00000
NIMT	0.52	0.01	0.09	0.53	1.00638
NMIJ/AIST	0.37	0.02	0.09	0.38	1.00503
NML-SIRIM	0.75	0.01	0.09	0.76	1.00627
NPLI	0.61	0.09	0.09	0.62	1.00746
NMC-A*STAR	0.46	0.02	0.09	0.47	0.99735

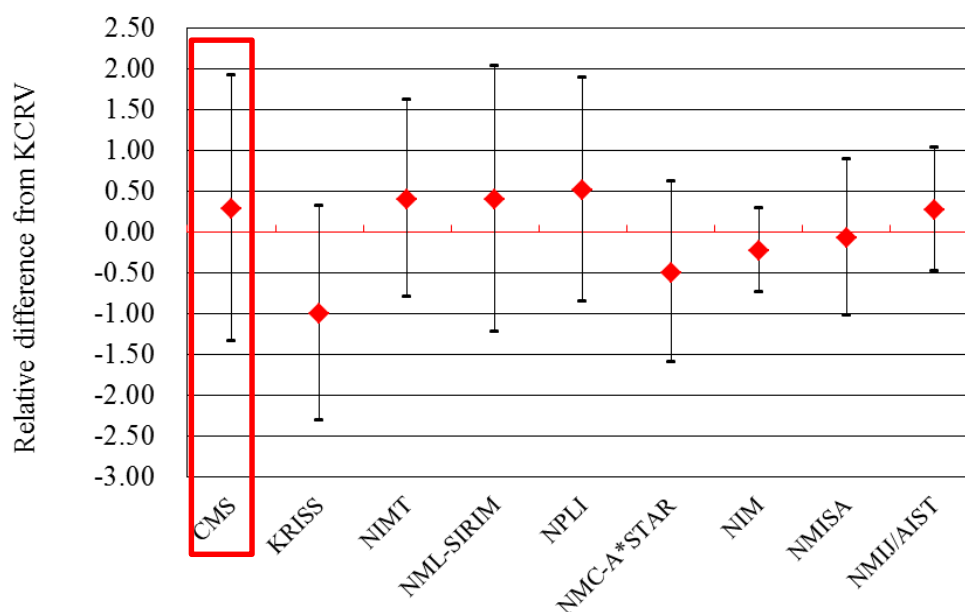


圖 1-2-7、NML 參與 APMP.PR-K4 國際比對結果圖(縱軸為國家標準與參考值的差異)

c. 丙烷標準氣體(APMP.QM-K111)國際比對

APMP.QM-K111國際比對是由日本化學物質評價研究機構(CERI)所主辦，比對項目為1000 $\mu\text{mol/mol}$ 丙烷/氮氣(C_3H_8 in N_2)，參加此項比對的國家除主辦單位CERI外，計有：中國計量研究院(NIM)、日本國家計量院(NMIJ)、泰國國家計量院(NIMT)、新加坡國家計量中心(NMC A*STAR)、韓國國家計量院(KRISS)、澳洲國家計量研究院(NMIA)、馬來西亞國家實驗室(NML SIRIM)及臺灣(CMS/NML)等9個實驗室。圖1-2-8及表1-2-6為摘錄自該關鍵比對活動之總結報告，由圖表可知NML之量測結果與比對

活動參考值(Key Comparison Reference Value, KCRV)間的差異(Δx)很小，且 E_n 值小於1，顯示NML與KCRV之間具有一致性。丙烷標準氣體可提供國內如臺灣中油、氣體公司(三福、錦德)、各工業廠工安部、環保署所需之氣體分析儀及偵測器校正追溯。

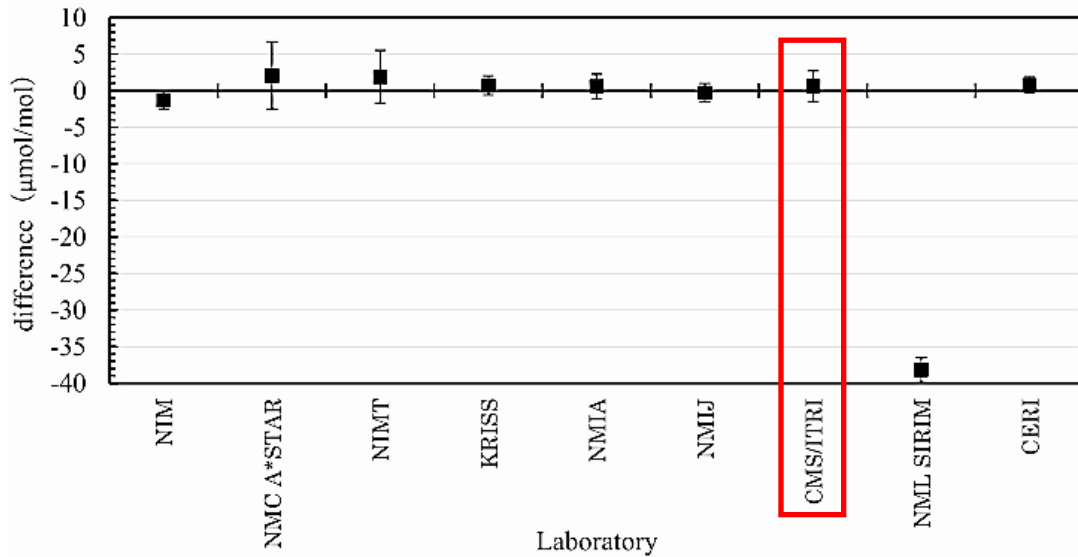


圖 1-2-8、NML 參與 APMP.QM-K111 國際比對結果圖(縱軸為國家標準與參考值的差異)

表 1-2-6、NML 參與 APMP.QM-K111 國際比對結果分析表

Laboratory	Cylinder	x_{prep}	u_{prep}	u_{ver}	u_{ref}	x_{lab}	U_{lab}	k_{lab}	Δx	k	$U(\Delta x)$
		/μmol/mol	/μmol/mol	/μmol/mol	/μmol/mol	/μmol/mol	/μmol/mol				
NIM	CPB20810	995.10	0.28	0.26	0.38	993.81	0.99	2	-1.3	2	1.3
NMC A*STAR	CPB21192	998.52	0.28	0.26	0.38	1000.6	4.5	2	2.1	2	4.6
NIMT	CPB25989	999.09	0.28	0.26	0.38	1001.0	3.5	2	1.9	2	3.6
KRISS	CPB25963	1000.38	0.28	0.26	0.38	1001.1	1.0	2	0.7	2	1.3
NMIA	CPB25966	999.41	0.28	0.26	0.38	1000.0	1.5	2	0.6	2	1.7
NMIJ	CPB25981	996.77	0.28	0.26	0.38	996.5	1.1	2	-0.3	2	1.3
CMS/ITRI	CPB25984	994.27	0.28	0.26	0.38	994.9	2.0	2	0.6	2	2.1
NML SIRIM	CPB25987	998.59	0.28	0.26	0.38	960.41	1.5	2	-38.2	2	1.7
CERI	CPB25989	999.09	0.28	0.26	0.38	999.84	0.76	2	0.8	2	1.1

(2) 主導2項國際比對活動

a. 主導常壓氣體流量國際比對(CCM.FF-K6.2017)

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2次的CCM.FF-K6(低壓氣體流量)內圈比對。今年由NML主辦CCM.FF-K6.2017跨區域的內圈比對。相對於前兩次比對，此次比對的流率較小，與前兩次的比對結合後，可更清楚各國在低壓氣體流量系統的量測能力。本次計有10個國家實驗室參與，包含臺灣、義大利、法國、德國、捷克、瑞典、韓國、日本、澳

洲、美國，已於106年8月開始執行，比對規劃先由歐洲區EUROMET的實驗室開始，再回亞太區，再到美洲區SIM的美國NIST。其間需回到臺灣進行再量測，確認比對過程中比對件的性能是否能夠維持。由於比對件於各國間傳遞，協調暫准通關證(Carnet)通關問題即為此比對的一大挑戰，其間並獲得韓國KRISS的鼎力協助，顯現NML過去累積的良好信譽必要時均能獲的各國支援。特別是我國因政治因素的限制通常只能參加區域性(APMP)的比對，此次能突破現狀參與BIPM內圈比對，更取得主辦地位，表示NML的實力在國際上已深獲肯定。

比對進度上，已完成歐洲區各實驗室的數據擷取，亞太區也已完成韓國KRISS的量測，並將比對件由韓國KRISS傳遞至日本NMIJ。整個比對預計於2019年7月底完成於我國的量測確認工作。



圖 1-2-9、低壓氣體流量國際比對傳遞標準件

b. 主導電壓靈敏度國際比對(APMP.AUV.V-K3.1)

APMP振動工作小組於2011年及2018舉辦2次的TCAUV(低頻振動)比對。今年由NML主辦APMP TCAUV.V.K3-1比對，共有6個國家參與，包含臺灣、中國大陸、韓國、泰國、南非、印度，於107年5月開始執行，我國因政治因素通常只能參加區域性APMP的比對，此次能爭取主辦實驗室地位，表示NML的實力在國際上已深獲肯定。目前比對件已傳遞回臺灣，完成所有參與國量測工作，並於2018 APMP大會報告比對情形並請各參與國確認數據之正確性，待參與國回覆無誤後再進行進一步比對數據分析，預計2019年7月底完成比對成果報告。



圖 1-2-10、電壓靈敏度國際比對傳遞標準件

(3) 國外追溯共完成16項20件(組)

表 1-2-7、107 年度 NML 國外追溯情形

追溯項目	所屬量測系統代號名稱	追溯國家／機構	追溯日期	件(組)數
光澤度標準板	O02 全光通量量測系統	加拿大/NRC	107.02	1
交流電力標準表	E18 交流電力量測系統	德國/PTB	107.02	1
電磁場強度計	U06 電磁場強量測系統	英國/NPL	107.02	1
雙錐形天線	U06 電磁場強量測系統	英國/NPL	107.02	1
白板	O05 色度量測系統	加拿大/NRC	107.02	2
熱效電壓轉換器	E06 交流電壓量測系統	德國/PTB	107.06	1
標準電感器	E16 標準電感量測系統	美國/NIST	107.08	3
衰減器	U02 微波散射參數及阻抗量測系統	英國/NPL	107.06	1
絕對式電容真空計	L02 動態膨脹法真空量測系統	德國 PTB	107.06	2
分光輻射照度標準燈	O03 分光輻射量測系統	德國/PTB	107.03	1
二維影像板	D25 二維影像標準校正系統	瑞士/METAS .	107.08	1
分光輻射通量標準燈	O10 分光輻射通量標準校正系統	美國/NIST	107.11	1
分光輻射通量標準燈	O02 全光通量量測系統	美國/NIST	107.11	1
階高標準片	D19 線距校正系統	德國/PTB	107.07	1
水氣分析儀	C11 甲醛氣體分析設備校正系統	日本/NMIJ	107.09	1
標準電阻器	T05 白金電阻溫度計定點量測系統	英國/NPL	107.12	1
合計				20

註：追溯日期係指校正報告日期

3. 完成8領域監督評鑑

NML除了量測技術與國際計量機構並駕齊驅，管理系統也須與國際接軌，向亞太計量組織(APMP)證明我國實驗室自主管理之能力，以確保我國的校正及量測能力(CMC)能持續登錄在國際比對能力庫(KCDB)上。一方面考量強化國際交流，一方面考量支持國內認證制度，故我國選擇以ISO/IEC 17025為評鑑基準，透過同儕評鑑(Peer Review)來證明我國實驗室自主管理之能力。自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世界(ISO/IEC 17025)標準。配合TAF認可證書之3年效期，將NML 15個領域分3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5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(RMP)認證，使NML的品

質系統除依循ISO/IEC 17025，也符合ISO Guide 34(自107年度轉換為ISO 17034)之要求。自去年度起，TAF參考物質生產機構認證之證書效期亦延長為5年。證書公告於NML網站第三者認證項下(<https://www.nml.org.tw/tech/third-party-certification.html>)，供業界與民眾查詢與下載。

本年度NML共計有電量/磁量/微波/光學/長度(認證編號：N0688)、振動/聲量(認證編號：N1001)、化學(認證編號：N2346)等8領域之監督評鑑，以及參考物質生產機構(認證編號：R001)之ISO 17034轉版異動查訪，各評鑑完成時間如表1-2-8所示，不符合事項共計3項，1項已完成改善，2項預計108年1月30日前完成改善。其中，ISO 17034係105年11月1日公告，NML已按TAF規定於107年12月31日前以異動方式申請轉換，待完成不符合事項改善取得證書即取代原ISO Guide 34。

表 1-2-8、107 年度 NML 監督評鑑列表

證書編號	認證領域	時間	評審員	NCR	改善完成
N0688	電量/磁量/微波/ 光學/長度	107 年 1 月 12 日	黃鴻昌	1	Y
N1001	振動/聲量	107 年 7 月 10 日	蕭德瑯	0	NA
N2346	化學	107 年 10 月 30 日	黃鴻昌	0	NA
R001	化學	107 年 10 月 30 日	高寶珠	2	預計 108 年 1 月 30 日 前完成改善

4. 支援國際相互認可技術活動

擔任APMP CMC審查工作小組，協助亞太及跨區域計量組織之CMC審查項目，參與項目如表1-2-9。

表 1-2-9、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、穩頻雷射端點尺寸(含內外直徑)、表面形貌、線刻度、角度塊規等
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

年度完成3項跨區域計量組織之CMC項目審查：

- ✓ AFRIMETS.T.6.2018(非洲計量體系)之辛巴威(NMI-SIRDC)及尚比亞(ZMA)工業溫度計CMC審查。
- ✓ EURAMENT.M.57.2018(歐洲計量組織聯盟)之德國(PTB)低壓及高壓流量與法國(LNE)風速CMC項目審查。
- ✓ EURAMET.T.24.2018(歐洲計量組織聯盟)之瑞典(SP)、塞爾維亞(DMDM)與波士尼亞-赫塞哥維納(IMBIH)工業溫度計CMC審查。

年度完成4項APMP區域之CMC項目審查：

- ✓ APMP.M.45.2018(亞太計量組織)之日本(NMIJ)油流量CMC審查。
- ✓ APMP.M.46.2018(亞太計量組織)之中國大陸(NIM)高壓氣體流量及風速CMC審查。
- ✓ 香港(SCL)水三相點CMC審查。
- ✓ 馬來西亞(NMIM)水三相點CMC審查。

5. 參與國際重要會議/活動，維繫國際關係

國際度量衡委員會(CIPM)諮詢委員會(Consultative Committees, CCs)任務為提供CIPM業務上的意見並且在CIPM MRA扮演重要角色，每位諮議委員係由CIPM成員、國際計量機構(NMI)代表及其他專家擔任。NML已參與CCPR(光量)、CCM-WGFF(流量)、CCM-WGG(重力)、CCL-WG(長度)及CCQM-GAWG(氣體)，國際計量組織會議與運作如圖1-2-12。原受制於「須受技術諮詢委員主席邀請方可參與」，由於NML之技術研發能力受國際肯定與注目，歷年來積極參與各項組織活動，建立良好充沛之國際人脈，因此受到CIPM組織內成員的支持，NML於2014年及2015年獲同意成為光輻射與光度諮詢委員會(Consultative Committee for Photometry and Radiometry, CCPR)、長度諮詢委員會(CCL)和聲量/超音波/振動諮詢委員會(CCAUV)觀察員，擴展國際計量組織參與之自主性。

除參與CIPM相關活動，NML亦積極參與亞太計量組織(APMP)之運作。APMP主要任務在結合亞太地區之國家計量機構，經由會員實驗室間之經驗和技術分享，改進亞太地區之計量能力。NML於APMP擔任執行委員會(Executive Committee, EC)委員、聲量/超音波/振動領域之技術委員會(Technical Committee Acoustics, Ultrasound and Vibration, TCAUV)主席、醫學計量焦點工作組主席及APMP各領域技術委員會成員，適時參與蒐集計量技術的最新發展趨勢，或主導相關活動。參與國際活動內容說明如下：

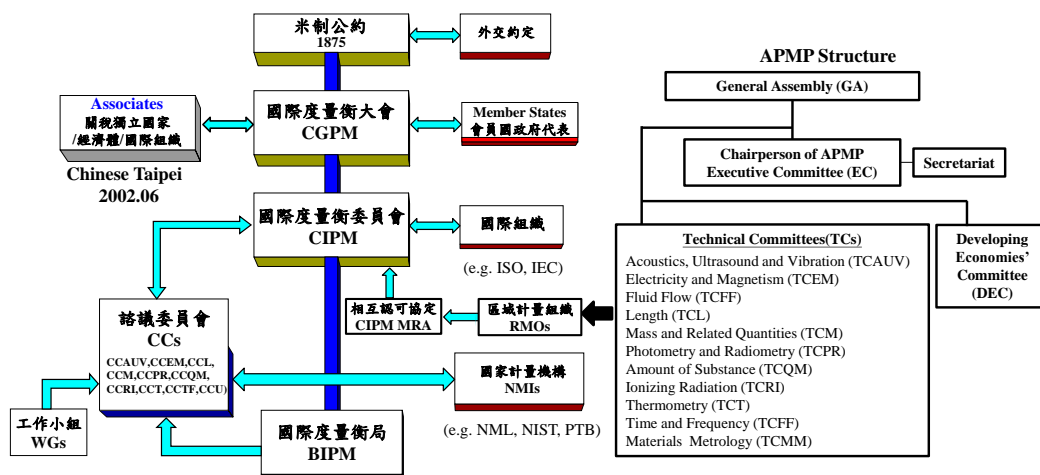


圖 1-2-11、國際計量組織會議與運作

(1) 出席技術諮詢委員會會議

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, CCs)，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)。本年度參與光度與光輻射(CCPR)、長度(CCL)及流量工作小組(CCM-WGFF)等共4個CC相關會議，如表1-2-10。

表 1-2-10、NML 出席技術諮詢委員會會議一覽表

參加項目	參與內容
長度諮詢委員會(CCL)會議及工作小組會議	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 觀察員身分出席並參與年度長度技術領域事務討論 ◇ 我國主導之奈米粒子粒徑國際比對工作進度報告(APMP.L-S5)
光度與光輻射諮詢委員會(CCPR)工作小組會議	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 觀察員身分出席並參與年度光量技術領域事務討論
化學物量委員會無機分析工作小組(CCQM-IAWG)春季及秋季會議	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 工作小組成員出席，參與無機分析技術活動工作討論
質量及相關量諮詢委員會流量工作小組(CCM-WGFF)會議	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 工作小組成員出席，參與流量技術活動工作討論 ◇ 我國主導之常壓氣體流量國際比對工作進度報告(CCM.FF-K6.2017)

(2) 出席亞太計量組織相關國際活動

APMP現有經濟體正會員26個及副會員11個，其中正會員機構有44個，而副會員機構則有12個，轄下共有12個領域之技術委員會(Technical Committee, TC)，分別為聲量/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，計3位4席次，協助亞太區域計量事務之推動，負責工作說明如表1-2-11。

表 1-2-11、NML 參與亞太計量組織一覽表

擔任項目	負責工作/補充說明
EC 委員 (2015 ~ 2019)	◇ 連結醫學計量焦點工作組(Focus Group, FG) ◇ 負責亞太計量組織促進研究案(TC & FG Initiative, TCI & FGI)計畫的審核與執行進度掌控
TCAUV 主席 (2015 ~ 2018)	◇ 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 ◇ 規劃申請 TCI
TCM 主席 (2018 ~ 2021)	◇ 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 ◇ 規劃申請 TCI
醫學計量 焦點工作組主席	◇ 焦點工作組相關業務處理 ◇ 主持及辦理年度會議 ◇ 規劃申請 FGI

年度參與活動說明如下：

- 出席亞太計量組織年中會議

亞太計量組織(APMP)每年召開年中會議(mid-year meeting)和會員大會(GA, General Assembly)兩次主要會議，年中會議的性質主要是幹部會議，並為當年的會員大會作準備。2018年年中會議於香港召開，NML由藍玉屏組長以APMP執行委員(Executive Committee, EC)身分出席開發中國家執行委員(Developing Executive Committee, DEC)會議、EC會議及EC-TCC會議。黃宇中經理以APMP聲音/超音波/振動技術委員會(Technical Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration, TCAUV)主席身分，出席TCC會議、EC-TCC會議。參與年中亞太區域計量事務之討論，協助亞太計量事務之推動。

- 參加 2018 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。

本次會議由新加坡計量中心(National Metrology Centre ,Singapore, NMC)主辦，NML由林增耀主任率相關主管及資深同仁共15人前往參加，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1-2-12。

表 1-2-12、2018 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/結論
TCAUV	聲量、超音波、振動 Acoustics, Ultrasound and Vibration	黃宇中 涂聰賢	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 年 NML 將與中國大陸 NIM 合作主導 1 英吋實驗室標準麥克風(LS1P)之壓力場互換校正比對，頻率範圍為 2 Hz 至 10 kHz。 • 2020 年由韓國 KRISS 主導麥克風自由音場靈敏度之比對。目前比對技術文件進行修訂定稿中。 • NML 針對今年主導之低頻振動比對 (APMP TCAUV.V-K3.1)，進行比對初步結果報告，請參與實驗室再次確認比對結果，預計 2019 年 3 月完成比對報告初稿。 • 目前 CCAUV 進行低衝擊振動比對、超音波低功率比對、後續也將在 APMP 推動比對工作。 • NML 黃宇中經理卸任主席，下屆主席由日本 NMIJ Dr. Ryuzo Horiuchi 接任。
TCEM	電量、磁量 Electricity and Magnetism	陳士芳	<ul style="list-style-type: none"> • APMP TCEM 即將展開新一輪的 CMC review，提出國家包含泰國(NIMT)、新加坡(NMC)、以及韓國(KRISS)。 • 確認 EM 領域各參數之 CMC review 審核小組負責人與成員名單。 • 針對結合現場同儕評鑑 (on-site peer review) 和 APMP RMO 內審 (intra-RMO review) 之試行規劃作討論。 • TCEM 主席回饋 2018 BIPM/CCEM、CCEM WG-RMO、與 JCRB 會議的最新

參加之 TC 及 WG	領域別	參加人員	討論主題/結論
			<p>資訊供各與會國家參考，並針對 TC Initiative project 作報告及討論。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 各項國際比對之最新進度說明，以及未來比對規劃及時程討論。
TCFF	流量 Fluid Flow	江俊霖	<ul style="list-style-type: none"> • 報告我國主辦之 CCM.FF.K6 2017 國際比對執行現況。 • 確認各領域 CMC review 成員名單及具擔任同儕評鑑資格的人選，並說明相關 CMC review 執行及 CMC 登錄情況。 • CCM-WGFF 及 APMP TCFF 國際比對的現況、結果與未來規劃。 • 由中國大陸 NIM 報告 TCI 計畫執行情形，及討論本年度由韓國 KRISS 提案 TCI。 • 討論混和型比對(hybrid comparison)作為登錄 CMC 依據的執行方式及相關疑義，並請主席再作後續確認。
TCL	長度 Length	許博爾	<ul style="list-style-type: none"> • 目前 CCL 正積極討論熱膨脹係數(CTE)及環形編碼器之校正能力及比對。 • 為滿足 CIPM MRA 之要求，APMP 將舉辦一系列關鍵比對，我方將主辦 APMP.L-K4 (直徑)比對，並於 2019 年提出比對技術文件(protocol)。 • 混和型比對(hybrid comparison)推動及施行說明（之前稱為商業型比對）。主要目的是滿足無比對、矯正措施時的量測能力證明。
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"> • 本次會議討論重點之一為新公斤定義的實施，邀請了英國 NPL 質量部門的 Dr. S. Davidson 介紹目前桌上型 Kibble balance 的發展進度，Dr. Davidson 表示桌上型 Kibble balance 的商品化最快會在 2021 年完成。 • 因應 CGPM 通過新公斤定義，紐西蘭 MSL 代表 Dr. Mark Clarkson 提議 TCM 製作一份簡要的指引，指引包含公斤定義 MeP 與 CCM 策略文件之聯結網址，與 TCM 成員相關研發進展。

參加之 TC 及 WG	領域別	參加人員	討論主題/結論
			<ul style="list-style-type: none"> • 現任 TCM 主席李士敏(NMC/A-SATR)將於本屆 APMP GA 會議後完成其三年任期，並交接主席業務給下任主席陳生瑞 CMS/ITRI。 • 下屆主席由 NML 陳生瑞博士接任。
Medical Metrology Focus Group (MMFG)	醫學計量 Medical Metrology	陳生瑞	<ul style="list-style-type: none"> • 本屆會議共有 21 位成員來自 9 個國家參與，主要議程為 FGI 計畫進度介紹與後續執行討論、各成員醫學計量發展介紹，與未來策略與工作計畫討論。 <p>討論議程中，MMFG 微幅修訂 Terms of Reference，並制定了明年之工作計畫，主要活動為舉辦第二屆 FGI 計畫會議、與 TCAUV 合作申請 MEDEA 計畫發展醫學超聲計量、重新調查 APMP 成員之醫學計量相關能力、由未來 workshop 邀請醫學專業人員分享經驗確認供應鏈之需求與 NMI 之角色。</p>
TCPR	光度與光輻射 Photometry and Radiometry	莊宜蓁	<ul style="list-style-type: none"> • 國際比對事務進度討論：針對已延宕多年之 K5 比對進行討論，雖多國有此比對需求，但考慮比對結果連結與連結國技術時效等現實問題，恐繼續延期。 • KCDB 2.0 CMC 線上更新系統說明：我國 4.13.04 及 6.1.0 需配合線上表單格式進行資料調整與補充。 • CMC review 新方案-混和型比對(hybrid comparison)說明：為減少國際比對所提擬的 hybrid comparison 目前僅有辦法草案可供參考，預估最早於 2020 年此辦法才可能正式實現。 • 決定 TC 內部 CMC 申請時間，將固定於每年 3/1~5/31 日間，兩個月期間方便各國進行內部作業流程。 • TCPR 主席交接，下任主席由中國大陸 NIM 代表擔任。
TCQM	化學與生物 chemistry and biology	劉信旺	<ul style="list-style-type: none"> • 新任主席由日本 NMIJ 無機領域部門主管 Dr. Kazumi Inagaki 接任。 • KCWG 報告 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

參加之 TC 及 WG	領域別	參加人員	討論主題/結論
			<p>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。此外 7 年內將積極進行各 CMCs re-review，確保 NMIs 仍保有登錄的技術能量。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2019 年將於雪梨舉辦之 APMP 會議，將會選擇一至兩個已接近完成階段之 Pilot study 比對結果進行技術討論，讓各國研究員或相關研究機構可共同參與。 • APMP 之氣候變遷及清潔空氣(Climate change and clean air)焦點工作組(FG)將氣體領域劃分為三個 Group，Group I 包含日本 NMIJ、中國大陸 NIM、韓國 KRISST 等三個技術領先 NMI；Group II 包含像是臺灣 NML、新加坡 A*STAR、泰國 NMIT 等具有一定能力之 NMI；Group III 則是包含技術能力剛發展的新興 NMI，未來氣體領域關鍵技術將由 Group I 開始往下傳遞於 Group II 及 Group III，希望將亞太區 NMI 之技術能力提升至一定水平。
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(QMS 部份)，品質工程部王品皓經理仍獲選參與此工作小組。 • 因應 ISO/IEC 17025:2017，WG1 預計於 2019 年 2 月前完成 APMP QS 文件修訂，以利各計量機構提交 CMC 審查。 • 2018 年 WG2 共計完成 28 國 CMC 審查，職完成 11 國 CMC 審查。NML 光學 (PR)CMC 已由 TCQS 成員審查通過。 • 代理主席轉達 39th Meeting of the JCRB 要求各區域計量組織(RMOs)監督各計量機構於三年內轉換完成，確保 QMS 運作符合 ISO/IEC 17025:2017。NML 已報告預計於 2020 年 9 月 30 日前轉換完成。

參加之 TC 及 WG	領域別	參加人員	討論主題/結論
TCT	溫度、濕度與熱物 Thermal Measurement (Temperature, Humidity, Thermophysical quantities)	葉建志	<ul style="list-style-type: none"> • 新任主席將由韓國 KRISS 的 Dr. Inseok Yang 接任。 • 由馬來西亞 NMIM 主辦的 APMP.T-S14 相對濕度比對將如期舉行，NML 比對時間在 12/18/2018 至 1/9/2019。 • 由日本 NMIJ 主辦的 APMP.T-S9 熱擴散係數比對因仍在等候 WG-CMC 回覆評論而繼續延後。 • 由新加坡 NMC 主辦的 APMP.T-K6.2013 露點溫度比對，NML 預計比對時間在 2019 年 11 月至 12 月。 • 重新討論 TCT 領域內各項溫濕度 WG 審核小組負責人與成員名單，以及擔任 TCT 領域聯絡窗口成員資格與名單。
TCMM	材料計量 Materials Metrology	傅尉恩 何柏青	<ul style="list-style-type: none"> • 由 NML 主導的超薄薄膜厚度量測比對，其 DOE 需等 KRISS 提供其在主辦薄膜厚度 pilot study 所使用的分析方法後，方能計算。 • TCMM 預計與 VAMAS 簽署 MoU，待 APMP EC 開會決議通過。 • 由於 TCMM 之技術內容跨及多個領域，未來將積極與其它 TC 及計量/標準相關組織合作討論，藉此加速比對及標準的發展。 • TCMM 新主席將由中國 NIM 之任玲玲博士擔任。 • KRISS 提案使用 XRR 量測膜厚之輔助比對(SC)，經由 TCMM 成員表決通過，並建議與 TCL (CCL)連結。

(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、系統改良及設備汰換」三大方向展開，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NML所追求之目標，每年都會有一連串品質措施常態進行，以符合 ISO/IEC 17025及ISO/IEC 17034之標準規範，已有的管理措施包含量測品保、內部稽核與

管理審查等。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1套新建系統「靜態重力法無機元素供應驗證系統(C13)」之查驗作業，審查結論為建議通過，可以對外服務。

表 1-3-1、107 年度系統查驗完成項目

系統名稱	代碼	產出之計畫源	備註
靜態重力法無機元素供應驗證系統	C13	國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫	107年06月08日經標四字第10700053340號函同意作為國家度量衡量測標準

- (2) 量測系統合併與停止服務：本年度共計提出2套量測系統停止服務，分別為「黏度計量測系統(C01)」與「固體（標準法碼）密度量測系統(M05)」，已獲主管機關107年6月14日經標四字第10700558840號函同意停止服務。俟『度量衡規費收費標準』修正公佈後，再正式停止對外提供服務，並註銷2套系統代碼(C01、M05)。
- (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，以確保量測系統的完備性與校正作業的有效性。另於農曆春節結束，復工第一天即刻啟動量測系統查核機制，由各系統負責人先行回報量測系統開機檢查結果，並展開量測系統查核作業。本年度共計完成118套量測系統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) 內部稽核及管理審查：

- 內部稽核

NML 每年定期辦理內部稽核活動，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，於稽核前辦理「標準計畫內部稽核前會議與稽核一致性訓練」，確保各稽核員之稽核準則一致性與稽核報告完整度。本年度於 6 月 26 日完成符合 ISO/IEC 17025:2005 及 ISO 17034:2016 規範之內部稽核，共計有 5 項不符合事項，17 項建議事項，均已改善完成。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，

再透過至少一次觀察員的經歷，使得其稽核技巧趨於熟練。本年度共計培訓 4 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 75 位，ISO 17034 稽核員約 10 位。

- 管理審查

NML 每年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。本年度於 4 月 20 日與 8 月 15 日分別完成符合 ISO/IEC 17025:2005 及 ISO 17034:2016 之管理審查。

(5) 新人與在職人員訓練：人員為實驗室運作之重要一環，亦為組織內的重要資產，實驗室管理階層應確保所有操作特定設備、執行校正工作、評估量測結果，以及簽署校正報告人員的能力。本年度共計舉辦 6 場內部訓練課程與品質講座，內容涵蓋計畫執行、標準規範、實驗室管理與計量知識等內容，以期使新進與在職人員均能充分了解實驗室運作實務、相關規範與 NML 品質管理系統的要求。

- 泛標準組研發計畫執行作業說明會

為有效提昇實驗室人員對「國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫」之執行能力，確保計畫順利執行以達成目標並產生效益，於 1 月 18 日舉辦「107 年度泛標準組研發計畫執行作業說明會」品質講座，向實驗室人員介紹泛標準組研發計畫執行作業手冊之規定要點、研發計畫執行之作業流程、各執行階段文件產出與審查作業、計畫執行與管制實務運作。藉由此課程訓練，協助新進同仁與計畫執行成員了解如何將計畫目標與工作項目向下展開、擬定工作項目內容與時程、監控計畫執行有效性並確保查核點如期完成。會中並說明工研院整合管理系統對計畫執行與管制之相關要求，包含 ISO 9001:2015 之改版重點與計畫執行因應方式、計畫執行與變更注意事項等內容，以稽核的觀點提醒同仁執行研發計畫時常見問題與注意事項，如近年關注之重點「風險評估」，以期提升實驗室於計畫執行之效率與品質，達成計畫目標並提升顧客滿意度。

- 儀器校正管理與校正週期決定原則

實驗室能夠持續提供滿足計量追溯性與具準確性之量測結果，重點就在於選擇適當的量測儀器和標準件，並對這些儀器設備建立校正方案與進行校正管理。為了能讓實驗室人員了解儀器校正管理之基本概念與校正週期之訂定原則，於 4 月 20 日辦理此品質講座，介紹儀器之定義與分類、新儀器購置的注意事項、儀器之追溯校正，以及美國國家標準實驗室大會(NCSLI)與 ILAC-G24:2007 所建議之量測儀器校正週期決定原則等內容，以期實驗室人員能將儀校觀念落實於實驗室運作，確保執行量測之設備能達到所需的量測準確性與量測不確定度，提供可靠的校正結果。

- 常用計量基本術語介紹(一)

計量學為量測及其應用之科學，因此計量涉及的領域相當廣泛，當然也包含國家度量衡標準實驗室之 15 個量測領域。在國際計量組織的努力下，「國際計量學詞彙-基本和通用概念及相關術語(ISO/IEC Guide 99, 簡稱 VIM 3)」在 96 年發行第 3 版，共賦予 144 個計量詞彙新的定義，包含量測、校正、計量追溯、量測不確定度等對校正實驗室相當重要之詞彙。為使實驗室人員能了解新的計量概念和計量基本術語，並能與國際計量領域接軌，於 5 月 18 日辦理此品質講座，期望實驗室人員能透過講師深入淺出與生動的案例介紹，對常用計量基本術語有深刻及清楚的認知，並能正確地應用於實驗室相關產出。

- ISO/IEC 17025:2017 轉版訓練課程

ISO/IEC 17025 測試與校正實驗室能力一般要求係實驗室認證之共同性規範。2017 年版已於 106 年 11 月 29 日正式公告，新版規範改變了整體架構，並新增如公正性、處理風險與機會之措施等章節。因應 NML 作業手冊 15.1“標準實驗室各管理階層應任用符合以下資格之人員，以確保其能力足以擔任其所需擔任之職務：量測系統負責人、校正人員、品保人員、參考物質生產人員、報告簽署人候選人等，均須熟悉並能正確使用 ISO/IEC 17025”，為使執行 NML 計畫之相關實驗室人員均能充分了解新版規範要求並落實於 NML 實際運作，且免於舟車勞頓、爭取時效性，於 6 月 1 日辦理 ISO/IEC 17025:2017 條文新舊版差異說明，會後並以筆試方式確認其有效性。NML 實驗室編制人員均已完成 ISO/IEC 17025:2017 轉版訓練。

- 電量量測導論

基於電量量測為許多領域於訊號讀取或輸出所必備，於 6 月 8 日辦理此品質講座，期望實驗室人員藉由課程能了解電量量測主要參數定義、量測原理、量測不確定度評估與量測自動化架構，並認識常用之電量儀器與其連接方式，如多功能校正器、訊號產生器、多功能電表、阻抗分析儀等，以因應實務校正作業中儀器選用操作、校正結果使用與不確定度評估等。此品質講座亦於今年度完成數位訓練課程製作，已上傳至標準局計量學習服務網，提供國內計量人員能隨時隨地至線上進行學習與複習。

- 常用計量基本術語介紹(二)

常用計量基本術語介紹(一)已先就部分常用計量基本術語進行介紹，故於 10 月 26 日所辦理品質講座之重點則放在執行 NML 作業須具備的核心觀念，即計量追溯與校正。期望實驗室人員透過講師深入淺出之介紹與案例分享，了解計量追溯與校正的相關名詞定義以及計量追溯的實現方式，進而確認自身所屬領域之各量測系統的計量追溯圖，與其每一層級量測結果間的關係及量測結果與參考基準的關聯。

(6) 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，應適時審查文件並視需要更新，以確保後續執行各項業務均能有所依循及其完備性。本年度共計完成4份品質文件修訂。

- 標準計畫作業手冊(3.0 版)
- 泛標準組檢測業務管理作業程序(9.2 版)
- 泛標準組新／擴建系統查驗作業程序(2.1 版)
- 標準計畫個人資料保護作業程序(1.2 版)

(7) 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。自103年度起，NML顧客滿意度調查因應主管機關標準局之要求，由原每年度抽樣調查方式變更為隨校正報告發送顧客意見調查表。107年度以廠商為單位，於領取儀器/校正報告時填寫顧客意見調查表，自1月1日起始，截至5月31日，問卷回收計143份。經統計分析結果可知，NML整體滿意度為9.5分(滿分為10分)，維持與去年等同之高度滿意度表現，如圖1-3-1所示。顧客針對NML不同領域之整體滿意度分數亦皆在9.0分以上，如圖1-3-2所示。圖1-3-3為各服務項目滿意度比較結果，包含NML網頁說明、NML專業程度、收發窗口標示及環境與收發窗口服務態度，均在9.4分以上。自6月1日起，NML年度顧客滿意度調查經主管機關標準局同意，調整以數位化方式處理(仿照國際機場服務，如圖1-3-4)。截至12月31日，計510家廠商點選，以十級分制計算(非常滿意10分、滿意8分、普通6分、不滿意4分、很不滿意2分)整體滿意度為9.7分，如圖1-3-5所示。以107年度服務廠商總家數762家計，紙本與數位化回覆率合計為85.7%。

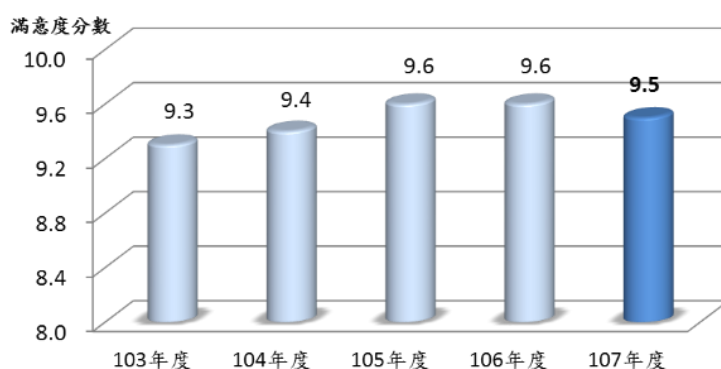


圖 1-3-1、103 年度至 107 年度整體滿意度比較圖(截至 5 月 31 日)

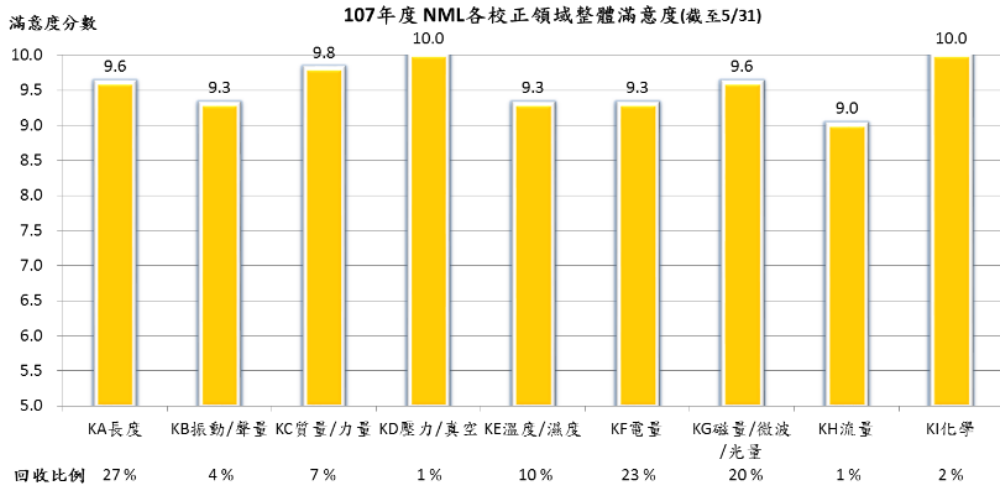


圖 1-3-2、107 年度 NML 各校正領域整體滿意度比較圖(截至 5 月 31 日)

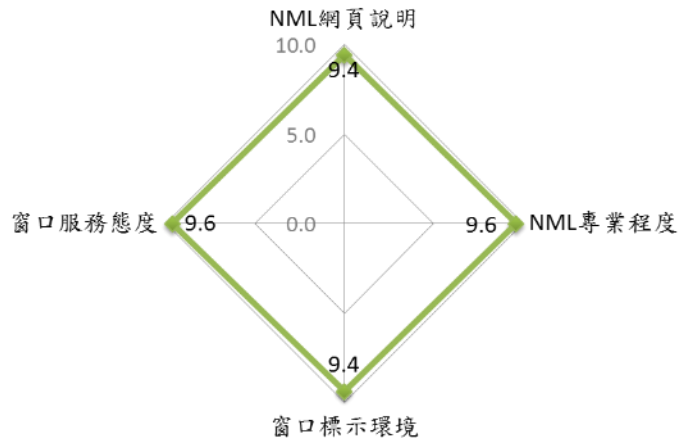


圖 1-3-3、107 年度 NML 各服務項目滿意度比較圖(截至 5 月 31 日)



圖 1-3-4、數位化滿意度調查示意圖

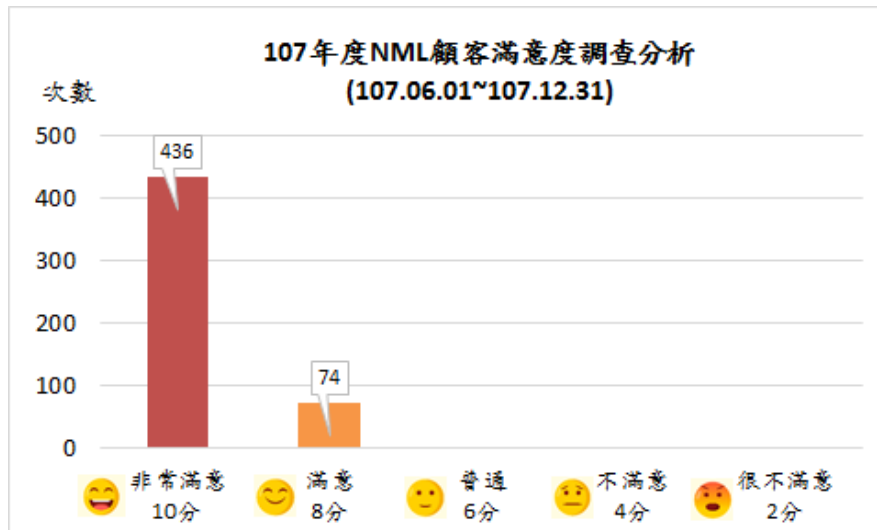


圖 1-3-5、107 年度數位化滿意度調查結果

2. 系統改良2套，「M03大質量量測系統」及「F06低壓氣體流量校正系統」

表 1-3-2、107 年度系統改良成果一覽表

系統代碼/ 名稱	原有規格	改良後預定規格	完成規格
M03 大質量量 測系統	量測範圍：(20 ~ 50) kg 不確定度：(8.4 ~ 21) mg	量測範圍：(20 ~ 50) kg 不確定度：(6 ~ 15) mg	量測範圍：(20 ~ 50) kg 不確定度：(3.6 ~ 10) mg
F06 低壓氣體 流量校正 系統	流量範圍：(0.002 ~ 40) L/min 不確定度：0.10 %	流量範圍：(0.002 ~ 40) L/min 不確定度：0.09 %	流量範圍：(0.002 ~ 40) L/min 不確定度：(0.07 ~ 0.08) %

各項改良執行成果說明如下：

(1) M03 大質量量測系統

A. 目標

- 完成大質量量測系統系統改良與評估

量測範圍：(20 ~ 50) kg

量測不確定度：(6 ~ 15) mg

B. 工作成果

新建之 50 kg 質量量測系統量測架構如圖 1-3-6，包括(1).使用具有自動調整重心機構之秤盤，搭配 4 個法碼位置的轉盤以自動負載替換法碼量測，採用電磁力補償原理

進行標準件與待校件之質量比較；(2).參考日本國家計量研究院(NMIJ)無重力操作機械手臂之經驗，系統機械手臂採氣源驅動方式操作，並配合實驗室環境修改吊掛法碼高度，以將法碼精準定位於秤盤上中心位置，降低偏載的發生。系統機械手臂(圖 1-3-7)最大負重能力為 70 kg，可 360 度旋轉移動法碼，最低高度搭配推車吊掛 10 kg 至 50 kg 法碼；(3).建立環境監控系統量測環境參數，以修正空氣浮力對質量量測之影響。

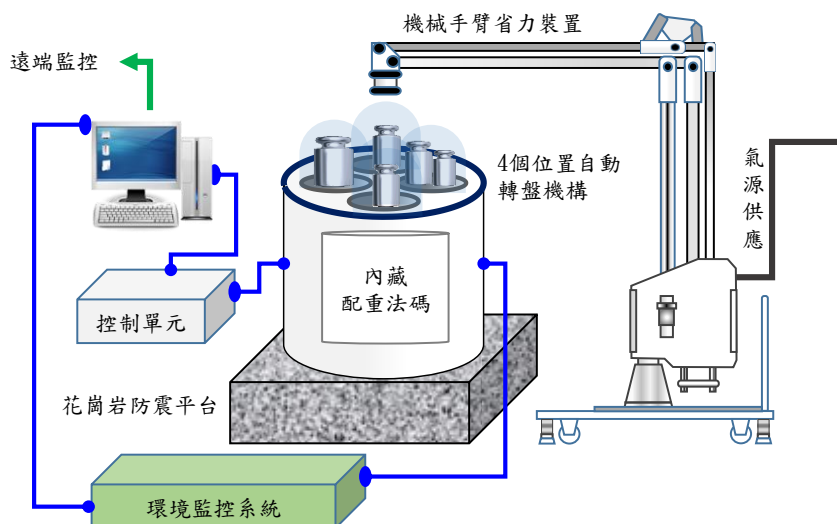


圖 1-3-6、50 kg 質量量測系統架構圖



圖 1-3-7、無重力操作機械手臂

工作成果說明如下：

- 完成 50 kg 量測系統環境改善

系統所使用之質量比較儀為高精度天平，對振動干擾極為敏感，而 NML 大質量實驗室側邊為經常搬運大型儀器的走道，且地板非直接為大地，因此量測易受外側振動產生讀值跳動不穩定現象，致無法進行校正。為改善振動的干擾現象，找出實驗室最小振動干擾位置，採用有限元素分析法(Finite Element Analysis, FEA)模擬實驗室各區域受振動的影響情形，模擬於走道區域各軸向施加 0.1 N 的脈衝力時，

對實驗室內不同區域 A、B、C 各區域會產生振動頻率影響的差異比較，以取到振動干擾最小的位置定位質量比較儀。其中 A 區域為連結地下的樑柱交叉位置，B 區域為離走道最近位置，C 區域為離走道最遠位置，B、C 區域地面皆為厚度 10 cm 樓板，圖 1-3-8 為實驗室地底下樑柱配置位置及模擬振動干擾區域示意圖，圖 1-3-9 至圖 1-3-11 為 X、Y、Z 各軸向施加 0.1 N 脈衝力時，A、B、C 各區產生振動頻率影響差異比較圖。

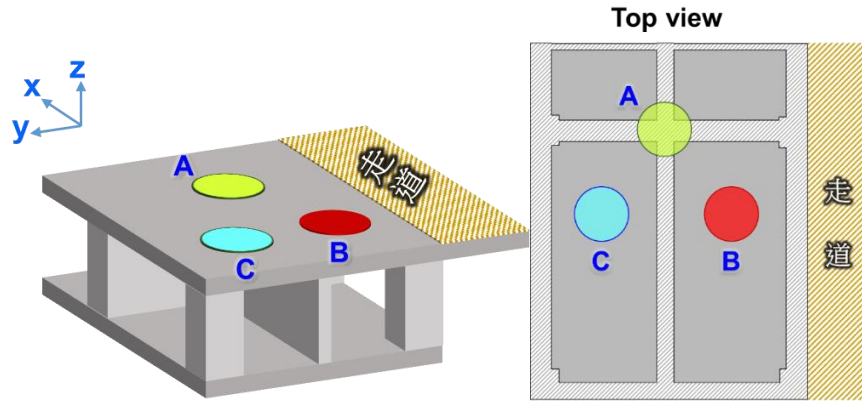


圖 1-3-8、實驗室地底下樑柱配置位置及模擬振動干擾區域示意圖

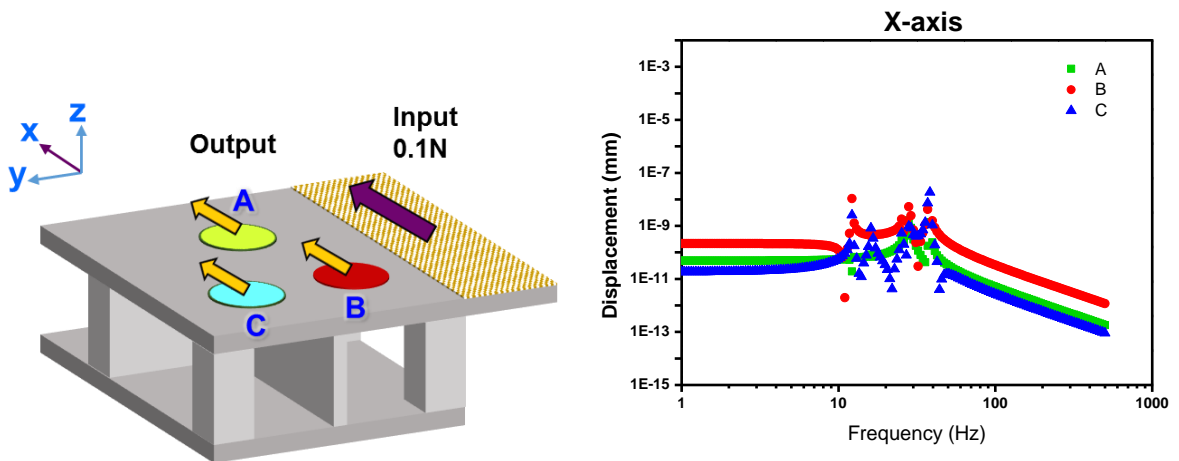


圖 1-3-9、X 軸向施加 0.1 N 脈衝力 ABC 各區產生振動頻率影響差異比較圖

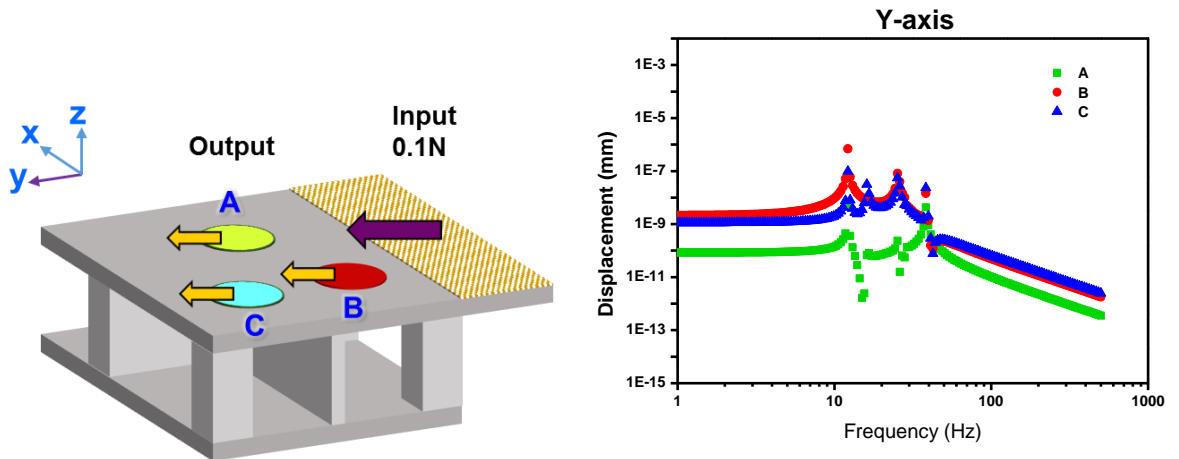


圖 1-3-10、Y 軸向施加 0.1 N 脈衝力 ABC 各區產生振動頻率影響差異比較圖

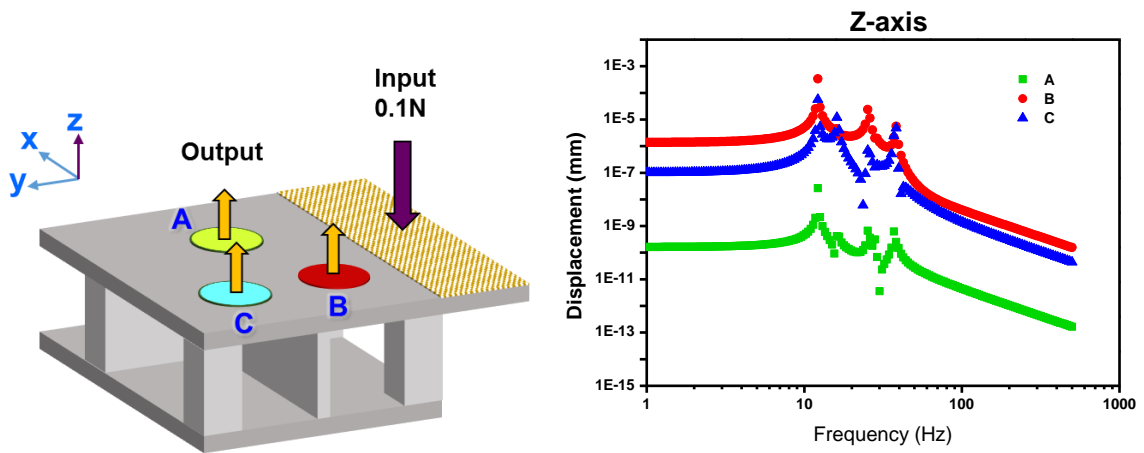


圖 1-3-11、Z 軸向施加 0.1 N 脈衝力 ABC 各區產生振動頻率影響差異比較圖

由圖 1-3-9 至圖 1-3-11 中可知實驗室各區域地板對低頻時產生的振動干擾的振幅比高頻時明顯，而三個軸向的施力又以 Z 軸的受到的振動干擾最為顯著，其中 A 區域是相較其它區域受到振動干擾較穩定的區域，A 區域正好是藉由地下的樑柱與大地直接連結的位置，因此部分振動由樑柱與大地吸收，而 B、C 區域僅有 10 cm 樓地板，地板受到振動時同時會產生跳動或共振，使量測不穩定，故 50 kg 質量比較儀選擇定位在有地下樑柱的位置上。為使振源能盡量消除，依實驗室的高度選擇 30 cm 高之花崗岩防震平台安置於質量比較儀的下方，花崗岩防震平台以 3 點支撐，使振動傳來最小並吸收振動，如圖 1-3-12 所示。環境改善後 50 kg 質量量測系統之實體照片如圖 1-3-13 所示。



圖 1-3-12、花崗岩防震平台 3 點支撐圖

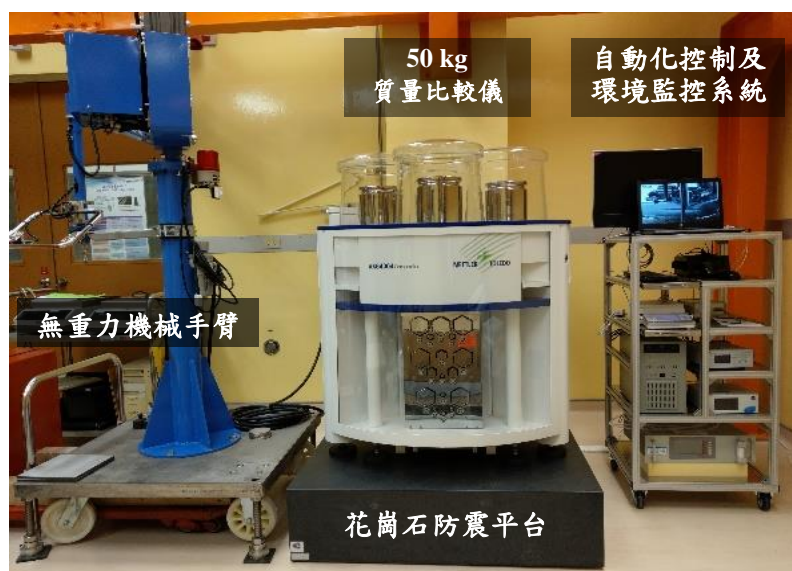


圖 1-3-13、50 kg 質量量測系統之實體照片

- 完成量測方法設計及操作程序的建立

量測方法設計為將標準件與待校件放置於自動負載替換平台上，由於法碼與衡量元件之相對位置極為重要，故需藉著自動調整重心衡量盤，進行多次位置調整以達到重心平衡位置。量測過程為了消除天平線性漂移現象，採用 ABBA 雙重替換法 (Double Substitution Weighting Method)，即法碼擺放在天平稱盤上量測時的替換次序為：法碼 A → 法碼 B → 法碼 B → 法碼 A，量測所得觀測讀值分別為 $I_{A1} \rightarrow I_{B1} \rightarrow I_{B2} \rightarrow I_{A2}$ ，則量測讀值差為

$$\Delta I_{(A-B)} = \frac{(I_{A1} - I_{B1} - I_{B2} + I_{A2})}{2} \quad (1-3-1)$$

- a. 組合衡量模式方程式建立

20 kg 至 50 kg 之校正量測設計為同時量測 4 顆法碼， $k=4$ ，其中使用二個標準件法碼，即參考標準件法碼 R 與查核標準件法碼 C，量測模式採用組合衡量法，參考「J.M. Cameron, M.C. Croarkin, and R.C. Raybold, Designs for the Calibration of Standards of Mass, NBS Technical Note 952, 1977」中之 Design A.1.2 量測模式進行質量比較，簡稱「1111」量測模式，執行 6 次 ABBA 衡量循環 (Weighing Cycles) 比對，得到 6 個觀察值， $n=6$ ，每次比對的二顆法碼標稱值一致，而查核標準件法碼用來監控量測過程，確保量測過程在穩定的狀態下執行，量測順序如表 1-3-3 所示。

表 1-3-3、DESIGN 1111 量測模式與量測法碼的相關位置

觀察次數 Observations		位置2 待校件X ₁	位置4 待校件X ₂	位置3 查核件C	位置1 標準件R
y ₁	$\Delta I_{(X_1-X_2)}$	+1	-1		
y ₂	$\Delta I_{(X_1-C)}$	+1		-1	
y ₃	$\Delta I_{(X_1-R)}$	+1			-1
y ₄	$\Delta I_{(X_2-C)}$		+1	-1	
y ₅	$\Delta I_{(X_2-R)}$		+1		-1
y ₆	$\Delta I_{(C-R)}$			+1	-1
Known parameter 已知參數					※

其量測運算 X 矩陣為衡量過程中置換法碼的位置及次序矩陣，表示式為

$$X = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1-3-2)$$

質量標準件法碼的導引方法依據 OIML R111-1:2004 要求，進行 10 kg 至 50 kg 之導引量測，量測模式是參考 NBS T.N. 952 及「Comprehensive Mass Metrology」的校正模式，使用「552211」的組合衡量設計，每次比對校正採用 ABBA 衡量循環(Weighing Cycles)進行校正。量測以 10 kg 為參考法碼，同時量測 6 顆法碼， $k=6$ ，得到 7 個觀察值， $n=7$ ，如表 1-3-4 所示。

表 1-3-4、DESIGN 552211 衡量模式

Observations	50 kg	50* kg	20 kg	20* kg	10 kg	10* kg
y ₁	1	-1				
y ₂	1		-1	-1	-1	
y ₃		1	-1	-1		-1
y ₄			1	-1		
y ₅			1		-1	-1
y ₆				1	-1	-1
y ₇					1	-1
Known parameter					※	

由表 1-3-3 及表 1-3-4 可知組合衡量法為 n 次比對，觀察值為 y_1, y_2, \dots, y_n ，量測法碼顆數為 k 顆， k 個法碼質量各別為 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ ，其組合衡量方程式為

$$\begin{aligned} y_1 &= x_{11}\beta_1 + x_{12}\beta_2 + \dots + x_{1k}\beta_k + e_1 \\ y_2 &= x_{21}\beta_1 + x_{22}\beta_2 + \dots + x_{2k}\beta_k + e_2 \\ &\vdots \\ y_n &= x_{n1}\beta_1 + x_{n2}\beta_2 + \dots + x_{nk}\beta_k + e_k \end{aligned} \quad (1-3-3)$$

其中 e_i 為殘差，運用陣與最小平方法求出個別法碼的質量值，方程式(1-3-3)以矩陣表示為 $Y = X\beta + e$ ，則各個法碼的質量值可由 β 矩陣估算得到。

b. 完成自動化量測數據處理程式撰寫

50 kg 質量量測系統執行量測時，利用無重力機械手臂置放法碼，並調整重心位置後，接著透過自動化軟體控制質量比較儀以完成量測作業。質量量測需考量空氣浮力的影響，每筆量測數據皆須測環境參數計算空氣密度，並連結質量比較儀的量測數據估算空氣浮力。因此撰寫環境監控程式以連結溫度、濕度、大氣壓力及二氣化碳儀器，讀取量測值並傳送至質量比較儀控制軟體，程式畫面如圖 1-3-14 所示。



圖 1-3-14、環境監控程式畫面

• 完成 20 kg 至 50 kg 標準法碼導引追溯及系統不確定度評估

質量量測不確定度來源包含參考法碼的不確定度、衡量過程的標準不確定度、質量比較儀的不確定度以及空氣浮力修正的不確定度等分量；茲就各項分量貢獻分析如下：

a. 參考法碼所產生的不確定度 $u(m_{cr})$

標準法碼的不確定度來源有二項，法碼質量的標準不確定度及法碼穩定度的不確定度。法碼質量的標準不確定度由質量導引追溯計算而得；法碼穩定度評估

參考 OIML R111-1 E₂ 級法碼作適當推估其變化量 $D(m_{cr})$ ，以矩形分佈估算之。由於導引採用組合式量測，組合法碼的不確定度為線性相加，故 20 kg 法碼不確定度為 2 顆 10 kg 參考法碼相加，50 kg 法碼不確定度為 2 顆 20 kg 再加上 10 kg 參考法碼相加，則各參考標準件組合不確定度如表 1-3-5 所示。

表 1-3-5、參考標準件不確定度(單位：mg)

標稱值	$u(m_{cr})$
50 kg	4.811
20 kg	1.443

b. 衡量過程的標準不確定度 $u(\Delta m_{cr})$

藉由重複執行量測，收集數據計算標準差以估算衡量過程的標準不確定度，所得結果如表 1-3-6 所示。

表 1-3-6、衡量過程的標準不確定度(單位：mg)

標稱值	標準差	自由度	$u(\Delta m_c)$
50 kg	0.514	1516	0.257
20 kg	0.366	244	0.183

c. 質量比較儀的不確定度 $u(ba)$

質量比較儀不確定度考慮最小可讀數 $d = 0.1$ mg 及轉盤位置所帶來的影響。其最小可讀數 d 之不確定度為

$$u_d = \left(\frac{d/2}{\sqrt{3}}\right) \times \sqrt{2} = \left(\frac{0.1 \text{ mg}/2}{\sqrt{3}}\right) \times \sqrt{2} = 0.0408 \text{ mg} \quad (1-3-4)$$

法碼放在轉盤上不同位置會有誤差，利用不同位置的量測差值納入不確定度評估為 1.0 mg。故質量比較儀的不確定度估算為

$$u(ba) = \sqrt{0.0408^2 + 1.0^2} = 1.0008 \text{ mg} \quad (1-3-5)$$

d. 空氣浮力修正的不確定度 $u(b)$

依據 OIML R111-1 空氣浮力修正之不確定度計算公式為

$$u(b) = \left[m_0 \frac{(\rho_r - \rho_t)}{\rho_r \rho_t} u(\rho_a) \right]^2 + [m_0(\rho_a - \rho_0)]^2 \frac{u(\rho_t)^2}{\rho_t^4} + m_0^2(\rho_a - \rho_0)[(\rho_a - \rho_0) - 2(\rho_{al} - \rho_0)] \frac{u(\rho_r)^2}{\rho_r^4} \quad (1-3-6)$$

其中 m_0 為法碼標稱值； ρ_r 為參考標準法碼密度； ρ_t 為待校法碼密度； ρ_{al} 為標準件法碼追溯當時之實驗室空氣密度，其值為 $\rho_{al} = 1.1996 \text{ kg/m}^3$ ；校正時空氣密度 ρ_a 經長期觀測實驗室溫濕度及大氣壓力計算為 $\rho_a = 1.1953 \text{ kg/m}^3$ ； ρ_0 為約定條件

的空氣密度(空氣密度參考值： $\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$)，則空氣浮力不確定度計算參數及結果如表 1-3-7 所示。

表 1-3-7、空氣浮力不確定度參數表

標稱值	m_0 (mg)	空氣密度 (kg/m^3)			空氣浮力 不確定度 $u(b)(\text{mg})$
		ρ_{al}	ρ_a	$u(\rho_a)$	
50 kg	50000000	1.1996	1.1953	0.00778	0.4007
20 kg	20000000	1.1996	1.1953	0.00778	0.1877

本系統量測忽略空氣浮力修正項 $m_0 C_b$ 之修正，而其相對應於空氣浮力的貢獻必須加入組合標準不確定度中，則組合標準不確定度為

$$u_c = \sqrt{[c(\Delta m_c)u(\Delta m_c)]^2 + [c(m_{cr})u(m_{cr})]^2 + [c(ba)u(ba)]^2 + [c(b)u(b)]^2 + (m_0 C_b)^2} \quad (1-3-7)$$

50 kg 質量量測系統不確定度評估之分量表如表 1-3-8 所示。

表 1-3-8、50 kg 質量量測系統不確定度分量表

量測能量				50 kg		20 kg	
不確定度源	類型	機率分布	靈敏係數	標準不確定度(mg)	自由度	標準不確定度(mg)	自由度
量測過程 $u(\Delta m_c)$	A	t 分配	1	0.257	1539	0.183	194
標準法碼 $u(m_{cr})$	B	常態	1	4.811	50	1.443	50
質量比較儀 $u(ba)$	B	矩形	1	1.0008	50	1.0008	50
空氣浮力 $u(b)$	B	常態	1	0.4007	50	0.1877	50
空氣浮力修正項 $m_0 C_b$ (mg)				0.1838		0.0941	
組合標準不確定度 u_c (mg)				4.9388		1.7784	
有效自由度 V_{eff}				55		93	
涵蓋因子 k (信賴水準 95 %)				2.01		1.99	
量測不確定度 U (mg)				10		3.6	

(2) F06 低壓氣體流量校正系統

A. 年度計畫目標如下：

完成低壓氣體流量校正系統改良

- 氣體流量原級標準系統
量測範圍：(0.002 ~ 40) L/min
量測不確定度：0.09 %
- 氣體流量工作標準系統
量測範圍：(0.002 ~ 40) L/min
量測不確定度：0.13 %

B. 工作成果

- 完成氣體流量原級標準系統流量量測之操作程序的建立
 - a. 建立氣體流量原級標準系統量測架構與校正自動化擷取軟體程式操作程序

氣體流量原級標準系統量測架構如圖 1-3-15，實體照片如圖 1-3-16，由五具精密製造的標準玻璃管所組成，配合安裝於移動機構上之雷射光學尺，可精確量測活塞對應光電感測器間之位移行程。進行校正流量計時，將被校件安裝於上游側，以調壓閥及流量調節閥調整至所需工作壓力及流率，流率穩定後，將通過被校流量計之氣體，由旁通管路導入標準玻璃管，推動標準玻璃管內之活塞開始向上移動，當活塞通過底側光電感測器，氣密用之水銀反射光線觸發計時器及雷射光學尺之計數器，圖 1-3-17 之校正自動化擷取軟體同步開始擷取標準系統與被校件氣體之溫度與壓力，直到活塞通過上側光電感測器，氣密用之水銀反射光線再度觸發計時器及雷射光學尺之計數器，結束擷取標準系統與被校件之氣體溫度與壓力及被校件流率，並送出活塞於兩個光電感測器間之位移行程、收集時間、標準系統及被校件之氣體於收集時間內的平均溫度及壓力。利用活塞位移行程、收集時間、標準系統及被校件之氣體於收集時間內的平均溫度及壓力，配合事前量測之有效截面積，即可計算出流經被校件之標準流率。

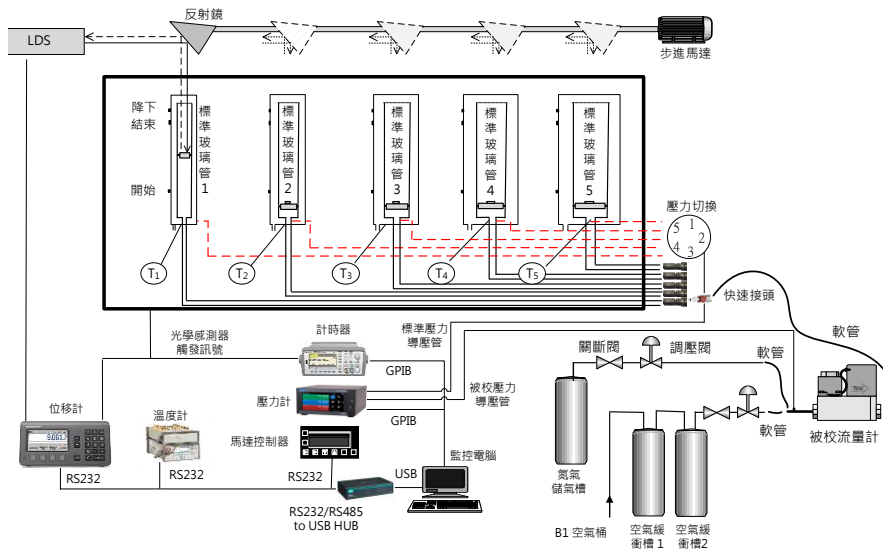


圖 1-3-15、氣體流量原級標準系統量測架構



圖 1-3-16、氣體流量原級標準系統之實體照片



圖 1-3-17、校正自動化擷取軟體主畫面

b. 完成氣體流量原級標準系統量測追溯與調控

建立氣體流量原級標準系統量測追溯體系，除完成環規、壓力計、傳遞用標準溫度計、萬用計頻器及雷射光學尺(位移計)直接外校，也以內校溫度計程序進行系統之標準溫度計調校，以及建立活塞管式校正器標準管內徑量測與不確定度評估程序，使用圖 1-3-18(a)環規及塞規，於現場如圖 1-3-18(b)，完成標準玻璃管內徑量測結果如表 1-3-9，並將標準玻璃管量測尺寸輸入校正系統軟體。

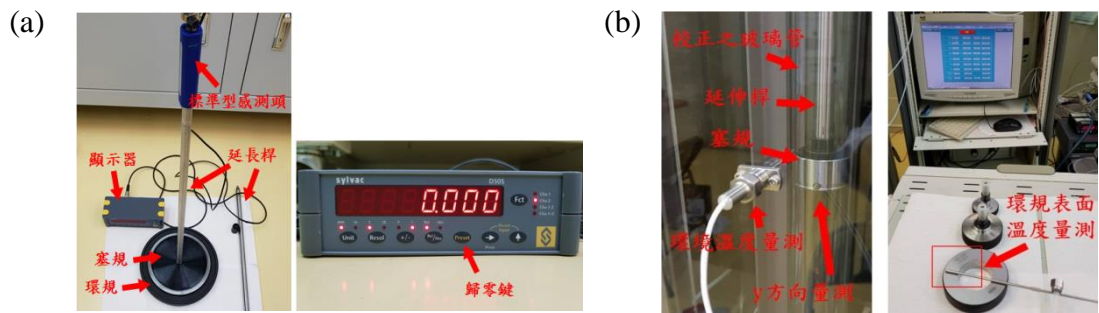


圖 1-3-18、(a)標準玻璃管內徑量測環規及塞規；(b)內徑量測實體圖

表 1-3-9、標準玻璃管內徑量測結果

玻璃管編號	型號	序號	平均內徑(mm)	量測不確定度(μm)	涵蓋因子
Column 1	16.5	1	16.4950	0.8	1.96
Column 2	27.0	1	27.0021	2.8	2.18
Column 3	45.0	1	44.9827	3.4	2.18
Column 4	80.0	1	79.9868	2.5	2.08
Column 5	160.0	1	160.0225	3.8	2.03

依據每根標準玻璃管設定最大流率，測試進氣過程之壓力與活塞位置對應關係，將啟始之光學感測器安裝於壓力穩定段之起始點。結束之光學感測器則視所需校正收集時間長短訂定。

為降低溫度量測不確定度，系統連接管路外部增加保溫材料絕熱、標準玻璃管外圍增加壓克力罩防止空調氣流影響熱平衡，經此措施後，進氣溫度與排氣溫度差異可控制於 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

• 完成氣體流量原級標準系統評估與驗證

a. 氣體流量原級標準系統不確定度分析

質量流率計算公式如下所示。

$$q_{m,s} = \frac{\pi \times \rho_s \times D_s^2 \times L_s}{4t} + \frac{\Delta\rho_{cv} \times V_{cv}}{t} + \rho_s \times q_{v,l} \quad (1-3-8)$$

其中

D_s ：標準管之平均直徑

L_s ：活塞觸發光電開關間之移動行程

t ：對應之收集時間

V_{cv} ：控制容積內氣體體積

ρ_s ：校正期間藉由溫度與壓力量測所計算出之標準管內氣體密度

$\Delta\rho_{cv}$ ：每次校正開始與結束瞬間，控制容積內氣體密度之變化

$q_{v,l}$ ：校正期間之洩漏率

(a). 質量流率相對組合標準不確定度為

$$\begin{aligned} \left(\frac{u_c(q_{m,s})}{q_{m,s}} \right) = & \left[\left(\frac{2u(D_s)}{D_s} \right)^2 + \left(\frac{u(L_s)}{L_s} \right)^2 + \left(\frac{u(\rho_s)}{\rho_s} \right)^2 + \left(\frac{-u(t)}{t} \right)^2 \right. \\ & \left. + \left(\frac{4V_{cv}}{\pi \times D_s^2 \times L_s} \frac{u(\Delta\rho_{cv})}{\rho_s} \right)^2 + \left(\frac{\Delta\rho_{cv}}{\rho_s} \frac{4u(V_{cv})}{\pi \times D_s^2 \times L_s} \right)^2 + \left(\frac{4t \times u(q_{v,l})}{\pi \times D_s^2 \times L_s} \right)^2 \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (1-3-9)$$

(b). 含被校件性能指標(Performance Indicator, PI) E_R 之不確定度

以實驗室內重複性最佳之層流式流量計作為被校件，性能指標為相對器差，其重複性校正後所產生之標準不確定度為(0.007 ~ 0.012) %。

器示值為參考狀態之流率 $q_{v,m}$

$$q_{v,s} = \frac{V_c}{t} \times \frac{T_r}{T_s} \times \frac{P_s}{P_r} \times \frac{Z_r}{Z_s} = \frac{V_c}{t} \times \frac{\rho_s}{\rho_r} \quad (1-3-10)$$

$$E_R = \frac{q_{v,m} - q_{v,s}}{q_{v,s}} \quad (1-3-11)$$

其中

$q_{v,s}$ ：標準系統於被校件參考狀態之體積流率

V_c ：管式校正器收集容積

t ：收集時間。

T_s ：管式校正器內氣體之絕對溫度

- P_s : 管式校正器內氣體之絕對壓力
- Z_s : 管式校正器內氣體之壓縮係數
- T_r : 參考狀態之絕對溫度
- P_r : 參考狀態之絕對壓力
- Z_r : 參考狀態之氣體壓縮係數
- ρ_s : 管式校正器內氣體之密度
- ρ_r : 被校流量計參考狀態氣體之密度
- $q_{v,m}$: 被校流量計之參考狀態體積流率量測值

相對器差之組合標準不確定度公式如式 1-3-12 所示

$$u_c(E_R) = \sqrt{\left[-\frac{q_{v,m}}{q_{v,s}} \cdot \frac{u(q_{v,s})}{q_{v,s}}\right]^2 + \left[\frac{u(q_{v,m})}{q_{v,s}}\right]^2 + u_{\text{rep,DUT}}^2} \quad (1-3-12)$$

依據 Welch - Satterthwaite 公式(如式 1-3-13)計算有效自由度

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_c^4}{\sum \frac{(c_i u(x_i))^4}{v_i}} \quad (1-3-13)$$

在 95 % 信賴區間查 t 分佈臨界值，即為涵蓋因子 k 。

$$U(E_R) = k \times u_c(E_R) \quad (1-3-14)$$

對應不同標準管之標準流率及性能指標(PI)之不確定度如表 1-3-10。

表 1-3-10、對應不同標準管之標準流率及性能指標(PI)之不確定度

	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
$\left(\frac{u_c(q_{m,s})}{q_{m,s}}\right)$	0.036 %	0.034 %	0.033 %	0.032 %	0.032 %
$u_c(E_R)$	0.040 %	0.038 %	0.037 %	0.036 %	0.045 %
$U(E_R)$	0.08 %	0.08 %	0.08 %	0.08 %	0.09 %
k	1.98	1.98	1.97	1.97	1.97
自由度	>100	>100	>100	>100	>100

依據表 1-3-11 各具標準玻璃管設定操作流率範圍對應之收集容積及時間、輔助儀表校正及參數控制能力，完成 5 具玻璃管及 2 個流率條件之評估分析，量測不確定度如表 1-3-11。由表 1-3-11 可得到氣體流量原級標準系統之量測不確定度為 (0.07 ~ 0.08) %，符合計畫目標。

表 1-3-11、不同標準管流率規劃與不確定度彙整表

	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
V_c	64 cm ³	347 cm ³	961 cm ³	3015 cm ³	11061 cm ³
t	≥ 38.5 s	≥ 70 s	≥ 55 s	≥ 33 s	≥ 15 s
$\frac{V_c}{t}$	(2 至 100) cm ³ /min	(10 至 300) cm ³ /min	(100 至 1000) cm ³ /min	(500 至 5000) cm ³ /min	(2000 至 40000) cm ³ /min
$\frac{u_c(q_{m,s})}{q_{m,s}}$	0.036 %	0.034 %	0.033 %	0.032 %	0.032 %
$k\left(\frac{u_c(q_{m,s})}{q_{m,s}}\right)$	0.08 %	0.07 %	0.07 %	0.07 %	0.07 %
$u_c(PI)$	0.040 %	0.038 %	0.037 %	0.036 %	0.045 %
$ku_c(PI)$	0.08 %	0.08 %	0.08 %	0.08 %	0.09 %

b. 氣體流量原級標準系統不同標準管間一致性驗證

依據設定流量重疊及搭配工作標準件性能條件，進行選用 4 具層流標準件進行表 1-3-12 之不同標準管間一致性驗證，以至少 10 筆以上數據平均值，計算其差異，結果顯示其差異不超過 0.01 %。

表 1-3-12、不同標準管間一致性驗證測試流率與結果差異

相對器差 (%)				
	50 sccm	250 sccm	1000 sccm	3000 sccm
Column 1	0.237	N/A	N/A	N/A
Column 2	0.227	0.485	N/A	N/A
Column 3	N/A	0.480	0.101	N/A
Column 4	N/A	N/A	0.098	0.191
Column 5	N/A	N/A	N/A	0.181
Difference	0.010	0.005	0.003	0.010

c. 氣體流量原級標準系統與原有系統間一致性驗證

依據設定流量重疊及搭配工作標準件性能條件，進行選用 4 具層流標準件進行之不同標準管系統間一致性驗證，以至少 3 筆以上數據平均值，計算其差異，結果顯示於圖 1-3-19 ~ 1-3-22，新(New-PP)及舊(Old-PP)管式校正器間之差異介於 0.01 % 至 0.05 %。相較於舊系統宣告之不確定度 0.11 % 及新系統之 0.09 %，此差異顯示評估合理以及差異性計算。

此外新系統也於 10 月完成 CCM.FF-K6.2017 國際比對活動之校正測試，初步結果也符合預期能力，因比對活動尚未正式完成，數據無法於此呈現。

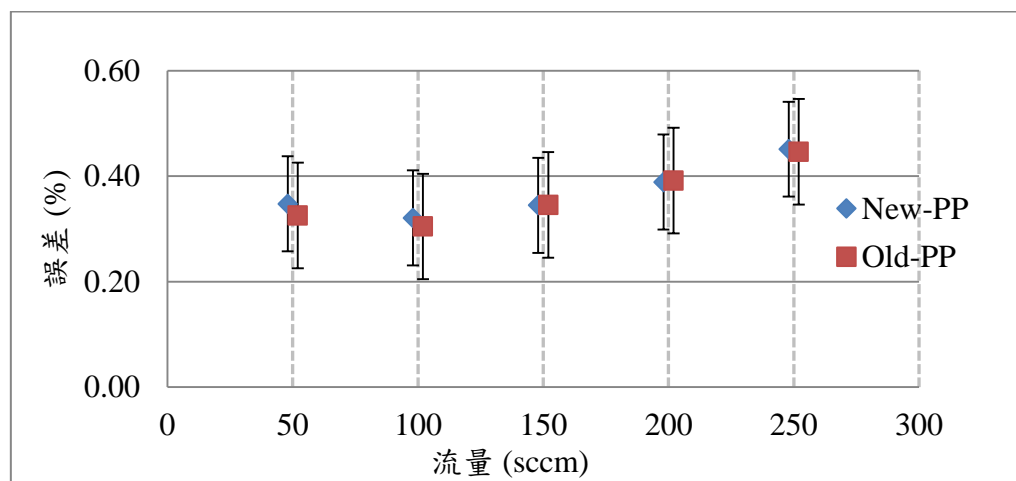


圖 1-3-19、新/舊管式校正器之差異(50 sccm 至 250 sccm)

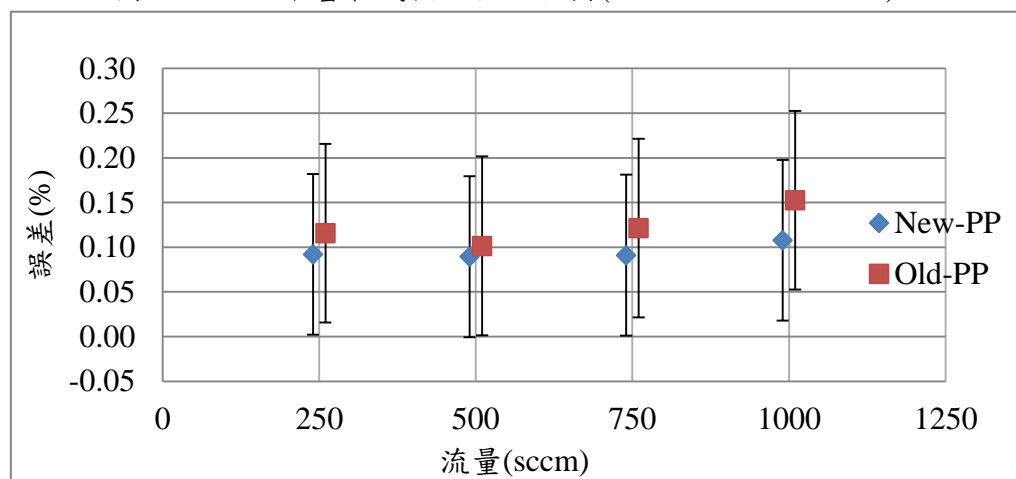


圖 1-3-20、新/舊管式校正器之差異(250 sccm 至 1000 sccm)

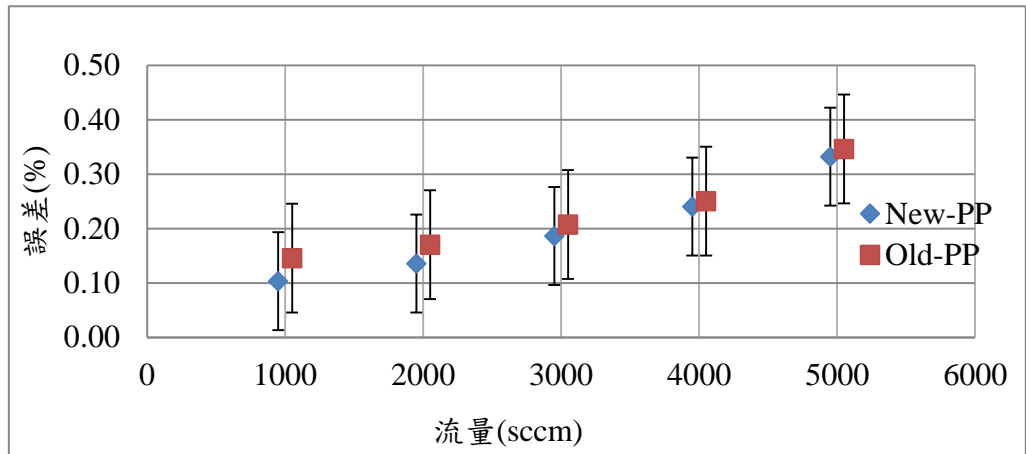


圖 1-3-21、新/舊管式校正器之差異(1000 sccm 至 5000 sccm)

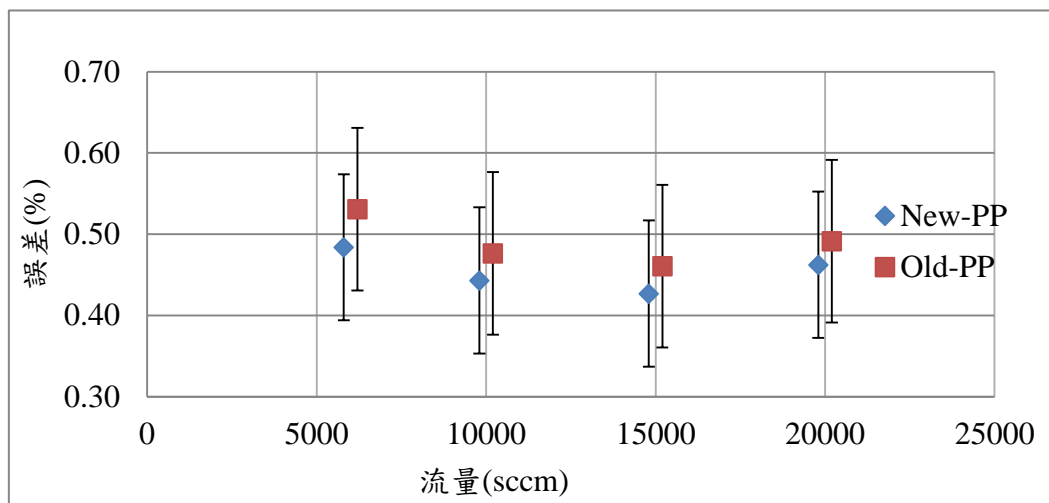


圖 1-3-22、新/舊管式校正器之差異(6000 sccm 至 20000 sccm)

- 完成氣體流量工作標準系統流量量測之操作程序的建立
 - a. 建立氣體流量工作標準系統量測架構與校正自動化擷取軟體程式操作程序

氣體流量工作標準系統量測架構如圖 1-3-23，由 8 具(2 具備用)層流式元件組成。進行校正流量計時，將被校件安裝於上(或下)游側，以調壓閥及流量調節閥調整至所需工作壓力及流率，待流率穩定後讀取 MOLBOX1 顯示流率，經過狀態換算後與串連管路之被校流量計流率進行比對校正。

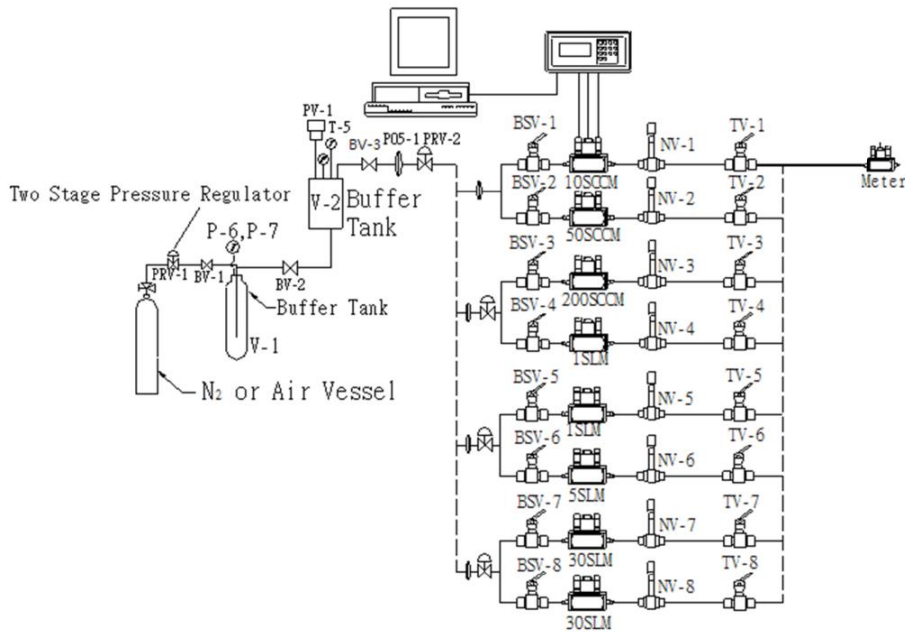


圖 1-3-23、標準流量計法系統示意圖

b. 完成氣體流量工作標準系統量測追溯

以原級之管式校正器校正流量計之程序完成 6 具工作標準件校正，並將修正係數與流率對應關係輸入校正系統軟體。

• 完成氣體流量工作標準系統評估

依據工作流量標準件校正追溯流率、輔助儀表校正及參數控制能力，進行 6 具工作流量標準件之評估分析，並彙整不確定度於表 1-3-13。由表 1-3-13 可得到氣體流量工作標準系統之量測不確定度為(0.11 ~ 0.13) %，符合計畫目標。

表 1-3-13、氣體流量工作標準系統不確定度分析

標準件序號	流率 (cm ³ /min)	質量/體積流率 量測不確定度 (%)
1279	2 至 20	0.12 / 0.13
1271	5 至 75	0.11 / 0.12
1247	25 至 250	0.11 / 0.12
977A	100 至 1000	0.11 / 0.12
1286	500 至 5000	0.11 / 0.12
1092	4000 至 40000	0.12 / 0.13

3. 系統設備汰換，共1項

(1) 目標：

完成「1000 kg 質量比較儀」請購、組裝及驗收。

(2) 組裝及測試結果：

表 1-3-14、1000 kg 質量比較儀測試結果

驗收規格	測試/驗收結果
完成儀器組裝及訓練	107 年 11 月 9 日完成儀器組裝及提供本院使用者 4 人 8 小時操作維護訓練，訓練內容符合需求。
最大衡量 1000 kg	實測放置標稱值 1000 kg 的法碼於天平秤盤上，可顯示量測讀值。
稱重範圍 100 kg 至 600 kg，解析度 0.1 g	稱重範圍 100 kg 至 600 kg，解析度 0.1 g
稱重範圍 600 kg 至 1000 kg，解析度 0.5 g	稱重範圍 600 kg 至 1000 kg，解析度 0.5 g
稱重範圍 100 kg 至 600 kg，重複性 0.23 g	稱重範圍 100 kg 至 600 kg，實測重複性小於 0.23 g
稱重範圍 600 kg 至 1000 kg，重複性 1.5 g	稱重範圍 600 kg 至 1000 kg，實測重複性小於 1.5 g
具備定位盤，可以於量測時自動調整重心位置	具備定位盤，並具備量測時自動調整重心位置
H 型雙軌天車架設，最大負重能力 2 噸	H 型雙軌天車架設完成，實測吊掛最大負重為 2 噸，符合規格。



圖 1-3-24、1000 kg 質量比較儀及 H 型雙軌天車

4. 小型系統精進研究與改善，共5套

(1) 質量法高壓混合氣體供應驗證系統(C08)改善工作

• 系統待改善問題

現有配製用氣瓶，內壁無內拋光處理，產生吸附問題，且既有氣瓶之瓶閥長期重複使用下造成閉鎖不全，用於真空抽氣清洗系統之零組件，如幫浦系統、壓力感測器組件、真空壓力計及調壓閥等出現老化，導致氣瓶清洗潔淨度不足與大氣污染物引入等問題。另外，純度分析用質譜儀因分析樣品導致進樣口及內部管路零件有殘留，易導致分析數據產生誤差。

- 解決方案

新購內壁經內拋光處理之氣瓶，降低吸附效應瓶閥老化問題，並逐步汰換系統中已老化零件，並進行質譜儀保養維護工作，以確保原級驗證猜參考混合氣體之供應品質。

(2) 高壓氣體流量系統(F05)

- 系統待改善問題

(a) 管路安裝問題：流量校正中的高壓氣體校正系統(F05)的操作，是由高壓儲槽經過減壓後經過音速噴嘴再接往不同尺寸管件進行下吹式校正或循環式校正。由於整套管件是由不同長度與管徑的鋼管所組成，於每次的校正時，需配合待校流量計的尺寸，拆裝適當長度的鋼管來進行管路長度的調整搭配，耗費大量的人力，且微小的尺寸差異也會造成法蘭安裝的困難，甚至可能造成洩漏。

(b) 稱重桶收集量問題：系統之音速噴嘴工作標準件原有最小喉部尺寸對應之實際體積流率為 $3 \text{ m}^3/\text{h}$ ，於最小標準體積流率 $15 \text{ m}^3/\text{h}$ 時的工作壓力為 5 bar ，導致於原級衡量法校正時稱重桶收集量受限於音速噴嘴工作壓力，收集氣體質量量測不確定度明顯提高。

- 解決方案

(a) 針對管路安裝問題，流量室運用過去在水系統的經驗，製作可調整管路長度的特殊型管路套件。於安裝待校流量計時，可利用螺桿進行該特製管路的長度調整，減少對於管路長度的選用困難，也方便法蘭的安裝及降低洩漏的風險。

(b) 針對氣體收集量問題，我們依據ISO9300規範，將音速噴嘴工作標準件最小喉部尺寸降至 1.635 mm ，對應之實際體積流率為 $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，於最小標準體積流率 $15 \text{ m}^3/\text{h}$ 時的工作壓力提高為 10 bar ，收集氣體質量量測不確定度可減少至原來1/2以下。

(3) F12系統改善工作

- 系統待改善問題

PVTt原級系統原有三向閥為委請廠商配合特製之閥件，經過5年多的使用，閥體出現磨損，持壓測試發現有微量洩漏，此洩漏量雖尚未對校正之正確性產生影響，但為確保系統長期穩定，因此在定期標準容積標定前進行三向閥更換與管路修改工程。

- 解決方案

此次進行三向閥更換與管路修改工程，包括兩具180°三向閥更換。三向閥不再委請廠商特製，改為標準規格品，避免後續維護困難。搭配制動氣缸供氣量加大，提昇轉向作動速度，經過測試，目前正反轉向時間分別為100 ms 和50 ms，已可符合量測要求。

(4) 電磁場強度量測系統(U06)

- 系統待改善問題

現有電波暗室結構體建置至今已逾26年，期間曾經歷建物天花板漏水，造成暗室頂層之板材(為金屬與木質夾板)有大面積膨脹與脆化，影響暗室的安全與特性。同時其尺寸大小也無法符合現行的電磁場強度計校正標準規範IEEE 1309與EMC安規標準IEC61000-4-3中提及的場地校驗標準所規範之最低尺寸需求，因此申請工研院自有資金於現有的建物主體空間內進行適當的暗室空間擴充與重建(頻率至40 GHz)，以確保暗室結構的安全、場地特性的品質與量測準確度。

- 解決方案

改裝方式主要參考標準IEEE 1309與IEC 61000-4-3，電波暗室之本體改採用盤式模組系統建，以增加組裝便利性，同時以2 mm的鍍鋅鋼板進行相關組合，此鍍鋅厚度可有效降低環境溫濕度與使用年限的影響。暗室內採用塑料型材料，此材料除了可達要求之衰減特性，同時兼具防潮與防火以增加使用年限，並可有效降低粉塵掉落與校正人員吸入。於今年完成改善後，經電磁場強度量測系統進行場地特性量測評估後，確認改善後的量測場地是可符合法規變異性(+0.5 dB)之要求。



圖 1-3-25、電波暗室內外部更新實體照片

(5) 奈米粒徑量測系統(D26)

- 系統待改善問題

奈米粒徑量測系統之標準粒子與查核件等，於98~100年配置與研發，迄今已使用接近10年。近年發現樣品有沉降與聚集現象，為確認樣品是否適合繼續使用，經

評估後，乃決定與工研院材化所配合透過電子顯微鏡等儀器進行內容物的穩定度、均勻度與其他物理化學特性之分析與評估，以利確保系統良好運行。

- 解決方案

分裝六批次樣品，分別在不同時間點，抽樣以TEM/SEM進行量測。以ANOVA分析樣品均勻性，每組取樣三千顆以上粒子，進行聚集與分散度等，以MATLAB統計計算，繪製粒徑分佈圖、平均粒徑、AR比等。量測程序參考ISO Guide34 5.14節建議，測試不同條件穩定度變化，為期達4週，每週進行一次。於今年已陸續完成以TEM/SEM等系統進行粒徑與分散性、穩定度等量測評估，評估後的量測變異值小於10%。確認符合標準品品質，合宜繼續使用。

【分項結論】：

國家度量衡標準實驗室(NML)依度量衡法所設置，負責全國度量衡最高標準之研究實驗、建立、維持、校正等事宜。運作、維持我國國家15領域最高量測標準及國際度量衡委員會(CIPM)相互認可協議(MRA)之簽署與效力，確保量測的一致性及準確性提供業界校正服務，奠基國家品質基磐，滿足產業、民生、安全等校正與追溯之需求。

1. 本年度共執行 4951 件/年之一級校正服務，提供國內民間校正、檢測業(二級實驗室)所出具之 600 萬份報告具追溯性，支持 180 億元之檢測市場規模，確保國家研發、生產製造等活動之量測一致性及準確性。提供標準檢驗局每年約 200 件，協助法規面之執行，確保公務執法及民生用之水表/電表/瓦斯表等公平交易，保障民生福祉。
2. 參與 APMP、國際比對及 BIPM 校正量測能量(CMC)登錄等國際活動，共執行 7 項年度國際比對活動、登錄 292 項 CMC，確保我國計量主權。擔任 CIPM 長度諮詢委員會(CCL)、光度與光輻射諮詢委員會(CCPR)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)及質量技術委員會(TCM)主席與醫學計量焦點工作組主席，建構與國際組織之連結，達成全球品質基磐之調合及相互認可。
3. 配合政府南向政策，協助越南計量院計量電量及振動領域人員培訓 2 場次，配合標準局進行台印尼度量衡合作案，辦理氣量計課程訓練 1 場次，藉由此活動強化國際計量機構之關係，提昇我國於亞太地區之知名度。
4. 辦理 3 場次度量衡教育推廣活動，邀請偏遠地區學校共同參與，縮短城鄉教育資源落差，促進各界瞭解我國對度量衡文物典藏研究，以及推廣計量標準之重要性。

二、工業計量技術發展分項

(一)、自動追蹤雷射測距與校正技術

【全程技術建立時程】

	106 年度目標	107 年度目標	108 年度目標	109 年度目標
技術指標或系統規格	<ul style="list-style-type: none"> •自動追蹤雷射測距技術： ✓角度感測型雙軸旋轉技術： 轉軸對心徑向誤差 < 5 μm，軸向誤差 < 2 μm 水平旋轉軸旋轉角度：± 180° 俯仰旋轉軸旋轉角度：-10° ~ +80° 角度解析度 < 0.5" ✓ISO 230-2/-6 量測與評估技術： 量測重複性在 ± 3 μm 內 (以 NML CMM 做為量測對象) 	<ul style="list-style-type: none"> •自動追蹤雷射測距技術： ✓光機電軟體系統整合技術： 雷射測距模組整合，解析度 ≤ 0.1 μm，及兩軸角度輸出顯示。 •智慧工具機自動量測與補償技術： ✓至少完成 1 種機台結構之空間誤差模型 ✓工具機空間運動誤差模型建立，至少可求得 17 項誤差運動之誤差值 ✓機台實測： 量測重複性在 ± 10 μm 內(不含待測件不確定度)及產生線性軸空間誤差補償表 		

註：自動追蹤雷射測距與校正技術 108 與 109 年度之工作事項，將轉移到「智慧機械新興重點政策計畫」，未來系統建置完成則回歸本計畫運轉維持，及視其他產業需求進行能量擴充與改良

【本年度目標】

- 完成自動追蹤雷射測距技術：光機電軟體系統整合技術，雷射測距模組整合，解析度 ≤ 0.1 μm，及兩軸角度輸出顯示。
- 完成智慧工具機自動量測與補償技術：至少完成 1 種機台結構之空間誤差模型，及座標量測儀或工具機機台實測，空間體(Body)對角線量測距離 1000 mm 以下，但不得小於 700 mm，其重複性差異在 ± 10 μm 內 (不含待校件不確定度)及產生座標量測儀或工具機線性軸空間誤差補償表。

【執行成果】

(一) 自動追蹤雷射測距與校正技術

為提供智慧工具機或航太用工具機檢測所需的空間幾何精密量測服務，本計畫建立「自動追蹤雷射測距與校正技術」，可調和產線機台加工能力，並確保加工成品尺寸正確性，提升製程參數優化，達成製造智能化與產品高值化目標，計畫針對 10 μm 定位準確度等級之工具機進行技術開發，分為兩個重點工作，一為延續去年所製作的具角度型自動追蹤雷射測距機構，更進一步地進行光機電整合技術；二為開發分析 21 項幾何誤差輸出軟體。

自動追蹤雷射測距量測儀器可分為兩大部件，一是用來固定並帶動雷射測距模組使能旋轉追蹤的兩軸旋轉治具之機構，另一個即是含測距光路之雷射測距模組，光機電整合技術就是要讓儀器能夠有追蹤與測距功能，光機電系統架構圖如圖 2-1-1，此技術包含「光」、「機」、「電」三大塊，將分述如下；「光」—含測距與追蹤光路於測距與追蹤單元(圖 2-1-2)，其中測距值為整套系統在進行幾何誤差量測分析時之主要關鍵參數，因此測距光路為影響整套系統量測能力的關鍵元件，測距光路使用邁克森干涉原理(Michelson Interferometer)實現，配合計數電路來達到測距功能，另外追蹤單元，是將反射回來的雷射光用分光鏡分成兩道，一道至測距電路，一道則至追蹤電路，追蹤電路主要靠著是位置感測器，偵測反射鏡移動，進而反饋至馬達，靠著兩軸旋轉治具之機構使達到追蹤的功能；「機」—含雙軸旋轉追蹤用機構，含水平向旋轉與垂直向旋轉，這部分主要是在去年完成；「電」—乃利用微型電腦 Raspberry pi 作為數值運算用，透過雷射光點打在位置感測器得到的電壓值，來決定旋轉角度與方向，並聯動驅動器使馬達進行相對應之運動，電訊號運作方式主要是 Raspberry pi 先產生脈波訊號，再透過訊號轉換電路轉成直流電壓輸出至馬達的驅動器，藉由驅動器內設定的電壓與轉速比例來決定馬達的轉速。另外，搭配開發一套”人機介面軟體”，用來顯示測距值與雙軸轉動角度值(圖 2-1-3(a)所示)，通訊透過通用非同步收發傳輸器(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, UART)，通訊過程中雙軸轉動角度輸出為避免雙伺服馬達干擾通訊問題，特別使用了光隔離電路，整體周邊硬體如圖 2-1-3(b)所示。

如上述，由於測距值為影響量測能力之關鍵元件，也特別針對測距解析能力來進行確認。本計畫選用 NML 之座標量測儀(Coordinate Measuring Machine, CMM)做進行測距能力測試，因座標量測儀之光學尺解析度可到 1 nm，位移能力可達 50 nm，設定最小位移量為 100 nm，觀察顯示於電腦之人機介面，是否有此位移量。測試結果可符合計畫中 $\leq 0.1 \mu\text{m}$ 之測距解析能力的目標，如圖 2-1-4 所示。最後，於 NML CMM(規格 1200 mm \times 1000 mm \times 700 mm)及前往業界新 O 借用研發實驗用的工具機進行實測(操作空間規格 700 mm \times 300 mm \times 200 mm)，如圖 2-1-5，依照 ISO 230-2/-6 方式，最後得到的量測結果如圖 2-1-6 ~ 圖 2-1-7 所示，從圖 2-1-6 可知於 CMM 量測結果重複性皆可在 2 μm 以下，而從圖 2-1-7 可知工具機量測結果看單向最大重複性也在 2 μm 內，符合預期 10 μm 條件的目標。

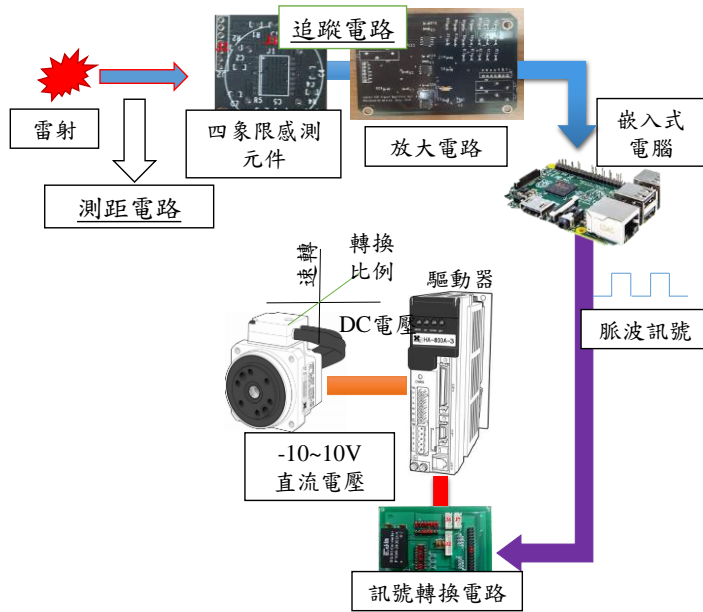


圖 2-1-1、光機電系統架構圖

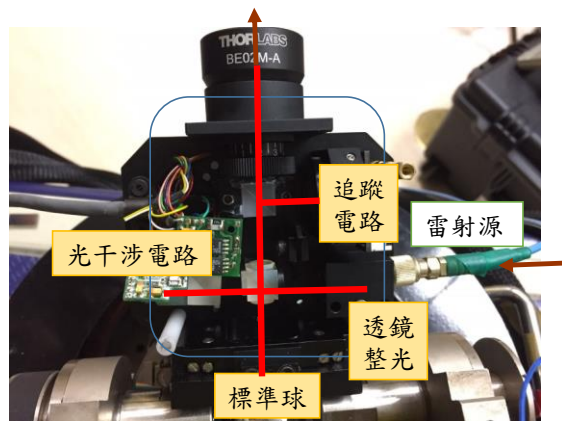
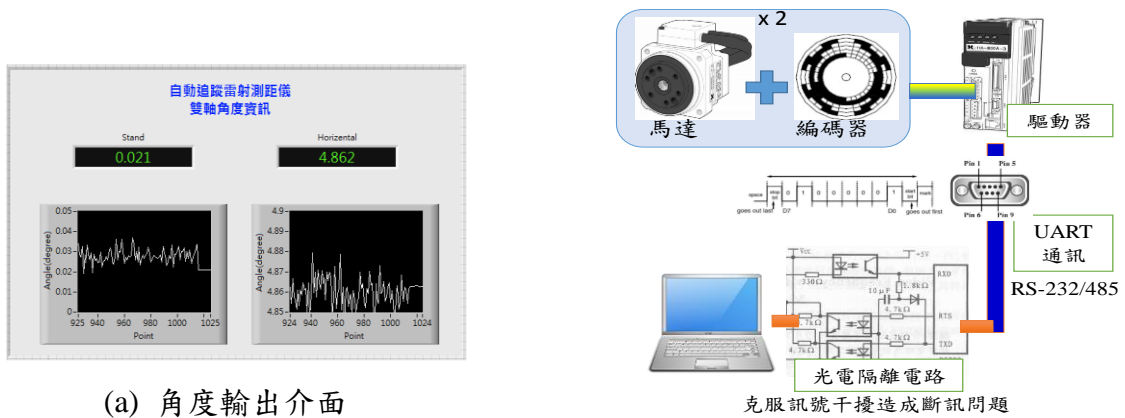


圖 2-1-2、測距模組



(a) 角度輸出介面

(b) 角度輸出周邊硬體

圖 2-1-3、角度輸出功能



圖 2-1-4、測距解析測試，CMM 多步來回執行結果



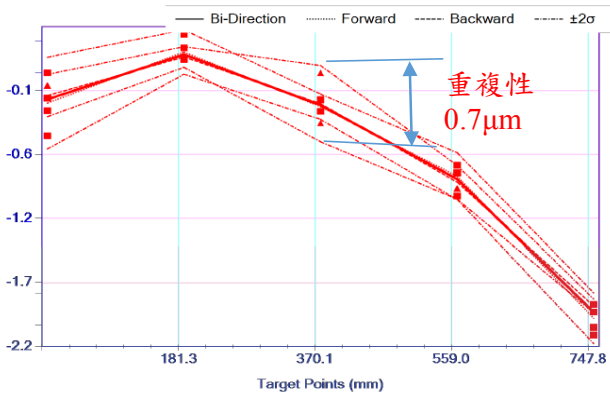
(a) CMM 實測



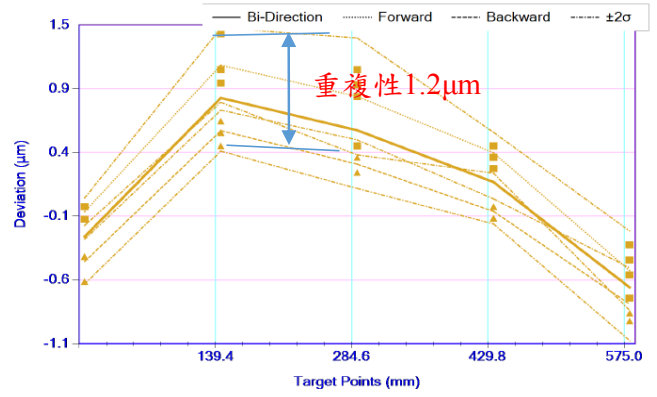
(b) 工具機實測

圖 2-1-5、實機實測

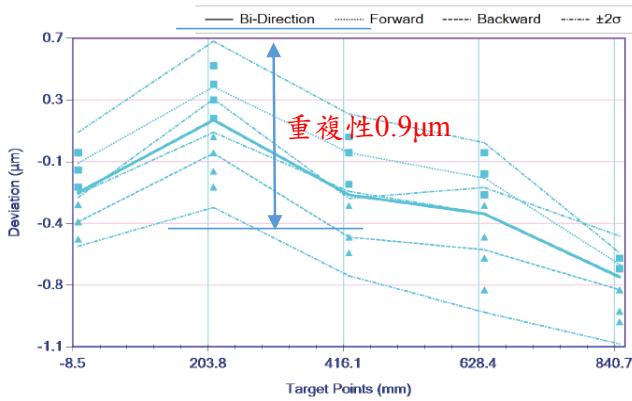
X-Axis Chart, Bi-Direction Measurement Result



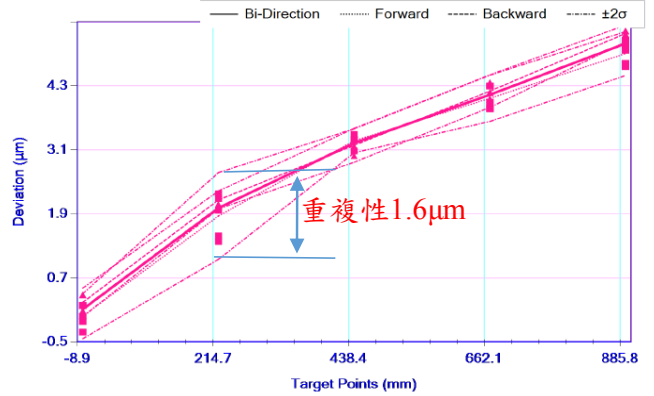
Y-Axis Chart, Bi-Direction Measurement Result



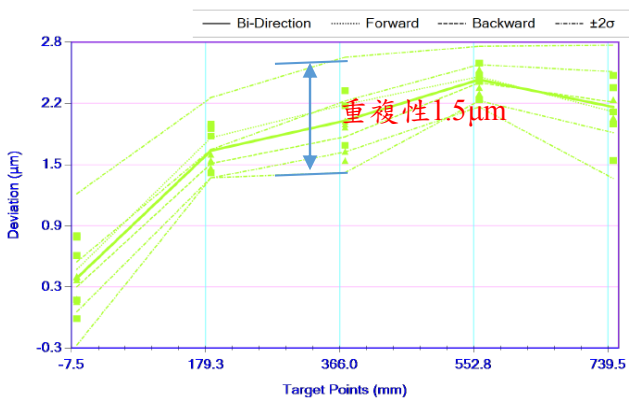
Face-XY Chart, Bi-Direction Measurement Result



Face-XZ Chart, Bi-Direction Measurement Result



Face-YZ Chart, Bi-Direction Measurement Result



Volume-XYZ Chart, Bi-Direction Measurement Result

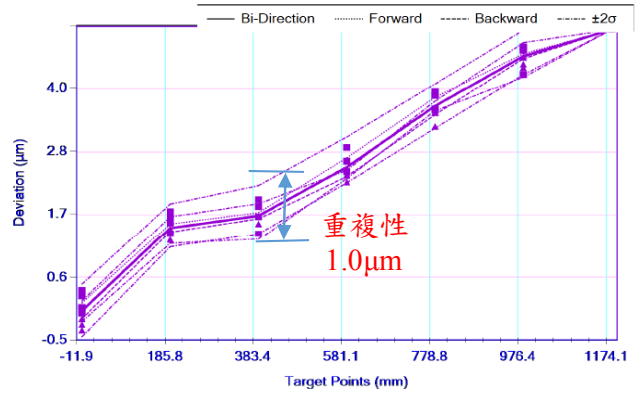


圖 2-1-6、自動追蹤雷射測距儀實測結果_CMM

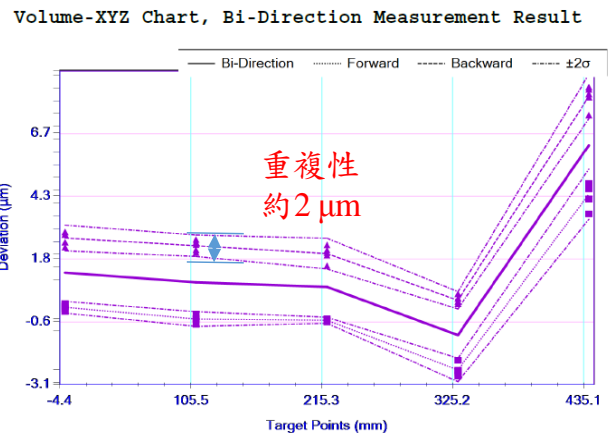
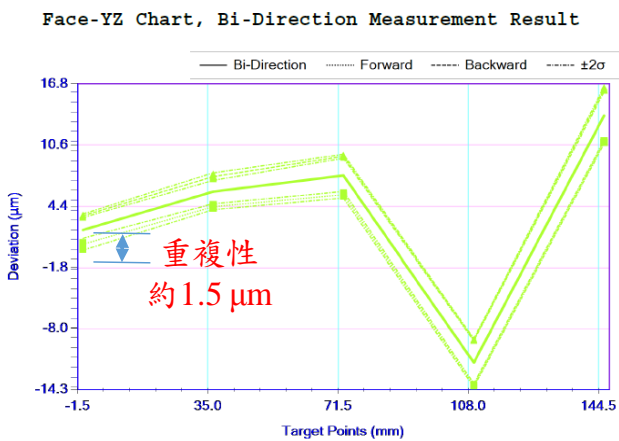
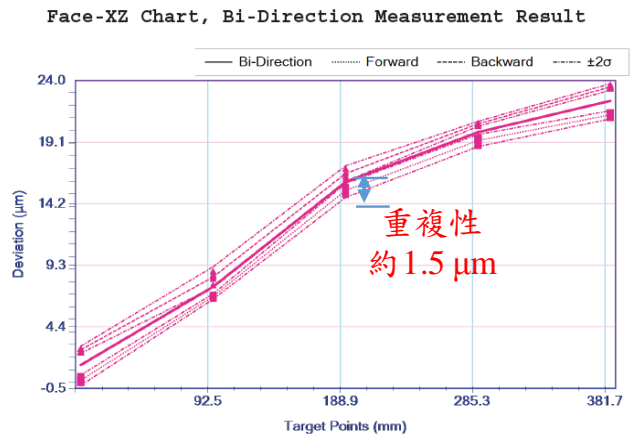
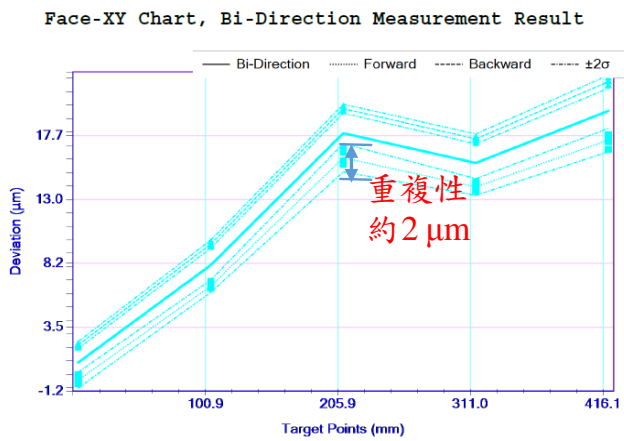
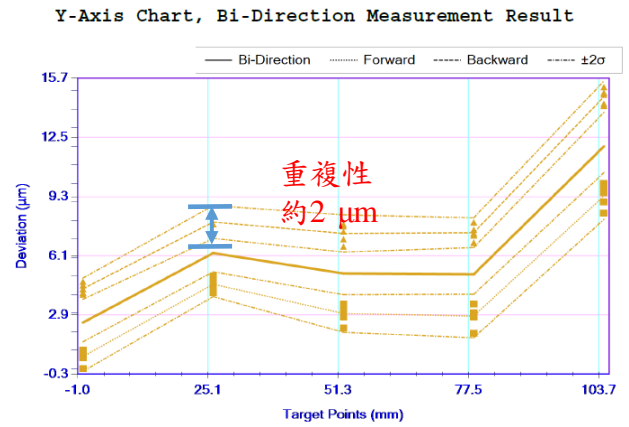
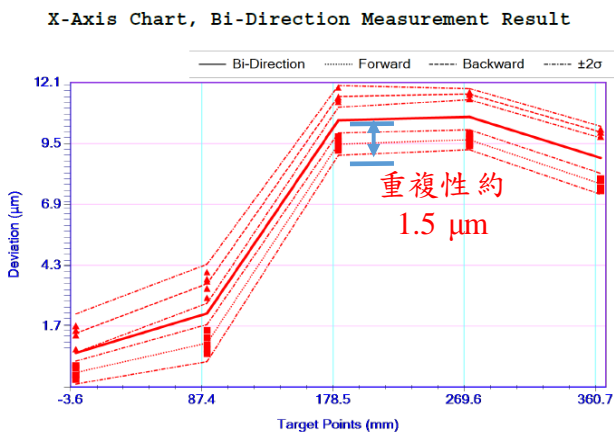


圖 2-1-7、自動追蹤雷射測距儀實測結果_工具機

(二) 智慧工具機自動量測與補償技術：

本項重點主要是能透過自動追蹤雷射測距技術來對機台量測後，可輸出符合 ISO 230-1 規範的 21 項幾何誤差表，提供工具機業者瞭解機台狀況。根據 ISO 230-1 所述，一般的三軸工具機都有 21 項誤差因子會影響到工具機的定位誤差，分為三項定位 (Positioning)、六項直線度 (Straightness)、九項角度誤差，包含俯仰角 (Pitch)、旋轉角 (Roll) 與搖擺 (Yaw)、以及三軸相互之間的三項垂直度 (Squareness)，共 21 項參數誤差。21 項幾何誤差求解，首先從誤差建模開始，使用齊次轉換矩陣 (Homogeneous Transformation Matrix, HTM) 搭配線性化兩種建模方式，並搭配最佳化法來逆向求解出 21 項幾何誤差，過程中導入最佳化求解，求解時間可在 1 分鐘內完成，以下介紹建模推導與逆向求解方式。

• 齊次轉換矩陣建模

21 項幾何誤差求解前建模，考慮三軸龍門型運動結構，齊次座標轉換矩陣建模主要用來求解定位誤差與垂直度 6 項誤差，齊次轉換矩陣主要是依照機台運動結構，將各機件間的各项誤差矩陣相乘建立誤差模型，如圖 2-1-8 所示，式(2-1-1)為轉換後結果，從 O_1 透過平移及旋轉矩陣轉換至機台 O_4 。

$$O_4 = O_1 T_x R_{z_2} T_y R_{x_3} R_{y_3} T_z \quad (2-1-1)$$

於此 $T_x = L_x x_c$ ，其中 x_c 為 x 軸方向給定的定位命令， L_x 表示為 x 軸線性定位誤差參數，相同地， T_y 、 T_z 分別表示 y 與 z 軸方向的定位命令，與定位誤差參數。數學模型考慮常用的線性定位 (L_x, L_y, L_z)，並加入垂直度 ($R_{z_2}, R_{x_3}, R_{y_3}$)，共六個參數，包含線性定位與垂直度。

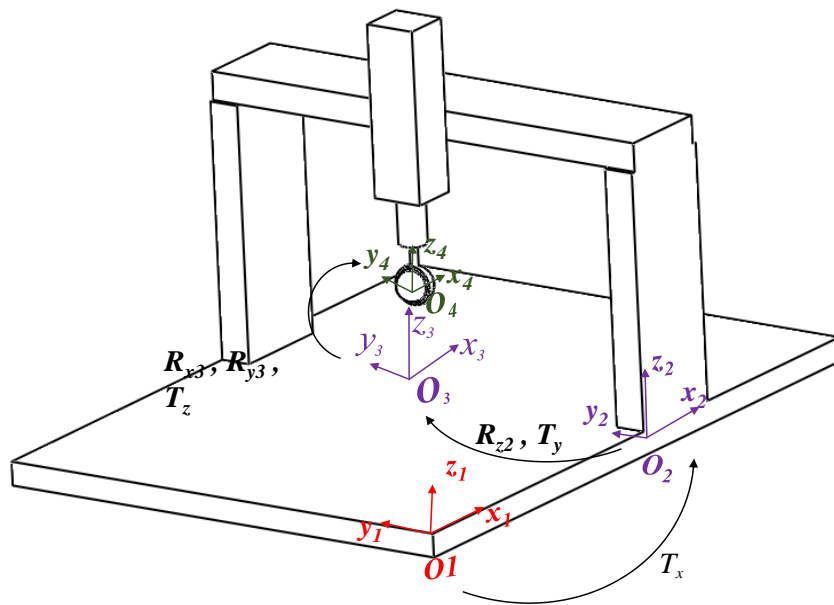


圖 2-1-8、龍門型三軸機運動模型

- 線性化建模

線性建模主要是用來進一步補充齊次轉換矩陣建模所缺少的其他幾何誤差項，一樣考慮龍門型的結構，當空間座標位置受各項幾何誤差影響時，可用下列式子描述各點的空間座標值

$$\begin{aligned} x &= L_x x_c + E_{xy} + E_{xz} + S_{xy} + S_{xz} + A_{xz-pitch} + A_{xy-roll} \\ y &= L_y y_c + E_{yx} + E_{yz} + S_{xy} + S_{yz} + A_{yx-yaw} + A_{yy-pitch} + A_{yz-yaw} \\ z &= L_z z_c + E_{zx} + E_{zy} + S_{yz} + S_{xz} + A_{zx-pitch} + A_{zx-roll} \end{aligned} \quad (2-1-2)$$

其中

$L_{x, y, z}$: 線性定位誤差

$E_{xy, yz, xz}$: 垂直度

$S_{x, y, z}$: 真直度

$A_{x, y, z}$: 角度誤差 pitch、roll、yaw

- 逆向求解

逆向求解乃透過逆向運動學方式(Inverse Kinematic)，其中要注意的是自動追蹤雷射測距儀所量測到的並非是得到空間座標值，而是僅由測距值，因此並須透過測距值來反算出 21 項幾何誤差值，考慮機台運動結構如圖 2-1-9 所示，為三軸龍門型，反射鏡於 Z 軸上，X 軸承載 Y 及 Z 軸來進行運動，假設於機台操作空間中，各軸切割成三等份，使成為 3 x 3 x 3 網格點，利用自動追蹤雷射干涉儀對每一個網格點進行測距，即模擬時將使用這 27 個點所量測到的測距資訊來進行模擬。

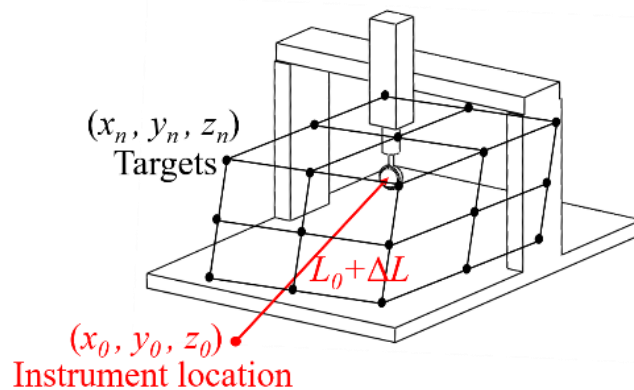


圖 2-1-9、空間網格點

逆向求解使用式(2-1-3) 作為目標函數，(x₀, y₀, z₀)為自動追蹤雷射干涉儀初始位置，L₀為初始距離，可用多線交會法(Multilateration)計算得到。誤差參數於逆向求解軟體中所定義方式，線性定位誤差使用比例方式呈現，垂直度則設定角秒 (Arcsecond, 符號為

)。由於機台假設為中品級工具機等級，搜尋的邊界條件設定為 1 ± 0.00005 (換算 1 m 為 $\pm 50 \mu\text{m/m}$)，垂直度設定為 $\pm 50''$ ，初始距離 L_0 則設定為 $\pm 3 \text{ mm}$ ，求解的目標函數使用如下。

$$\min \sum_{n=1}^N \left[\sqrt{(x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2 + (z_n - z_0)^2} - (L_0 + \Delta L_n) \right]^2 \quad (2-1-3)$$

於此，先考慮線性定位誤差、垂直度誤差等 6 項，使用齊次轉換矩陣建模進行模擬，其求解結果表示於表 2-1-1 及表 2-1-2，差異量可在 10% 以內，並在 NML CMM 上進行實機驗證，實驗結果整理於表 2-1-3，從表 2-1-1 到 2-1-3 說明著無論是模擬或實驗，兩者求解皆能收斂至接近預設值之結果，因此本計畫先採齊次轉換矩陣建模求解 21 項中的 6 項，最後再使用線性化建模方式求解出共 21 項的幾何誤差。

表 2-1-1、模擬結果於定位幾何誤差參數比較

項目 \ 軸位	X 軸	Y 軸	Z 軸
假設值 ($\mu\text{m/m}$)	-10	-15	20
模擬值 ($\mu\text{m/m}$)	-9.99	-15.01	19.99

表 2-1-2、模擬結果於垂直度幾何誤差參數比較

項目 \ 平面	XY	YZ	XZ
假設值 (arcsec)	-10	15	-20
模擬值 (arcsec)	-10.89	14.61	-19.69

表 2-1-3、模擬目標與實驗結果於六項幾何誤差參數比較

項 目		實驗 1		實驗 2	
		模擬目標	實驗結果	模擬目標	實驗結果
定位 準確度	$L_X (\mu\text{m/m})$	7	6.9	7	6.9
	$L_Y (\mu\text{m/m})$	9	8.3	-9	-8.4
	$L_Z (\mu\text{m/m})$	5	5.2	-5	-5.6
垂直度 誤差	$R_{z2} (\text{arc sec})$	9	8.9	-9	-8.9
	$R_{x3} (\text{arc sec})$	5	4.9	-5	-4.9
	$R_{y3} (\text{arc sec})$	7	7.0	7	6.7

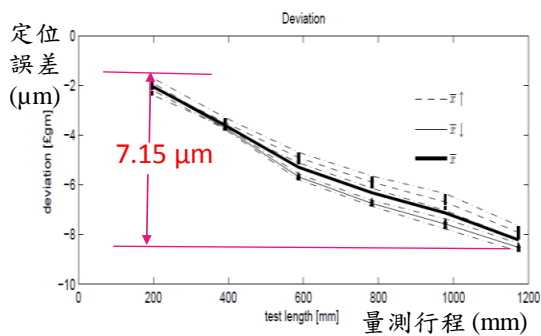
對於輸出 21 項幾何誤差實驗，一樣在 NML CMM 上進行實機驗證，且作了三次實機實驗與數據讀取，量測空間取 1000 mm x 600 mm x 200 mm，為符合每條直線至少量測 5 點之條件，將網格點細切至 5 × 5 × 5，每個網格點進行三次測距值，三次數據結果間之差異皆在 ±1.5 μm 範圍內。當切割 125 個網格進行量測，量測時間可於 1.5 小時內完成量測，與國外機台 Etalon 量測使用四台同時量測或分時法方式相比，至少可省下 1/4 的量測時間；使用量測後的測距結果，透過分析軟體輸出了 21 項幾何誤差，三次結果如表 2-1-4 所示，並估算三次實驗數據求解結果之標準差來評估重複性，整理於表 2-1-5，從表中可知線性誤差重複性小於 ±1 μm/m，角度誤差含垂直度誤差之重複性也都可小於 ±1" 內，符合預期目標，也展現本軟體求解具好的穩健性(Robustness)。最後，針對找到之 21 項幾何誤差進行了改善成效實驗，量測目標為 CMM 機台的對角線之定位準確度，如圖 2-1-10 為實驗結果，量測行程約 1100 mm，對角線定位準確度可從 7.15 μm 降低至 1.80 μm，效果達 74 % (其計算方式為(7.15-1.80)/ 7.15 = 74 %)，表示此開發技術將適用於定位準確度在 50 μm 之中品級的工具機量測上。

表 2-1-4、三次實驗下所輸出之 21 項幾何誤差表

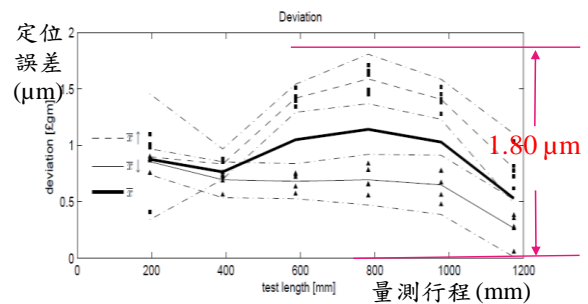
項目	Para.	實驗 1	實驗 2	實驗 3
定位 (Position)	xtx	-5.44 μm/m	-5.76 μm/m	-4.72 μm/m
	yty	-7.30 μm/m	-8.50 μm/m	-7.59 μm/m
	ztz	4.60 μm/m	4.47 μm/m	4.93 μm/m
真直度 (Straightness)	xty	0.51 μm	0.64 μm	0.48 μm
	xtz	0.40 μm	0.27 μm	0.35 μm
	ytx	0.69 μm	0.39 μm	0.39 μm
	ytz	1.19 μm	0.84 μm	0.76 μm
	ztx	0.16 μm	0.25 μm	0.21 μm
	zty	0.20 μm	0.17 μm	0.15 μm
角度 (Pitch / Yaw / Roll)	xrx	0.81 "	0.79 "	0.72 "
	xry	1.41 "	1.38 "	1.29 "
	xrz	1.79 "	2.41 "	2.00 "
	yrx	3.30 "	3.27 "	2.84 "
	yry	0.56 "	1.04 "	0.93 "
	yrz	ignore	ignore	ignore
	zrx	0.87 "	1.68 "	1.18 "
	zry	1.01 "	0.89 "	1.00 "
	zrz	ignore	ignore	ignore
垂直度 (Squireness)	xwy	-1.11 "	-1.35 "	-1.13 "
	xwz	2.69 "	2.87 "	2.73 "
	ywz	0.12 "	-0.20 "	0.06 "

表 2-1-5、三次實驗下所輸出之 21 項幾何誤差結果標準差

Item	Para.	標準差
定位(Position)	xtx	0.53 $\mu\text{m}/\text{m}$
	yty	0.63 $\mu\text{m}/\text{m}$
	ztz	0.23 $\mu\text{m}/\text{m}$
真直度 (Straightness)	xyx	0.09 μm
	xtz	0.07 μm
	ytx	0.17 μm
	ytz	0.23 μm
	ztx	0.05 μm
	zty	0.03 μm
角度 (Pitch / Yaw / Roll)	xrx	0.05"
	xry	0.06"
	xrz	0.32"
	yrx	0.26"
	yry	0.25"
	yrz	ignore
	zrx	0.41"
	zry	0.07"
	zrz	ignore
垂直度 (Squareness)	xwy	0.13"
	xwz	0.09"
	ywz	0.17"



(a) 改善前



(b) 改善後

圖 2-1-10、改善成效實驗結果比較

【執行檢討】

自動追蹤雷射測距技術之開發可從軟硬體兩方面來看，目前已成功地完成一套自動追蹤雷射測距雙軸旋轉機構硬體，掌握住機構設計、追蹤與測距光路及追蹤控制電路等關鍵技術；軟體部分則開發了符合 ISO230-2/-6 之量測功能，能夠取代傳統雷射干涉儀在機台運動直線上的定位準確度的量測，另外軟體也開發了工具機空間線性軸幾何誤差分析功能，與國外的自動追蹤雷射測距儀使用上最大的差異與特色為可使用單台儀器，且僅架設一個位置，不需放置四個以上位置情況下，即能取得 21 項幾何誤差值，加速量測時間，未來更將目前累積之技術延伸到智慧機械產業計量上，進一步地建立旋轉軸幾何誤差計量技術，解決業者在工具機關鍵零組件迴轉工作台在量測上之不便或耗時問題，並持續與業界密切配合，提供一套能完整取得五軸工具機 41 項幾何誤差量測技術，協助業者能夠加速機台組裝或驗機時程，並讓機台使用者能在使用此技術下，方便與快速瞭解機台的健康狀態。

【與業界之互動】

自動追蹤雷射測距技術可成功延伸應用在工具機產業上，今年與業界互動情況如下說明：

1. 技轉給航太領域指標廠商漢 O 公司有關自動追蹤雷射測距儀校正技術，提供該公司使用之查核件的溯源標準，免除送國外校正時，所花費的冗長時間(約 3 個月)。
2. 已獲上 O 公司同意提供自動追蹤雷射測距技術相關應用之技轉經費，並配合廠商需求對驅動元件進行設計變更，以利後續單、雙迴轉工作台幾何誤差量測與分析。

【推廣應用/效益】

1. 發展之技術可滿足工具機實機快速調校需求，以自動追蹤雷射測距儀取代傳統雷射干涉儀；另外，相較於使用國外的自動追蹤雷射測距儀器，本技術可在架設一次情況下即可取得 21 項幾何誤差值，因此能更快速掌握工具機機台的狀態。
2. 自動追蹤雷射測距技術發展可滿足工具機業者在機台操作空間誤差計量技術的需求，建模方式將可延伸至五軸工具機旋轉工作台之幾何誤差量測，預期可協助縮短迴轉工作台線上檢測時間，由 14 天減少為 7 天。
3. 自動追蹤雷射測距技術將持續應用在未來兩年之智慧機械產業計量標準建置增值計畫之驗證及示範場域。

(二)、超微量金屬粒子分析暨標準技術

【全程技術建立時程】

106 年度目標	107 年度目標	108 年度目標	109 年度目標
技術指標或系統規格 •高純度金屬塊材與溶劑純度分析技術 ✓高純度金屬塊材與溶劑純度分析技術：偵測極限< 50 ng/kg •靜態重力法無機元素供應驗證系統： ✓靜態重力法配製技術 鉛濃度：1000 mg/kg	•靜態重力法無機元素供應驗證系統： ✓液態鉛元素驗證參考物質 濃度：1000 mg/kg 量測不確定度< 10 mg/kg •奈米金粒子驗證參考物質粒徑量測技術： ✓粒徑量測技術：粒徑偵測極限< 10 nm	•線上校正用奈米粒子產生技術： ✓奈米金粒子核粒徑：60 nm，量測不確定度< 4 nm •無機元素同位素稀釋法量測技術： ✓鉛元素溶液(濃度範圍 1µg/kg 至 1mg/kg)，量測不確定度< 5 %	•電子級試劑中粒子成分分析技術： ✓酸鹼基質線上透析技術，基質透析效率 > 90 % ✓H ₂ O ₂ 分析技術 粒徑偵測極限：< 10 nm ✓H ₂ SO ₄ 分析技術 粒徑偵測極限：< 10 nm

【本年度目標】

- 新建靜態重力法無機元素供應驗證系統：液態鉛元素驗證參考物質，濃度為1000 mg/kg，量測不確定度< 10 mg/kg。
- 完成金粒子驗證參考物質粒徑量測技術：粒徑量測技術偵測極限 < 10 nm。

【執行成果】

本計畫預定以四年進行技術建置，針對高純度金屬塊材及溶劑純度分析技術、靜態重力法配製技術、溶液濃度滴定量測技術、奈米粒子分量測技術、線上校正用奈米粒子產生技術、無機元素之同位素稀釋法量測技術、電子級雙氧水(H₂O₂)與電子級硫酸(H₂SO₄)試劑中粒子成分分析技術等進行建置。

由於國內之二級實驗室多達百間以上，每年需使用到大量的無機元素驗證參考物質，因此在本年度新建 1 套靜態重力法無機元素供應驗證系統，以液態鉛元素驗證參考物質為首要供應之標的，系統能量為 1000 mg/kg，量測不確定度為 1.5 mg/kg。此能量除了可供應國內產業界量測計量追溯之需求外，亦可協助提供其他特定濃度之無機金屬驗證參考物質進行實驗室間能力試驗，評估各實驗室的分析能力。

近年來國內高階電子產業對於製程試劑中元素不純物分析之需求與日俱增，目前已有許多研究顯示製程中所使用之試劑純度會直接影響元件產品的效能，半導體製程對於許多污染物非常敏感，其中包含了極微量的污染如微粒、過渡金屬或重金屬等。因此，半導體相關產業對於電子級試劑的品管要求日漸嚴苛。目前感應耦合電漿質譜儀(Inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)對於各元素之偵測極限約落在 ppt (pg/mL)的層級，若將該濃度換算半導體產業監控的鐵奈米粒子，則相當於每毫升溶液含 3×10^4 顆的奈米粒子(假設粒徑為 20 nm)。換句話說，即使溶液中單一元素的無機離子低於 ICP-MS 的偵測極限時，溶液中仍可能含有高達每毫升 3×10^4 顆的鐵污染物，且是

以奈米粒子的形式存在。為了滿足電子級試劑製造產業及半導體產業對於粒子污染物中成份粒徑的量測需求，本年度建立了奈米粒子成份粒徑量測技術，首先利用 BBI 生產之奈米金粒子參考物質，進行單一顆粒感應耦合電漿質譜儀(Single particle inductively coupled plasma mass spectrometry, spICP-MS)檢量線建立。其量測結果，利用迴歸分析，得到線性關係 $R^2 = 0.9985 > 0.995$ ，表示粒徑量測技術是可行的，再經由 spICP-MS 量測到的質量數換算，此方法量測奈米金粒子粒徑之方法偵測極限(Method Detection Limit, MDL 為 5.5 nm，驗證單一顆粒感應耦合電漿質譜儀分析方法可行性。並建立優化粒徑量測技術程序，以半導體經常分析的 10 種元素，如鈉(Na)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鐵(Fe)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn)各成份奈米粒徑進行分析，偵測極限 < 10 nm。

1. 完成靜態重力法無機元素供應驗證系統

超微量金屬粒子分析暨標準技術研究子項，在第一季新建一套「靜態重力法無機元素供應驗證系統」：液態鉛元素驗證參考物質。相關配製與驗證流程如圖 2-2-1 所示，首先進行鉛塊材純度與超純硝酸中金屬不純物濃度評估。鉛塊材純度分析驗證方法為量測鉛中其他金屬元素之濃度，再用扣除法，將各元素濃度扣除，以求得最終鉛塊材之純度，其純度量測結果為 99.9939 %；超純硝酸使用 ICP-MS 進行分析，透過標準添加法測得 70 %超純硝酸中鉛離子背景濃度為 2.2 ng/kg，由於此濃度與鉛標準液時之最小數值(0.1 mg/kg)差了 10^5 倍以上，因此可忽略不計。鉛標準液需對鉛塊材與硝酸溶液進行秤重，秤重數值需利用空氣浮力修正項進行修正，即可得鉛標準液濃度。最後鉛標準液利用自動滴定分析儀進行濃度檢驗、均勻性評估與穩定性評估，以達到濃度確效與分裝後均勻性與穩定性評估之目的。

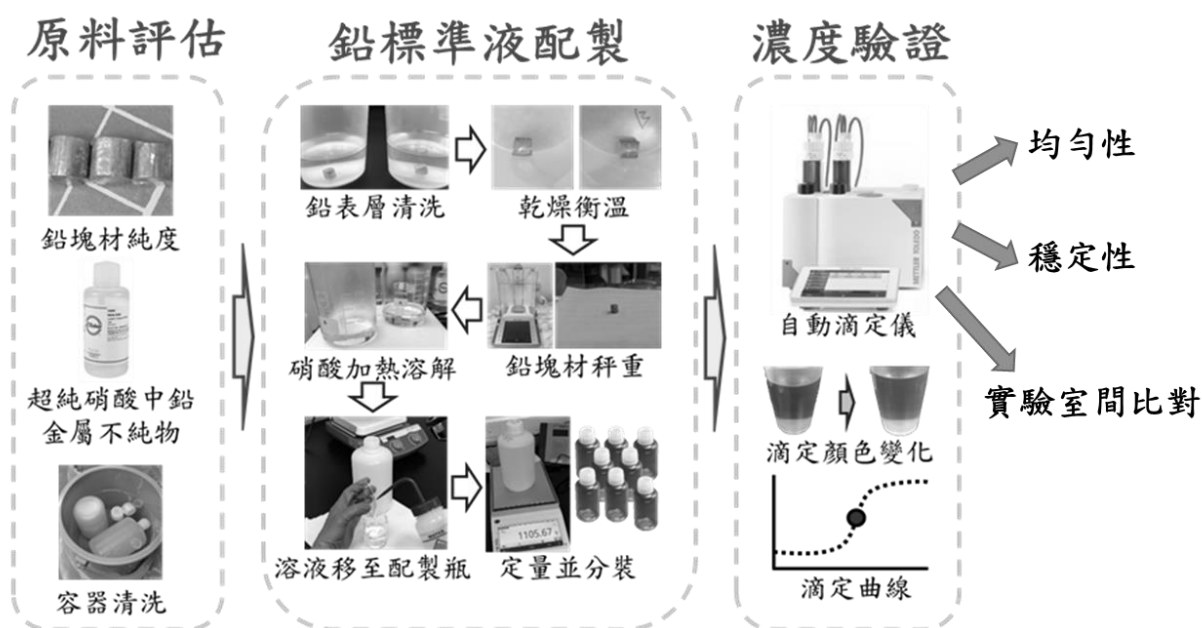


圖 2-2-1、鉛標準液配製流程與驗證程序

為確認配製與驗證程序無誤，利用日本國家計量研究院(National Metrology Institute of Japan, NMIJ) 所提供之鉛標準液作為待測樣品進行濃度驗證，依據圖 2-2-2 的結果，以能力試驗之表現評估計算 $|E_n|$ 值，經計算 $|E_n| = 0.21$ ，若 $|E_n| < 1$ ，證明國家度量衡標準實驗室之鉛元素驗證參考物質之配製及濃度驗證方法正確。

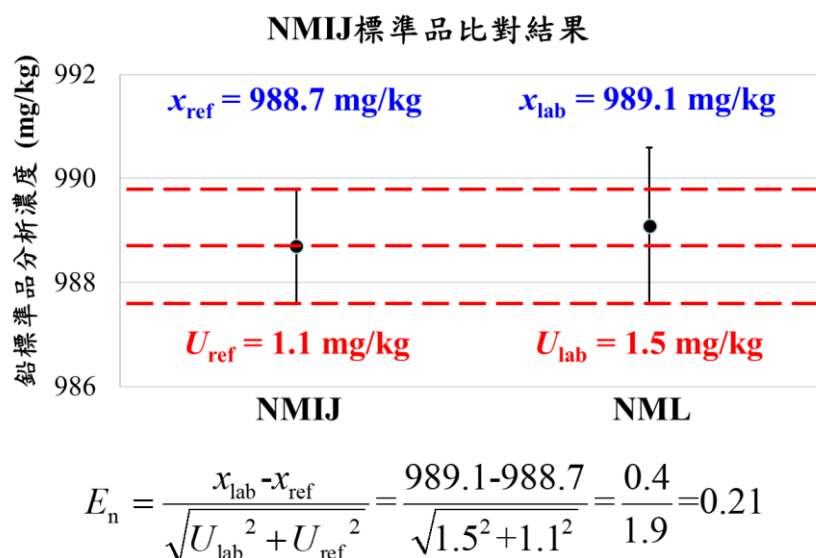


圖 2-2-2、與 NMIJ 生產之鉛標準液濃度比對結果

經上述評估「靜態重力法無機元素供應驗證系統」生產之鉛元素驗證參考物質系統能量為 1000 mg/kg；量測不確定度為 1.5 mg/kg，已於今年度 3 月 23 日邀請清華大學醫環系退休教授楊末雄老師擔任主席，並邀請全國認證基金會高寶珠組長、臺灣警察專科學校潘日南教授、經濟部標準檢驗局侯沛霖技正與工研院量測中心王品浩經理擔任審查委員，完成系統查驗，並預計於明年開始對業界提供服務。



圖 2-2-3、C13 系統審查現場狀況

2. 完成金粒子驗證參考物質粒徑量測技術

spICP-MS 為新興的奈米顆粒量測技術，設計原理如圖 2-2-4 所示，藉由營造含有金屬粒子的單一氣膠後，將氣膠導入高溫電漿游離並由後端之偵測器量測離子團之脈衝訊號。spICP-MS 的量測方式與傳統 ICP-MS 相同，皆利用霧化器將液體樣品霧化成多分散氣膠(Polydisperse Aerosol)，當氣膠進入電漿後，樣品會氣化、原子化，最終離子化而被後端的質譜儀偵測。

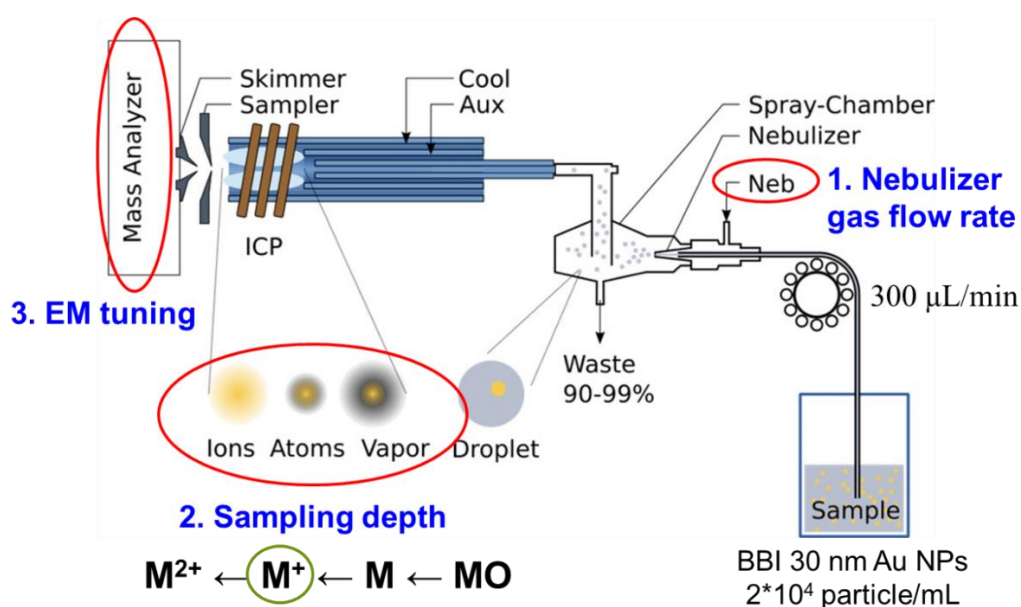


圖 2-2-4、單一顆粒感應耦合電漿質譜儀基本結構圖

傳統 ICP-MS 在離子態樣品的量測方面，由於離子均勻分散於溶液中，因此，在固定的積分時間(dwelling time)下，會產生一個穩定的訊號值(如圖 2-2-5(a)所示)，且訊號強度與金屬離子濃度呈正比。若樣品為奈米粒子溶液時，則元素分散不再均勻，而為多個群聚的原子團，當進入電漿後，原子團會離子化，而於後端偵測器形成一脈衝訊號(如圖 2-2-5(b)所示)，且強度高於背景值。

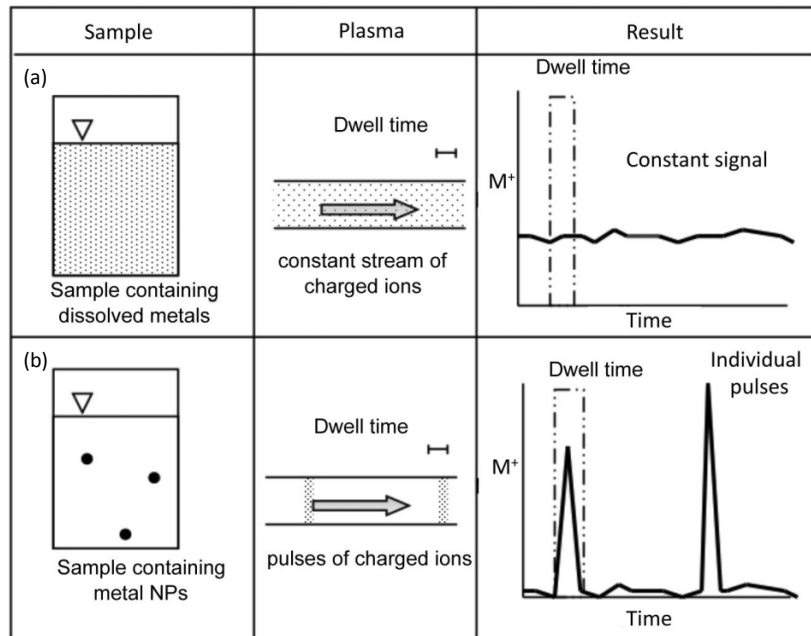


圖 2-2-5、ICP-MS 時間與訊號關係圖。(a)離子溶液，(b)奈米粒子溶液

spICP-MS 的基本假設為一個脈衝訊號即代表一個奈米粒子，在此前提下，脈衝訊號出現的頻率即代表顆粒數量濃度(Number Concentration)，而訊號強度則與粒子質量(Particle Mass)成正比。當特定元素藉由霧化進入 ICP-MS 時，訊號強度與其質量濃度關係式可由下式(2-2-1)所描述：

$$R = K_{\text{intro}} K_{\text{ICPMS}} K_M C_M \quad (2-2-1)$$

其中

R ：訊號強度(Ions Counted per Time Unit)

K_{intro} ：樣品導入系統的貢獻，包含有傳輸效率(Transport Efficiency; η_n)及樣品進樣流速(Sample Uptake Rate; Q_{sam})

K_{ICPMS} ：偵測效率(Detection Efficiency)，即偵測到的離子數與顆粒原子數之比值

K_M ：量測到元素的貢獻

C_M ：質量濃度

而液體中奈米粒子的質量濃度(C_{NP}^M)可表示為：

$$C_{\text{NP}}^M = \frac{4}{3} \pi \rho \left(\frac{d}{2}\right)^3 X_{\text{NP}} N_{\text{NP}} \quad (2-2-2)$$

其中

d ：粒子直徑

ρ ：顆粒密度

X_{NP} ：元素在顆粒內的質量比例

N_{NP} ：顆粒數量濃度

另外

$$\frac{4}{3}\pi\rho\left(\frac{d}{2}\right)^3 X_{NP} = K_{NP} \quad (2-2-3)$$

由式(2-2-1)至(2-2-3)，可將(2-2-1)式改寫為式(2-2-4)：

$$R = K_{\text{intro}}K_{\text{ICPMS}}K_MK_{NP}N_{NP} \quad (2-2-4)$$

為了確保 spICP-MS 一個脈衝訊號即為一個奈米粒子，所使用之奈米粒子溶液需稀釋至一定比例才能上機測試，偵測器始能偵測到不連續導入的粒子脈衝訊號，而訊號出現頻率可由式(2-2-5)表示：

$$f_{NP} = Q_{NP} = \eta_n Q_{\text{sam}} N_{NP} \quad (2-2-5)$$

若每個積分時間 (Dwell Time; t_{dwell})內僅有一顆奈米粒子 ($\eta_n Q_{\text{sam}} N_{NP} t_{\text{dwell}} = 1$)，而一個脈衝訊號(或一個奈米粒子)的強度可表示為($r_{NP} = K_{\text{ICPMS}}K_MK_{NP}$)，此訊號與粒徑及顆粒質量(m_{NP})關係如式(2-2-6)及(2-2-7)所示：

$$r_{NP} = \frac{1}{6}\pi\rho d^3 K_{\text{ICPMS}}K_M X_{NP} \quad (2-2-6)$$

$$r_{NP} = K_{\text{ICPMS}}K_M m_{NP} \quad (2-2-7)$$

上述關係式(2-2-7)解釋了 spICP-MS 的基本原理，訊號強度與顆粒質量成正相關，因此，如能調整在相同的粒子質量能產生更強的訊號強度，且背景沒有上升的情況下，則代表有機會看到更小的粒子，之後再利用密度轉換成直徑來確認顆粒尺寸大小及該分析方法之偵測極限，以下就增強訊號強度的方法加以說明。

spICP-MS 中主要會影響到訊號強度的主要參數包含金屬粒子轉變為離子的游離化效率，偵測器的靈敏度提升與離子於儀器內的傳輸效率提升等方式，由於離子於儀器內的傳輸效率提升此部分受限於儀器製造商本身的設計方式，因此此次針對離子游離化效率與偵測器靈敏度提升這二部分進行參數調整，如圖 2-2-4 所示，金屬粒子進入感應耦合電漿時，由於此區域溫度高達 8000 K 以上，因此粒子會因高溫氣化分散後成為原子團，在持續加熱會形成一價離子，此時導入質譜儀中即可藉由特定荷質量測到訊號，然而如再繼續加溫有可能會有部分離子形成二價離子導致訊號的損失，因此要達到最佳游離的狀態，取決於金屬粒子停留於加熱區的時間，而調整此處的參數包含霧化器的氣體進樣流速與火炬(Torch)距離採樣口的採樣深度，這二項參數會決定金屬粒子停留在電漿中的時間長短，如金屬粒子的游離時間短，可能有游離不完全的問題，而金屬粒子的游離時間拉太長，則會造成金屬粒子過度游離形成二價離子，此外由於離子態的金屬與粒子態的金屬可能在最佳游離位置會有所不同。

因此本研究使用 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的金離子與 30 nm 的金粒子確認最佳的進樣氣體流速與採樣深度這二項參數。由結果圖 2-2-6(a)可知，霧化器進樣氣流會大幅度的影響到金離子與金粒子的訊號強度變化，其原因為調整氣流會影響到電漿中的游離時間，此處可發現最好的霧化器進樣氣流流速為 1.16 L/min。在採樣深度部分，由於在儀器設定火炬與採

樣口的初始設定位置為 8 mm，因此以此距離 ± 1 mm 位置進行微調，由圖 2-2-6(b)顯示金離子與金粒子的最佳游離位置有些微的偏差，其可能為離子態與粒子態的金屬在電漿中的游離狀況不同導致的差異，此處選擇的採樣深度為 8 mm(0 mm 位移)。

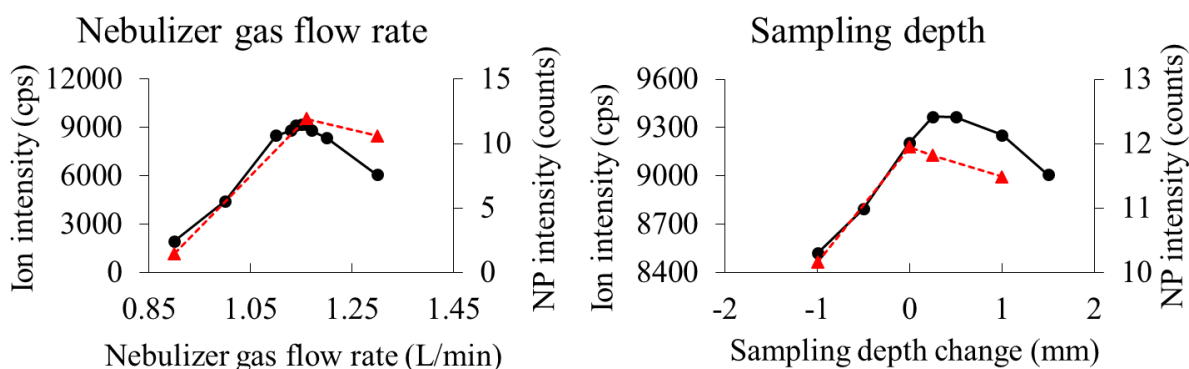


圖 2-2-6、(a)霧化器進樣氣流與(b)採樣深度對金離子與奈米金粒子的訊號變化影響

spICP-MS 中使用的偵測器為電子倍增管，電子倍增管的目的是將離子訊號轉換為電子訊號，當一個高速的帶電離子撞擊偵測器表面時，可產生二次電子；透過適當的形狀與電場的安排，產生一連串的二次電子來倍增訊號，最後到達陽極。多次撞擊使得電子數目倍增，進而將電子訊號放大至 10^7 至 10^8 倍。然而電子倍增管在隨著使用時間變長，其偵測器表面需越高的能量才能進行激發電子，在此過程中需增加電壓值來提升訊號的靈敏度，然而過高的訊號值可能會導致背景訊號上升外，也會使電子倍增管的壽命縮短，選擇訊號轉折的最高點即為最理想的狀態，如圖 2-2-7 可知，電壓值在 1200 V 時已達到接近最佳的訊號值，再增加電壓則訊號的成長非常緩慢，因此選擇此電壓值作為後續的奈米金粒子量測條件。

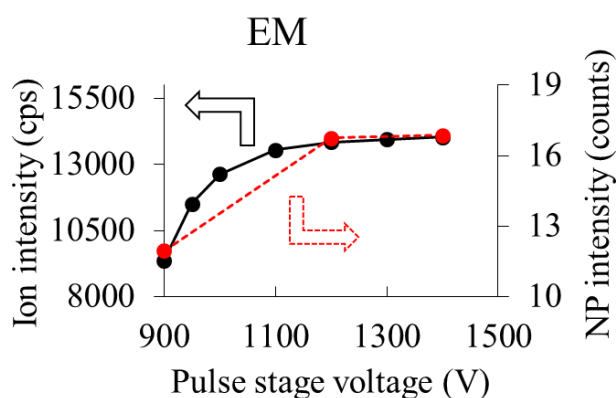


圖 2-2-7、電子倍增管電壓值對金離子與奈米金粒子的訊號變化影響

對實心球體的奈米材料而言，其尺寸大小的資訊可利用相同化學組成及已知粒徑之標準品來建立檢量線求得。本研究中利用了 20 nm、40 nm、60 nm、80 nm 及 100 nm 的奈米金粒子進行檢量線配製，由於前面的公式以推導出訊號強度與顆粒質量成正相關，因此需先計算奈米金粒子的質量(表 2-2-1)。

表 2-2-1、不同尺寸之奈米金粒子之質量

AuNP diameter (nm)	AuNP Mass (g)
20	8.08×10^{-17}
40	6.47×10^{-16}
60	2.18×10^{-15}
80	5.17×10^{-15}
100	1.01×10^{-14}

將量測各尺寸奈米金粒子平均脈衝訊號強度與奈米金粒子質量之關係進行計算，其線性迴歸 ($R^2 = 0.9985$)(圖 2-2-8)。在顆粒數量高於偵測極限的前提下，奈米顆粒的量測只與脈衝訊號的強度有關，在連續的背景訊號下，能夠辨別的最小脈衝訊號強度即為顆粒質量的偵測極限。藉由 20 nm 粒子之量測數據之標準差(standard deviation, $n = 7$)的 3 倍，再除以該檢量線之斜率，即可得該分析方法之質量偵測極限(Limit of detection, LOD)，計算出來的奈米金粒子質量偵測極限為 1.66×10^{-18} g，而尺寸偵測極限可透過下式(2-2-8)求得，將偵測極限的質量 m ，與金的密度 ρ 帶入公式，則可推導出奈米金粒子的偵測極限為 5.5 nm。

$$\text{AuNP Size LOD} = \sqrt[3]{\frac{6 \times m}{\pi \times \rho}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 1.66 \times 10^{-18}}{\pi \times 19.3}} \times 10^7 = 5.5 \text{ nm} \quad (2-2-8)$$

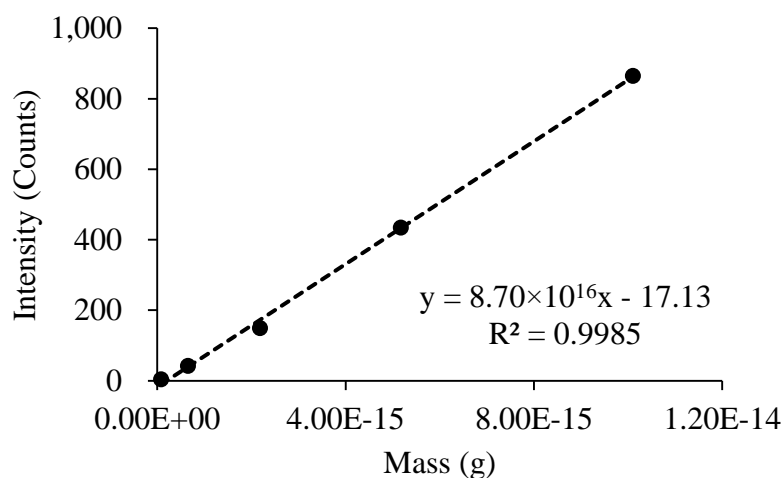


圖 2-2-8、奈米金粒子質量檢量線

3. 完成 10 種元素(鈉(Na)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鐵(Fe)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn))粒徑量測技術

在 spICP-MS 顆粒尺寸的校正方法上，主要可分為二種方式，一種為使用奈米粒子標準品，如前面的奈米金粒子的方法所述，另一種為元素標準品搭配傳輸效率。在進行未知粒子樣品量測時，最直觀的方法即是利用不同尺寸之粒子標準品進行檢量線配製，若未知樣品中的目標顆粒與標準品具有相同結構及密度，即可直接利用檢量線獲得未知樣品之粒徑。雖然使用粒子標準品是分析未知樣品最直接的方式，但受限於目前市面上粒子標準品種類的匱乏，如目前現有國家實驗室生產的顆粒標準品中，僅有金、銀、矽與二氧化矽等尺寸標準參考顆粒，因此，需要發展其他校正方法來滿足各式各樣的粒子樣品。

目前，最常使用於粒徑分析的校正方法為元素標準品搭配傳輸效率，利用元素標準品的實際進樣量來建立儀器訊號與質量關係式，其原理如圖 2-2-9 所示，spICP-MS 的進樣系統為氣動式霧化器(Pneumatic Nebulizer)搭配霧化室(Spray Chamber)，進樣流速為 (0.1-1) mL/min，而實際進樣至電漿的氣膠總量僅佔樣品總進樣量的一部份(< 20%)。因此，二者之間的比值即被定義為傳輸效率。然而對於單一粒子而言，訊號並不會受到傳輸效率的影響，因此只要計算進樣流速 Q_{sam} 與霧化室的傳輸效率 η_n ，即可利用已知金屬離子溶液濃度求得單位時間 T_{dwell} 實際進入 spICP-MS 的金屬質量與訊號的檢量線關係式，之後再將所得之未知金屬粒子訊號代入公式，即可求得顆粒質量。因此可利用檢量線求得最低濃度點的標準偏差 σ 與線性斜率 M_{ion} 求得濃度偵測極限 C_{LOD} 如式(2-2-9)，即可計算出積分時間能量測的質量偵測極限 m_{NPLOD} (2-2-10)，可再經公式換算即為尺寸偵測極限 d_{LOD} (2-2-11)。

$$C_{\text{LOD}} = \frac{3\sigma}{M_{\text{ion}}} \quad (2-2-9)$$

$$m_{\text{NPLOD}} = C_{\text{LOD}} \times \eta_n \times Q_{\text{sam}} \times T_{\text{dwell}} \quad (2-2-10)$$

$$d_{\text{LOD}} = \sqrt[3]{\left(\frac{6 \times m_{\text{NPLOD}}}{\rho \times \pi}\right)} \quad (2-2-11)$$

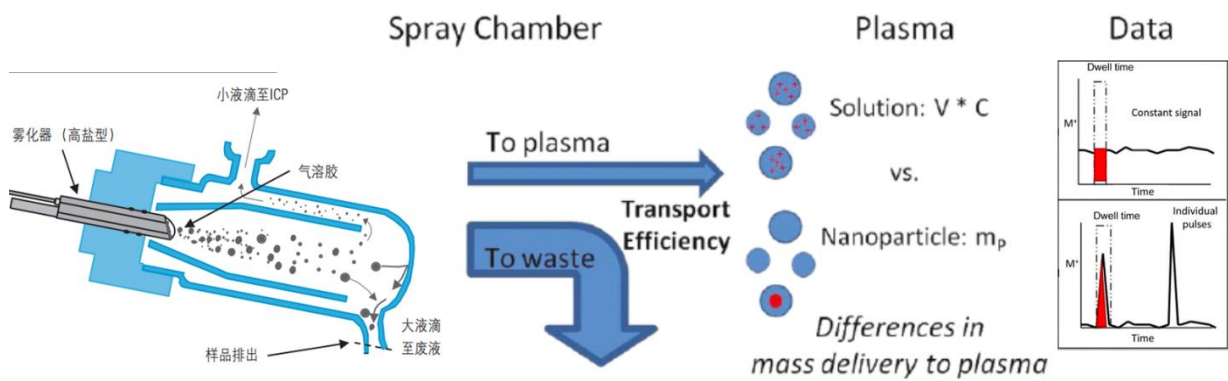


圖 2-2-9、霧化室與傳輸效率來源示意圖

因單位量測時間已固定，進樣流速可利用秤重法求得，傳輸效率的計算就是十分重要的參數。依據文獻可知，傳輸效率可利用三種方式求得(圖 2-2-10)，廢液收集法是將樣品進樣總量扣除所收集之廢液量 $\Delta_{\text{total weight}}$ ，再除上進樣總量 $\Delta_{\text{sample weight}}$ 所得比值即為傳輸效率(圖 2-2-10(a))。顆粒尺寸法則是利用離子檢量線斜率 M_{diss} 與粒子檢量線斜率 M_{NP} 的比值來獲得傳輸效率(圖 2-2-10(b))。顆粒頻率法是利用單位時間量測到的顆粒數 $f(I_p)$ 與單位時間的進樣量 q_{liq} 乘上樣品顆粒濃度 N_p 來獲得傳輸效率。目前，最常使用傳輸效率計算方法為元素標準品搭配粒子尺寸標準品，之後會利用此方法計算傳輸效率。

$$\eta_n = \frac{\Delta_{\text{total weight}}}{\Delta_{\text{sample weight}}} \quad (2-2-12)$$

$$\eta_n = \frac{M_{\text{diss}}}{M_{\text{NP}}} \quad (2-2-13)$$

$$\eta_n = \frac{f(I_p)}{q_{\text{liq}} \times N_p} \quad (2-2-14)$$

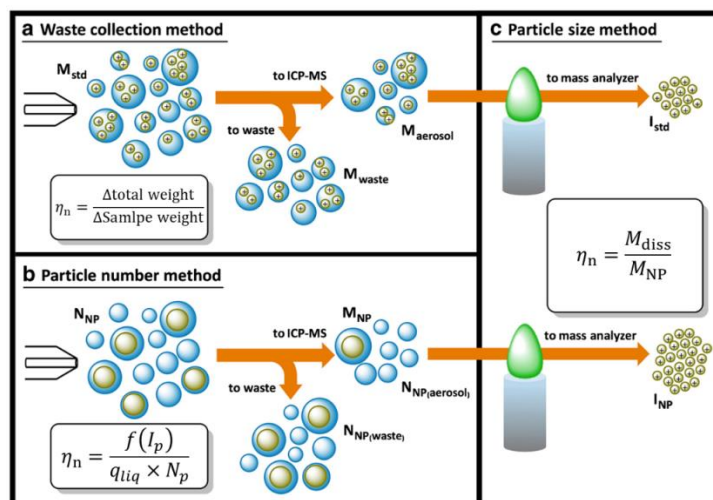


圖 2-2-10、三種求得傳輸效率之方法，分別為(a)廢液收集法(waste collection method)；(b)顆粒頻率法(particle frequency method)；(c)顆粒尺寸法(particle size method)

顆粒尺寸法需準備已知濃度的金屬離子溶液與已知尺寸的金屬粒子溶液，本研究選中選用 $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ 的鉑離子溶液與 70 nm 的鉑奈米粒子溶液建立離子與粒子檢量線，由圖 2-2-11 中可利用質量與感度的線性計算斜率，鉑離子的檢量線斜率為 $2.28 \times 10^{16} \text{ counts}/\text{g}$ ，鉑粒子的檢量線斜率為 $1.71 \times 10^{17} \text{ counts}/\text{g}$ ，因此利用公式(2-2-12)進行計算，即可求得其傳輸效率為 13.3% 。

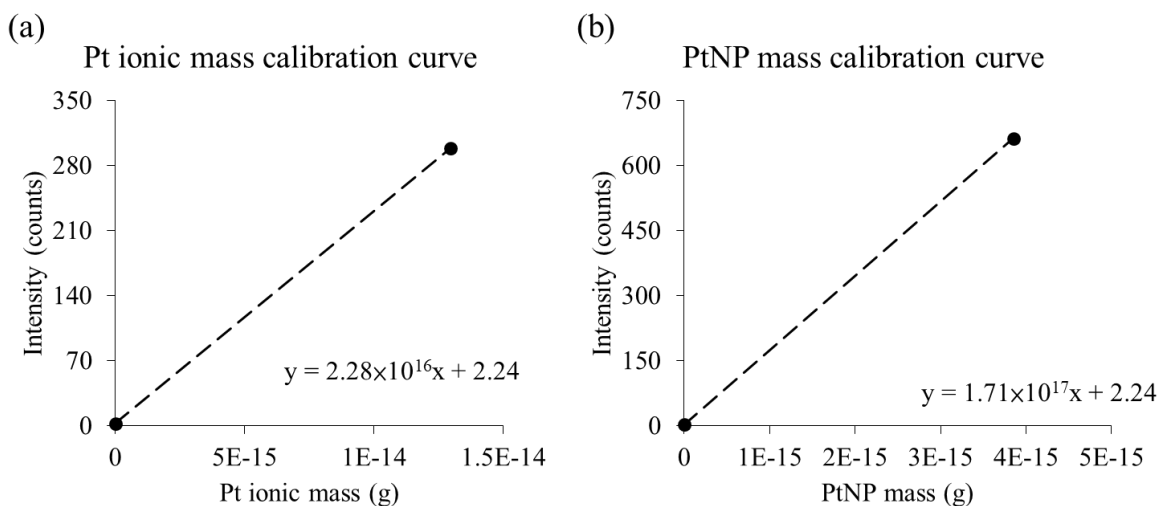


圖 2-2-11、(a)鉑離子與(b)鉑粒子檢量線

為確認機台傳輸效率的穩定性，我們進行了同日的重複性分析(圖 2-2-12 (a))與不同日的再現性分析(圖 2-2-12 (b))，在重複性分析部份當日不同時間點進行了 7 次的重複量測，其平均值為 13.5% ，相對標準偏差為 2.14% ，代表同日內的偏差會小於 3% ，由於傳輸效率與顆粒質量成正相關，而顆粒質量與顆粒尺寸成三次根號關係，因此表示對尺寸的影響小於 1.5% ，由於 70 nm 鉑粒子的尺寸變異係數是 5.8% ，因此已在跳動內。然而在不同天的再現性可看出傳輸效率會有所變化，探討其原因，可能是計畫執行期間，機台於 7 月 9 日進行維修並更換零件，導致機台條件變更，造成傳輸效率的變動，因此，本計畫後續實驗進行前，皆先確認機台之傳輸效率，以確保數據的正確性。

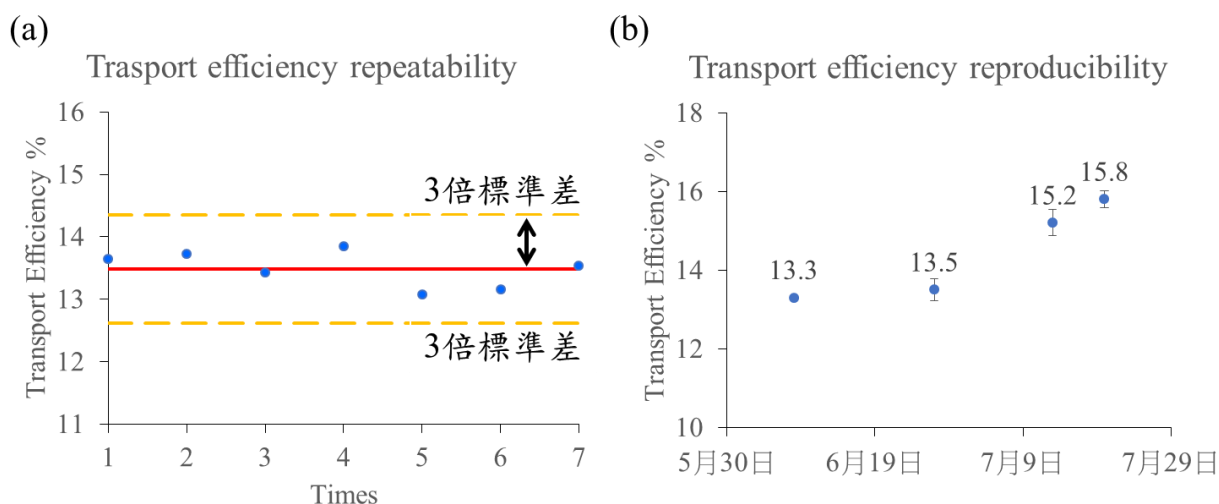


圖 2-2-12、傳輸效率測試(a)重複性分析；(b)再現性分析

本研究需針對 10 種元素(鈉(Na)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鐵(Fe)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn))建立離子濃度檢量線並計算尺寸偵測極限，然而部分元素在使用 spICP-MS 進行分析有干擾等問題，在一般電漿的游離條件下，氬離子與易與基質結合產生複合離子干擾(Polyatomic Ion Interference)(如表 2-2-2)，此外如樣品並非超純水，而是一些有機溶劑或是一些高濃度酸鹼試劑，也有可能導致一些其他的可能干擾來源)，此狀態下會導致背景上升，跳動變大，尺寸偵測極限也會變大，因此為解決複合離子干擾等問題在 spICP-MS 的方法開發評估中也十分重要。

表 2-2-2、待測元素之干擾複合離子一覽表

分析元素	可能干擾之元素或複合離子
$^{23}\text{Na}^+$	$^{46}\text{Ti}^{2+}$ 、 $^{46}\text{Ca}^{2+}$
$^{24}\text{Mg}^+$	$^{48}\text{Ti}^{2+}$ 、 $^{12}\text{C}_2^+$
$^{27}\text{Al}^+$	$^{12}\text{C}^{14}\text{N}^1\text{H}^+$
$^{39}\text{K}^+$	$^{38}\text{Ar}^1\text{H}^+$
$^{40}\text{Ca}^+$	$^{40}\text{Ar}^+$
$^{56}\text{Fe}^+$	$^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$
$^{59}\text{Co}^+$	$^{40}\text{Ar}^{18}\text{O}^1\text{H}^+$
$^{58}\text{Ni}^+$	$^{40}\text{Ar}^{18}\text{O}^+$ 、 $^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^1\text{H}_2^+$
$^{63}\text{Cu}^+$	$^{23}\text{Na}^{40}\text{Ar}^+$
$^{64}\text{Zn}^+$	$^{32}\text{S}^{16}\text{O}_2^+$

為解決干擾問題，有幾種方式可以降低或移除干擾，第一種方式是降低電漿能量，因電漿能量降低，游離態的 Ar^+ 相對的也比較少，因此與 Ar^+ 相關的複合離子干擾也可以進行移除，舉例來說(如圖 2-2-13)， $^{38}\text{Ar}^1\text{H}^+$ 會受到電漿能量下降而減少其含量，但由

於 $^{39}\text{K}^+$ 比 $^{38}\text{Ar}^1\text{H}^+$ 的游離能來的低，因此在低瓦數還是能被電漿進行游離，透過此條件可找到最佳的訊噪比，以鉀為例子，800 瓦會是比较好的操作條件。

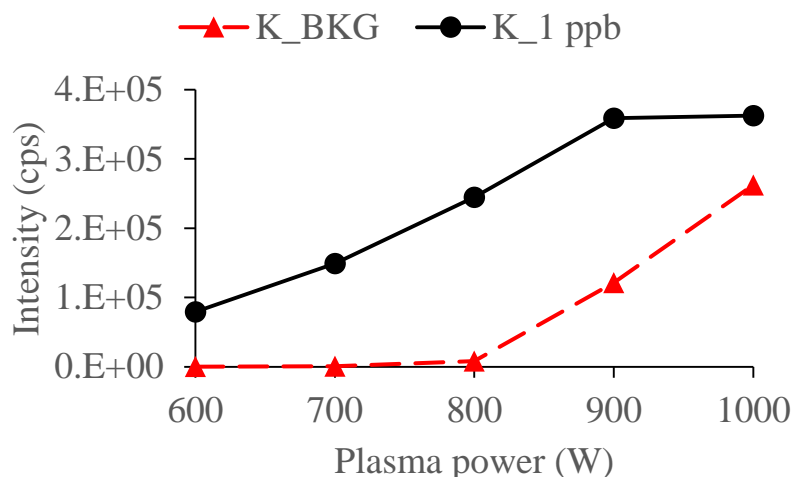


圖 2-2-13、不同電漿能量，鉀離子與背景變化趨勢圖

第二種方式是使用多極和非反應性氣體的碰撞池(Collision Cell)。這種方法需要使用動能分離(Kinetic Energy Discrimination, KED)來移除可能導致的干擾，其原理是多數多原子干擾(Polyatomic Interface)與其同質量數的單原子離子具更大的離子截面積，使得這些離子通過碰撞池時，多原子干擾與氬氣有更高的碰撞機率，進而失去更多動量。舉例來說(如圖 2-2-14)，由於 $^{56}\text{Fe}^+$ 與 $^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$ 的尺寸不同，大團的分子容易與氬氣進行碰撞，因此能利用能量差進行分析物篩選，得到最佳訊噪比，以鐵為例子，選擇 3 mL/min 氬氣流量會得到比较好的訊噪比。

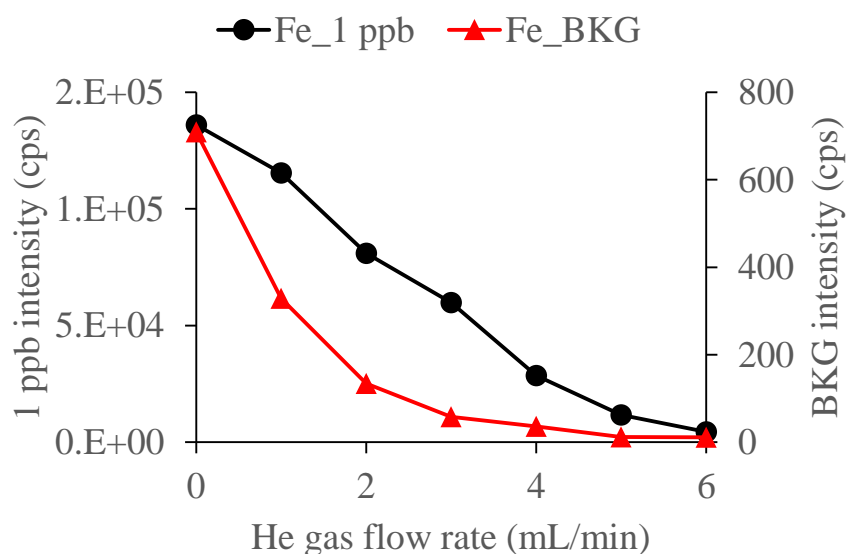


圖 2-2-14、不同氬氣流量，鐵離子與背景變化趨勢圖

動態反應池(Dynamic Reaction Cell, DRC)則是另一種去除干擾的技術，此法是利用反應性氣體如氫氣(H₂)，與分析物及干擾離子作用，根據二者與氫氣之間不同的化學反應，將干擾離子電荷或質量做一改變，以達到干擾減輕或去除之目的。舉例來說，⁴⁰Ar⁺會干擾到⁴⁰Ca⁺的偵測，當通入反應氣體 H₂ 至反應池時，其會與 ⁴⁰Ar⁺ 及 ⁴⁰Ca⁺ 分別反應，而反應式如下(2-2-15)及(2-2-16)式所示，由於 H₂ 的游離能小於 Ar，經過熱力學計算，方程式(2-2-15)會發生，Ar⁺ 會將電荷移轉至 H₂，形成中性原子，而無法被後端偵測器量測到。而 H₂ 游離能大於 Ca⁺，因此，Ca⁺ 仍維持帶電性，經四極柱選擇後，可被後端偵測器量測到，藉由此法，可有效將干擾去除，以鈣為例，由圖 2-2-14 的數據中顯示，在分析鈣時將氫氣調整在 6 mL/min 會有最佳的訊噪比。

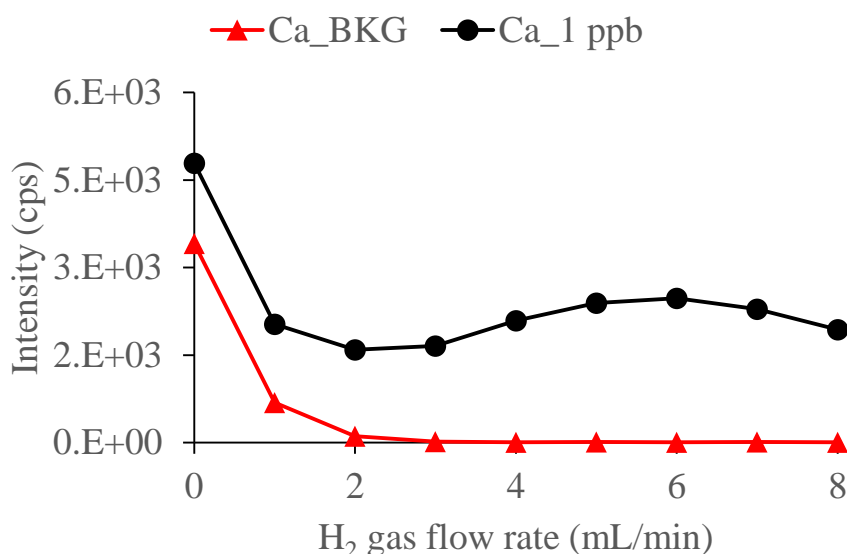
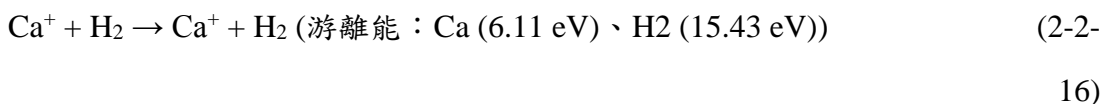


圖 2-2-15、不同氫氣流量，鈣離子與背景變化趨勢圖

依上述方法將各元素進行相關條件優化，取得最佳的訊噪比，利用此條件建立離子濃度檢量線，利用最低濃度點之標準差(standard deviation, n = 7)的 3 倍，再除以該檢量線之斜率，即可得到 10 種元素之濃度偵測極限，透過計算傳輸效率與樣品進樣流速。依據公式(2-2-10)可得各元素之質量偵測極限；透過查表取得各元素之密度後，將質量偵測極限與密度帶入公式(2-2-11)，即可求得各元素之尺寸偵測極限，其結果如表 2-2-4 所述。10 種元素偵測極限皆 < 10 nm，符合預期目標。

表 2-2-3、10 種元素計算之尺寸偵測極限

元素	密度 (g/cm ³)	離子濃度 偵測極限 (pg/g)	傳輸效率 (%)	進樣流速 (g/min)	單位時間 (ms)	粒子質量 偵測極限 (g)	粒子尺寸 偵測極限 (nm)
Na	0.968	0.18	13.5 %	0.258	3	3.11×10 ⁻¹⁹	8.5
Mg	1.738	0.37	15.4 %	0.259	3	7.42×10 ⁻¹⁹	9.4
Al	2.7	0.59	15.4 %	0.259	3	1.18×10 ⁻¹⁸	9.5
K	0.856	0.19	13.0 %	0.258	3	3.16×10 ⁻¹⁹	8.9
Ca	1.55	0.08	13.5 %	0.258	3	1.33×10 ⁻¹⁹	5.5
Fe	7.874	0.24	13.5 %	0.258	3	4.11×10 ⁻¹⁹	4.7
Co	8.9	0.20	14.6 %	0.257	3	3.76×10 ⁻¹⁹	4.4
Ni	8.908	0.63	14.6 %	0.257	3	1.18×10 ⁻¹⁸	6.4
Cu	8.92	0.28	14.6 %	0.257	3	5.32×10 ⁻¹⁹	4.9
Zn	7.14	1.83	15.2 %	0.258	3	3.39×10 ⁻¹⁸	9.9

【執行檢討】

使用單一顆粒感應耦合電漿質譜儀進行金屬粒子尺寸量測，可快速的對電子級試劑中金屬粒子不純物進行金屬成分與尺寸的分析，然而進行尺寸校正，主要的困難點是進行傳輸效率的評估，此過程相對費時，因此如能取得金屬顆粒濃度標準品，即可快速的計算傳輸效率，對產業在進行常規檢測時才能達到更快與更有效率的方法，此外也有文獻指出可使用低濃度元素標準液搭配單一液珠產生裝置進行顆粒尺寸的校正方法，此方法無須計算傳輸效率即可進行顆粒尺寸的校正，因此後續將針對此方法進行研究，以利產業界的應用。

【與業界之互動】

超微量金屬粒子分析暨標準技術研究所建立之技術，可應用在半導體產業鏈上，今年與業界互動情況如下說明：

1. 已獲宏 O 公司提供每年技轉經費 50 萬元之合約，共執行 4 年合計 200 萬元(執行期間為 106 年度至 109 年度)。其技轉項目為協助廠商進行電子級氨水中金屬離子不純物與金屬顆粒不純物的分析研究。
2. 已獲瑞士商力 O 公司技轉經費 20 萬元之合約，其技轉項目為協助廠商分析過氟烷基化管材帶電效應移除，當有機溶劑在過氟烷基化管材中流動時會蓄積靜電，超過一定值時會因尖端放電導致有機溶液中出現碳化顆粒影響製程，透過幫浦接地確認靜電移除效率並確認有機溶液中碳化顆粒產生狀態是否消失。
3. 持續與台 O 電及其供應商進行技術推廣，針對供應商與使用端如何針對電子級試劑純度與顆粒不純物分析技術進行研討，已建立台灣半導體領域電子級試劑中顆粒量測標準。

【分項結論】

- 本年度自動追蹤雷射測距與校正發展之技術，可滿足工具機實機快速調校需求，以自動追蹤雷射測距儀取代傳統雷射干涉儀；另外，軟體也開發了工具機空間線性軸幾何誤差分析功能。相較於使用國外自動追蹤雷射測距技術儀器，本技術可在架設一次情況下即可取得 21 項幾何誤差值，並縮減 1 倍以上量測時間(國外儀器量測方式需放置至少 3 次)。將持續配合業界需求，將技術延伸到智慧機械產業計量，建立迴轉工作台旋轉軸幾何誤差計量技術，提供一套能完整取得五軸工具機 41 項幾何誤差量測技術，協助業者能夠加速機台組裝或驗機時程。
- 本年度超微量金屬粒子分析暨標準技術研究，已完成靜態重力法配製程序，並利用滴定法進行液態鉛元素無機參考物質濃度驗證，並於今年度完成系統查驗。且使用單一顆粒感應耦合電漿質譜儀進行金屬粒子尺寸量測，快速地對電子級試劑中金屬粒子不純物進行金屬成分與尺寸的分析，規劃將此技術以“前瞻電子級試劑純度分析”為題，推廣超微量金屬粒子分析暨標準技術至業界。

三、科學計量(含 SI 新計量)技術研究分項

本分項計畫定位於強化國家計量追溯體系、提升 NML 國際地位，進行前瞻計量技術之研究並尋求導入產業應用之可行方案，以協助我國產業創新研發所需量測或儀器技術。執行期間並持續審視國際計量技術最新發展議題、先進國家計量技術研究之進展，以及兼顧政府產業政策及國內產業發展之未來計量技術需求，就發展步調進行必要性之機動調整。本年度適逢國際度量衡大會(CGPM)重新以基本物理常數定義國際單位之際，為配合國家因應此國際趨勢之影響所擬訂重要政策，業已調整並勻支既有資源，優先支援發展符合 SI 新定義之原級標準技術建置，包括新質量標準、新溫度標準第一階段之發展任務；並對下世代通訊及其關鍵光電半導體技術發展，研發 5G 通訊光頻技術。本分項計畫所執行之成效，分述如下 (New SI 整體執行成果請另行參閱 New SI 總結報告)：

(一)、光梳 5G RoF 及光通訊雷射源技術

【全程技術建立時程】

	106 年度目標	107 年度目標	108 年度目標	109 年度目標
技術指標或系統規格	<ul style="list-style-type: none"> 完成 GHz 飛秒摻鉍光纖雷射製作： 重複率：1 GHz， 功率：> 1 mW， 光譜擴展至涵蓋八度光頻寬度 (1100 ~ 2200) nm，功率 > 300 mW 	<ul style="list-style-type: none"> 完成 5G RoF 毫米波源產生： 光梳拍頻產生 (10 ~ 70) GHz 單一頻率之毫米波， 功率：> -30 dBm 		

【本年度目標】

- GHz 飛秒摻鉍光纖雷射穩頻：頻率不確定度 < 5×10^{-12}
- 虛像相位陣列(Virtually Imaged Phase Array, VIPA)及光柵解析 1 GHz 光梳：解析出單一光梳，串擾(cross talk) < 20 dB
- 5G RoF 毫米波源產生：
光梳拍頻產生 10 GHz ~ 70 GHz 單一頻率之毫米波，功率：> -30 dBm

【執行成果】

1. GHz 飛秒摻鉍光纖雷射穩頻研究

飛秒光纖雷射光梳的穩頻架構如圖 3-1-1 所示，由光二極體(PD1)偵測到的重複率經過帶通濾波器(BPF)過濾出 1 GHz 的信號，然後和頻率合成器 1(SYN1)的 1 GHz 信號作相位比較，相位的誤差信號經由環路濾波器(loop filter)，迴授到高壓放大器(HV AMP)驅動壓電致動器(PZT)，控制重複率鎖相至頻率合成器的 1 GHz；另一個光二極體(PD2)偵測迴路外的重複率則用以評估穩頻的效果。由於光頻率計數器的量測能力有限，因此用頻率合成器 2(SYN2)將迴路外的重複率降頻到 1 kHz，讓頻率計數器來計數，量測

到 1 kHz 的擾動如圖 3-1-2 所示，量測值標準差是 0.14 mHz，相當於相對不穩定度是 1.4×10^{-13} 。由於 SYN1 和 SYN2 的時基(time base)都是參考到同一個頻率源，因此這個量測到的不穩定度代表重複率的追蹤不穩定度。參考頻率源是一個低雜訊的的爐控石英振盪器(OCXO)，這個 OCXO 鎖相到 GPS 調校的鈷原子鐘上，參考頻率源的頻率不確定度在 2.4×10^{-12} 。

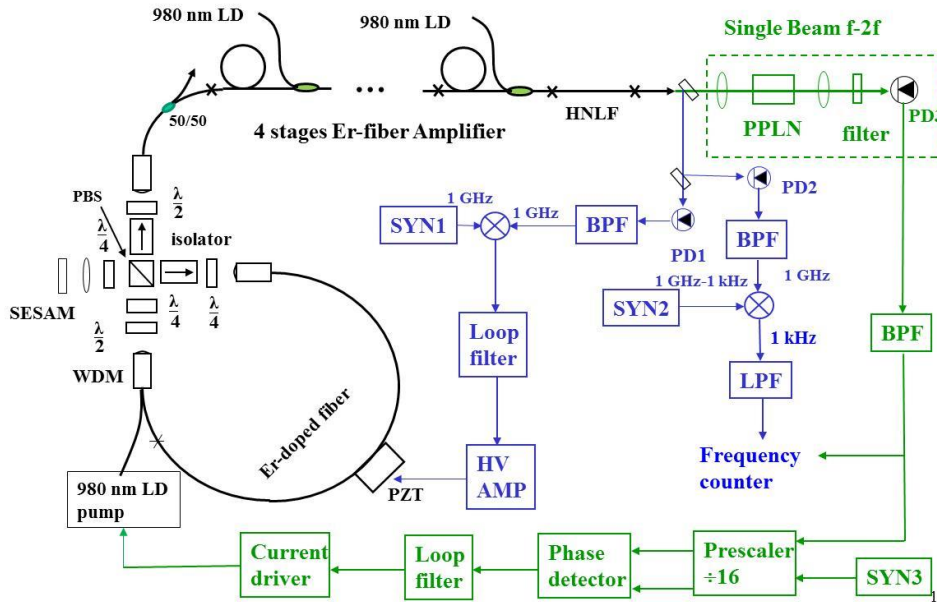


圖 3-1-1、飛秒光纖雷射光梳的穩頻架構圖

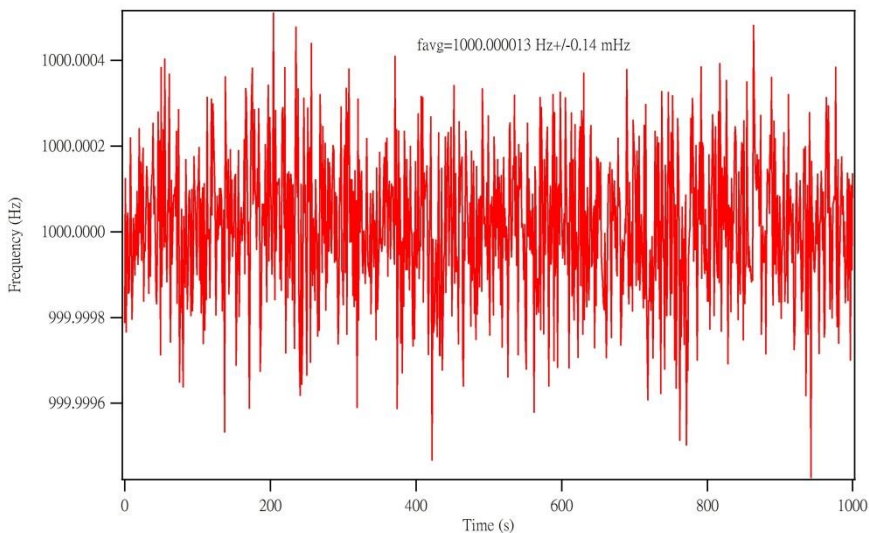


圖 3-1-2、控制迴路外重複率的頻率擾動（降頻至 1 kHz）

偏差頻率的偵測是由 $f-2f$ 干涉儀來偵測，經由高非線性光纖擴展的八度光頻寬超連續光譜含蓋(1100 ~ 2200) nm，整個超連續光譜照射到 $f-2f$ 中的週期反轉鋁酸鋰 (PPLN) 晶體，將 2200 nm 附近的光梳予以倍頻，然後和 1100 nm 附近的超連續光梳在光二極體(PD3)中拍頻，產生偏差頻率信號，圖 3-1-3 顯示量測到的偏差頻率訊號，頻譜分析儀的解析頻寬(RBW)為 100 kHz，偏差頻率訊號的訊噪比是 32 dB。偏差頻率的

穩頻則是將其信號鎖相到頻率合成器 3(SYN3)，偏差頻率和參考頻率經過除頻器 (prescaler)除頻之後，經由數位相位偵測器(phase detector)偵測相位誤差信號，由環路濾波器迴授控制泵浦電流來穩定偏差頻率，偵測的偏差頻率也同時送到頻率計數器進行計數。圖 3-1-4 是穩頻之後的偏差頻率擾動，標準差是 5.4 mHz，這樣的擾動造成的光頻率相對擾動為 3×10^{-17} ，因此整個光梳穩頻的不穩定度主要受到重複率的穩定度所影響。

由於重複率的追蹤不穩動度遠小於參考頻率源的不確定度，因此重複率的相對不確定度就等於參考頻率源的相對不確定度，而光梳頻率的相對不確定度等於重複率的相對不確定度，因為偏差頻率的擾動可以忽略不計。到目前為止，尚未有重複率大於 1 GHz 的自參考穩頻摻鉍光纖雷射光梳發表在文獻上。

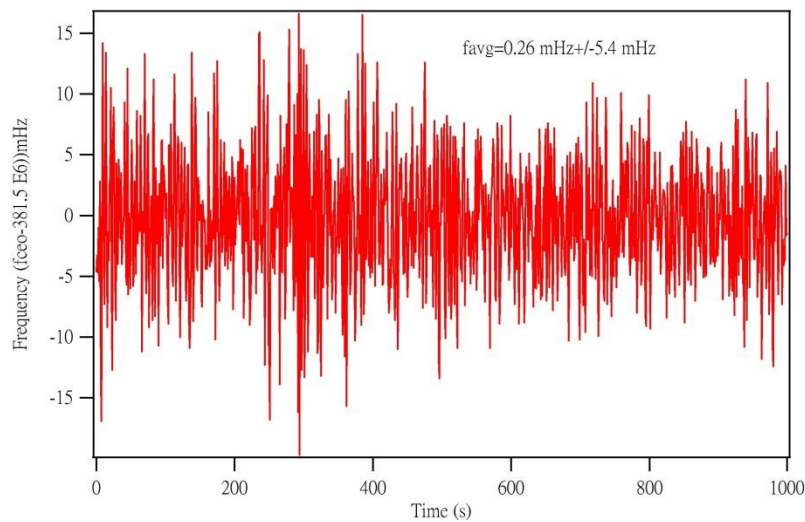


圖 3-1-3、偏差頻率信號 (RBW 100 kHz)

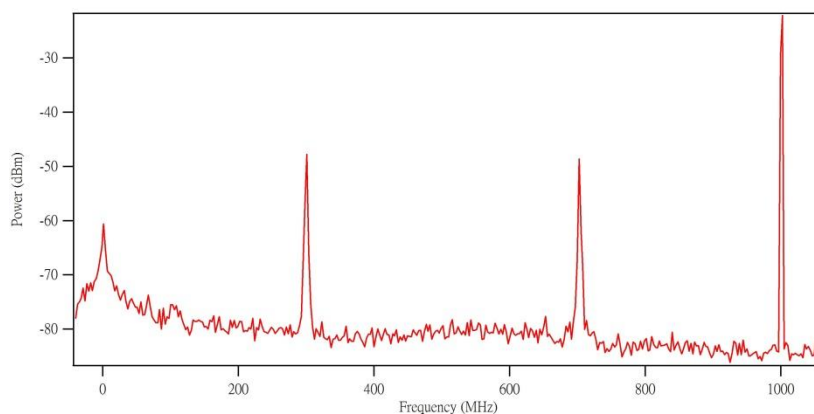


圖 3-1-4、偏差頻率的殘餘擾動

2. 光梳解析及毫米波產生技術

光梳的解析及產生毫米波的架構如圖 3-1-5 所示，在 1560 nm 波段，0.8 nm 的間距相當於 100 GHz，研發團隊建造重複率 1 GHz 的飛秒雷射振盪器，其光譜寬度為 6.6 nm，遠大於預定要產生的毫米波所需的光譜寬度，因此採用光譜壓縮(spectral

compression)的技術將雷射輸出的光譜先行壓縮。

此技術主要是利用光纖的非線性效應和色散搭配來壓縮光譜，自相位調制 (self-phase modulation, SPM) 會在光脈衝的前端產生紅位移 (red shift)，尾端則產生藍位移。如果讓脈衝的高頻率光譜走在前端，低頻率光譜走在後端，SPM 的效應就會把脈衝的光譜壓縮；反之，就會將光譜擴展，之前產生八度光頻寬即利用到 SPM 擴展光譜的技術。

由雷射振盪器輸出的功率有一半用以進行偏差頻率的偵測，另外一半 (2 mW 左右) 則先經過 16 公尺長的保偏光纖將脈衝啣啣 (chirp) 讓高頻光走在前端，低頻光走在後端。由於功率低，這時不會出現 SPM 的效應；然後用 1 級的保偏光纖放大器把功率放大到 180 mW，再由 44 公尺長的保偏光纖利用 SPM 效應將光譜壓縮。圖 3-1-1 未涵括光譜壓縮的架構，圖 3-1-6 是光譜壓縮的結果，光譜由 6.6 nm 壓縮到 2.4 nm，雷射功率是 180 mW，光譜壓縮只是讓光譜重新分配，並不會消耗功率。

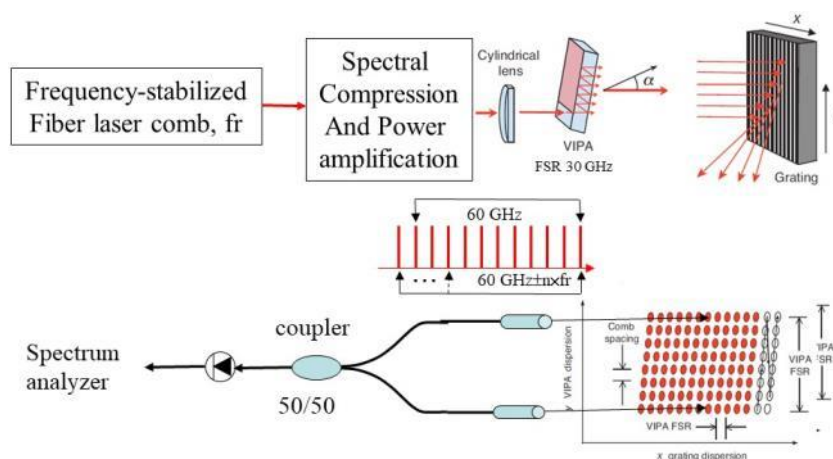


圖 3-1-5、光梳解析及產生毫米波的架構圖

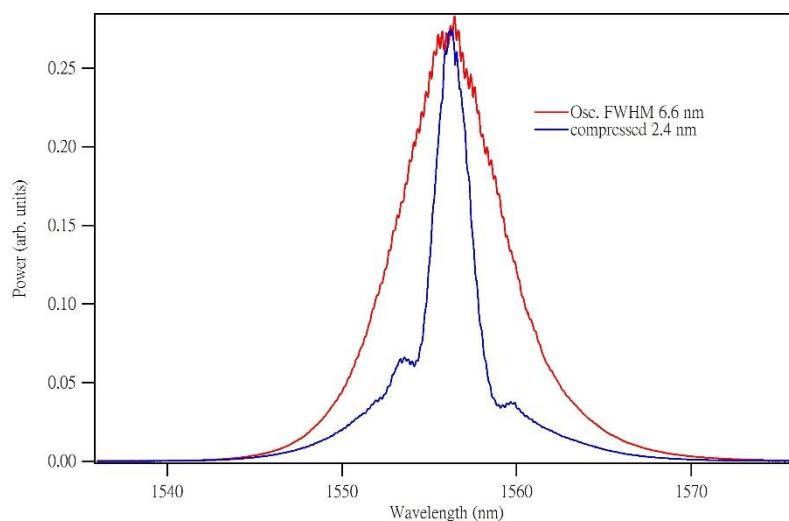


圖 3-1-6、光譜壓縮結果(由 6.6 nm 寬壓縮到 2.4 nm 寬)

壓縮後光譜經由柱狀透鏡聚焦到 VIPA 裡，VIPA 的自由頻譜範圍 (free spectral

range, FSR)為 30 GHz，然後由光柵(940 lines/mm)解析，並由球狀透鏡聚焦到焦平面上，在焦平面上有兩根保偏光纖裸光纖收集解析出來的光梳。圖 3-1-7 顯示實驗的架設，圖 3-1-8 是焦平面上兩根光纖的特寫，兩根光纖分別是固定在兩個鏡座上、下端面上，這樣這兩根光纖才可以靠得非常近，其慢軸方向有先藉助偏極量測儀對準光梳的電場方向。

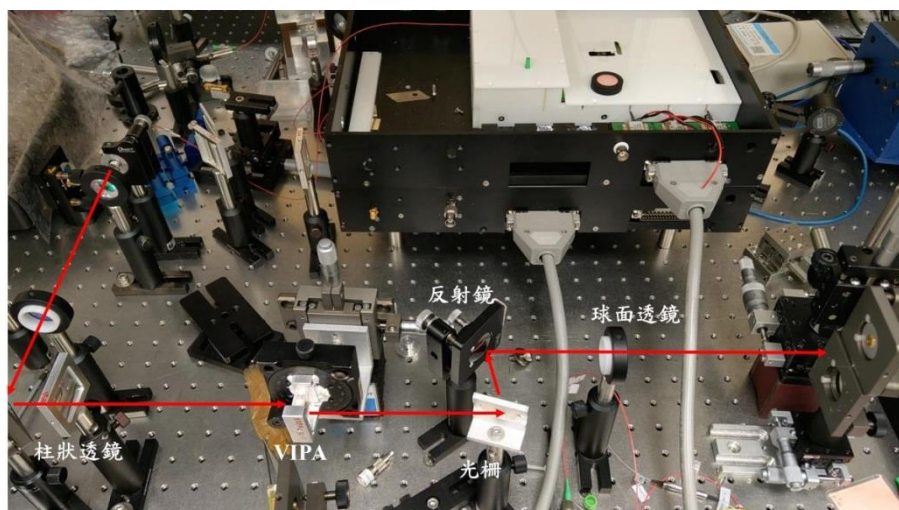


圖 3-1-7、VIPA + 光柵解析光梳的實驗裝置



圖 3-1-8、球面透鏡焦平面上兩根光纖的特寫照

圖 3-1-9 顯示其中一根光纖沿水平方向移動時所偵測到的光譜，每間隔 0.25 nm 就有一個峰值出現，剛好對應到 VIPA 的 FSR。將兩根光纖收集到的光梳用光纖耦合器將它們結合在一起，然後打進光二極體，就可以由兩根光梳的拍頻產生毫米波。研發團隊所用的光二極體的頻寬是 70 GHz，因此選擇適當的兩根光梳可以產生 70 GHz 以下的毫米波。

圖 3-1-10 顯示所產生的(10 ~ 70) GHz 的毫米波(10 GHz 至 30 GHz 之 RBW 為 30 kHz，30 GHz 以上 RBW 為 1 kHz)，(10 ~ 40) GHz 是兩根光纖接收到的光梳耦合在一起後直接由光二極體測得的信號，40 GHz 以上則是兩根光纖接收到的光梳耦合在

一起後先經過摻鉍光纖放大器放大光功率，然後由光二極體產生(50 ~ 70) GHz 的毫米波。

由於實驗室並無頻寬高於 40 GHz 之頻譜分析儀，所產生的毫米波經過毫米波放大器放大功率後須由混波器進行降頻後，再由頻譜分析儀偵測。圖 3-1-10 中顯示的頻率已經經過調整回光二極體偵測到的頻率。如有更高重複率的 100 GHz 光二極體，這個方法也可以產生 100 GHz 的毫米波。

圖 3-1-11 顯示在 20 GHz 附近，產生間隔 1 GHz 可調的毫米波(RBW 1 kHz)，信號的底部刻意擱開以顯示旁波帶的大小，旁波帶的壓抑大於 20 dB，也就是說相鄰光梳所產生的串擾小於 20 dB。頻率為(20 ~ 40) GHz 的毫米波乃經過毫米波放大器放大功率，圖 3-1-12 是以頻寬 40GHz 之頻譜分析儀量測，顯示其經過毫米波放大器放大之後，功率 > -30 dBm。

若要量測頻率 40 GHz 以上的毫米波功率，因為須先經過混波器降頻(降至 40 GHz 以下)，所以量測到的功率需補償混波器的損耗才是實際功率。但由於所使用之混波器製造商未提供這方面的規格資訊，無法計算得此頻段之毫米波實際功率。由圖 3-1-10 的上半部，7 個小圖中的兩根訊號分別是用來拍頻產生毫米波的兩個光梳訊號，左邊 4 個圖是產生 40 GHz 以下毫米波之拍頻訊號，右邊 3 個圖則是產生 40 GHz 至 70 GHz 毫米波之拍頻訊號。從圖的縱軸可得知它們的功率值大約相等，而我們使用的光二極體偵測器在 75 GHz 以內的頻率響應變化小於 3 dB，且所使用之 40 GHz 以上的毫米波放大器的增益大於 40 GHz 以下的毫米波放大器之增益，由於 40 GHz 以下毫米波的功率經光二極體偵測並經其放大器放大功率後可達到 -30 dBm (見圖 3-1-12)，因此，我們推論以同樣步驟產生之(50 ~ 70) GHz 的毫米波其功率應也大於 -30 dBm。

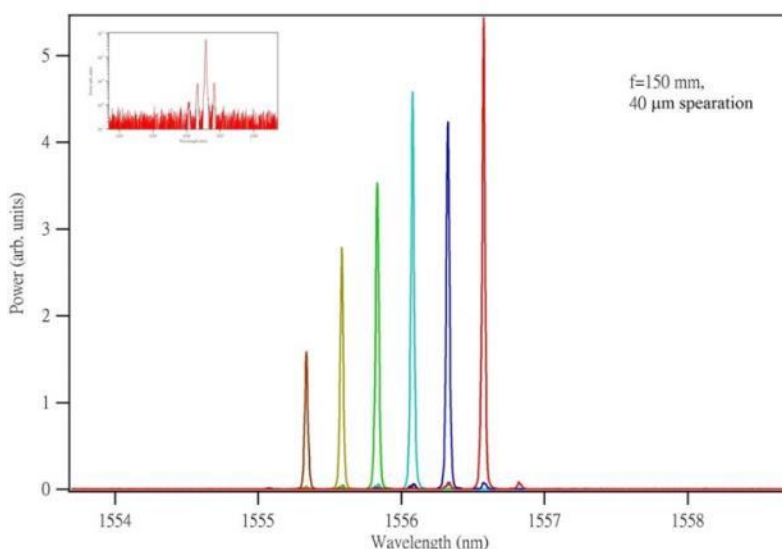


圖 3-1-9、光纖端面沿水平方向移動所測到 VIPA+光柵解析出的光譜

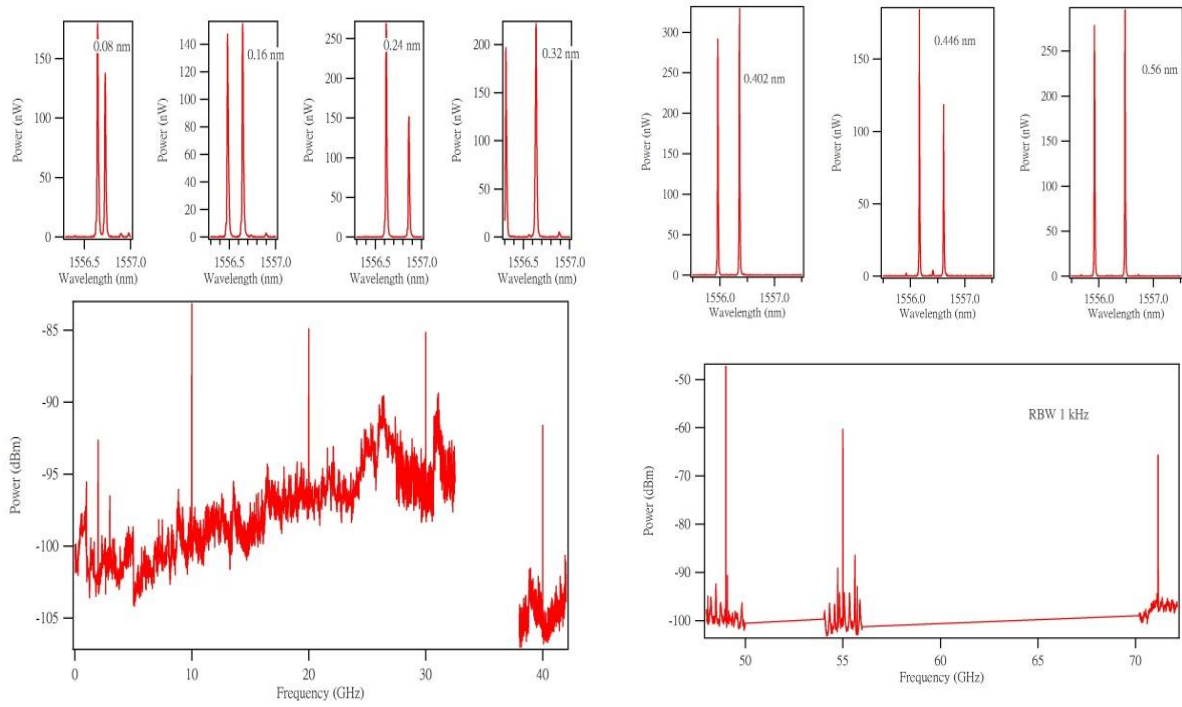


圖 3-1-10、選擇適當的光梳所產生的(10~40) GHz 毫米波

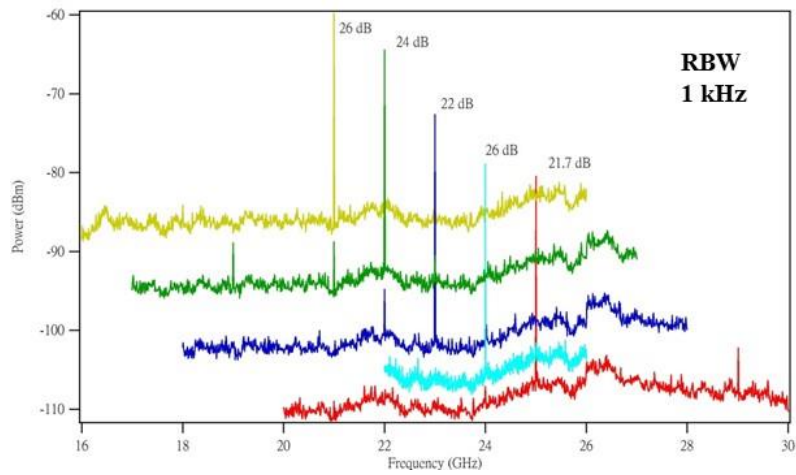


圖 3-1-11、20 GHz 附近，間隔 1 GHz 連續可調毫米波

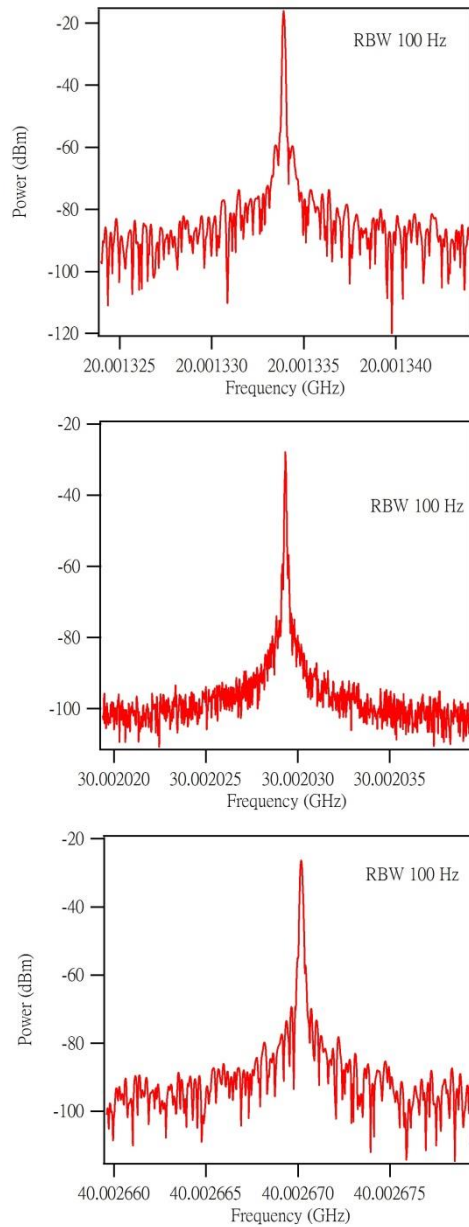


圖 3-1-12、經過毫米波功率放大器放大之後的毫米波信號

【技術創新】

建立小型化 1 GHz 自參考穩頻飛秒光纖雷射光梳技術以及光梳為基底的毫米波 RoF 技術。

【突破之瓶頸】

1. 產生 1 GHz 間隔的八度光頻寬超連續光譜。
2. 解析出 1 GHz 間隔 1560 nm 波段的光梳。
3. 從解析的光纖雷射光梳產生毫米波。

【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
1 GHz 自參考穩頻摻鉍光纖雷射光梳	美國IMRA公司於2009年發表1 GHz的自參考穩頻摻鉍光纖雷射光梳。MIT的Kärtner於2010年發表八度光頻寬的摻鉍光纖雷射光梳，但迄今尚無穩頻結果發表。	完成 1 GHz 摻鉍光纖雷射光梳的自參考穩頻。	完成1 GHz摻鉍飛秒光纖雷射製作；完成八度光頻寬超連續光譜產生；完成自參考穩頻。	研究單位需要高重複率光梳應用在光通訊、絕對測距、天文光譜校正、多重分子偵測以及先進光頻率相關量測儀器的開發。
mm-wave RoF	還處於研究階段，文獻所發表的技術主要是以調制CW雷射產生旁波帶，然後用旁波帶的拍頻產生毫米波	以光纖雷射光梳產生1 GH 間隔可調毫米波	解析出1 GHz光梳，並且用光梳拍頻產生(10-70) GHz毫米波。	mm-wave RoF還在研究階段，未來5G無線通訊的趨勢是往毫米波發展，台灣需要加強這方面的研發，讓產業在這個領域佔有一席之地。

(二)、新質量標準研究

【全程技術建立時程】

106 年度目標	107 年度目標	108 年度目標	109 年度目標
技術指標或系統規格 • 矽晶球表層質量 XPS/XRF 量測技術移轉 • 矽晶球表層質量分析儀系統主設備採購與驗收	1.原級矽晶球質量標準建置 <ul style="list-style-type: none"> • 吸附效應量測實驗，吸附質量相對標準不確定度小於 65 % • 質量比較儀溫濕環境建置，溫度(20.0 ± 0.3) °C，相對濕度(50 ± 10) % 2.矽晶球表層質量量測系統技術建立 <ul style="list-style-type: none"> • 完成整合型 X 射線光電子頻譜與 X 射線螢光頻譜表層分析儀之超高真空腔體與五軸樣品移動座採購與驗收。 		

【本年度目標】

1. 原級矽晶球質量標準建置

- 完成氣體吸附效應法碼設計與採購申請，法碼表面積相對不確定度 ≤ 5 %。
- 完成真空相容質量比較儀實驗室環境建置，溫度(20.0 ± 0.3) °C，相對濕度(50 ± 10) %。
- 完成吸附效應量測實驗，吸附質量相對標準不確定度小於 65 %。

2. 矽晶球表層質量量測系統建置

- 完成整合型 X 射線光電子頻譜與 X 射線螢光頻譜表層分析儀之超高真空腔體與五軸樣品移動座採購與驗收。

【執行成果】

1. 質量標準真空至大氣導引與吸附效應量測技術

以矽晶球為主的 X 光晶體密度法，必須在真空中實現新公斤的定義，然而一般的質量校正則在大氣中進行。若要將真空中質量傳遞至大氣中法碼，則需了解法碼於真空與大氣間的表面質量變化，即所謂之吸附效應。當法碼由真空移到大氣後，隨著水氣及空氣中微粒吸附，使得法碼質量隨時間逐漸增加，穩定時間可能長達一年，這會使得法碼穩定度下降，並提高不確定度。為了維持大氣中標準法碼之質量穩定度，需避免標準法碼直接在真空中與矽晶球進行質量比較，而會使用以另一組吸附效應法碼組來進行真空至大氣質量傳遞(Vacuum to air transfer)(如圖 3-2-1 所示)。吸附效應法碼組包含由一顆柱狀法碼與一組圓盤堆疊法碼，兩組法碼之材質、質量、體積與表面特

性需近乎一致，但兩者之間存在極大之表面積差異，以最大化表面吸附質量差異並利於量測。量測分為真空中質量傳遞及大氣中質量傳遞，將法碼分別於真空及大氣環境中來回量測，以計算出法碼的表面吸附係數。假設表面性質相同的法碼吸附係數相同，則大氣環境中的法碼質量為

$$m_{air} = m_{vac} + A \times S \quad (3-2-1)$$

其中 S 稱為吸附係數，是法碼在單位面積下所吸附的質量， A 為法碼的表面積。

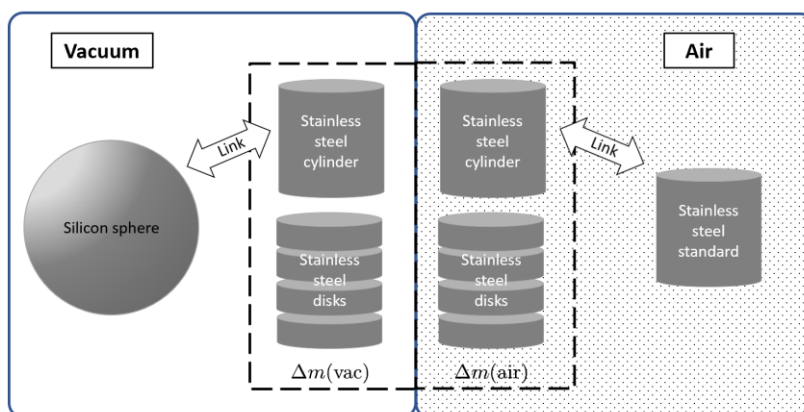


圖 3-2-1、真空至大氣質量傳遞方式概念圖

吸附係數 S 則可由量測柱狀法碼及圓盤堆疊法碼於真空中與大氣中的質量差，及兩者表面積差量測結果計算而得。如下式所描述：

$$S = \frac{[m_{stk(vac)} + m_{int(vac)}] - [m_{stk(air)} + m_{int(air)}]}{A_{stk} - A_{int}} \quad (3-2-2)$$

$m_{int(vac)}$ ：柱狀法碼於真空中所測得的質量

$m_{int(air)}$ ：柱狀法碼於大氣環境中所測得的質量

$m_{stk(vac)}$ ：圓盤碟狀法碼於大氣環境中所測得的質量

$m_{stk(air)}$ ：圓盤碟狀法碼於大氣環境中所測得的質量

A_{int} ：柱狀法碼的表面積

A_{stk} ：圓盤堆疊法碼的表面積

量測使用一組鉑鈹合金的吸附效應法碼組與兩組不鏽鋼的吸附效應法碼組，分別放置於真空質量比較儀的 6 個位置上，其表面積資訊如表 3-2-1。



圖 3-2-2、吸附效應法碼組

表 3-2-1、吸附效應法碼組與其表面積

位置	代號	材質	surface area (cm ²)
P1	Z1	柱狀不鏽鋼	138.26
P2	S1	10 片碟狀不鏽鋼	573.8
P3	Z2	柱狀不鏽鋼	138.3
P4	S2	10 片碟狀不鏽鋼	573.8
P5	PtIr-Z	柱狀鉑銱	71.5017
P6	PtIr-S	4 片碟狀鉑銱	149.652

此次量測值主要是由真空至大氣下的量測，如表 3-2-2 所示，吸附係數 S 為大於 0 的值，一組鉑銱合金法碼的吸附係數為 $0.0366 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ，兩組不鏽鋼法碼的吸附係數分別為 $0.0058 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 及 $0.8190 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。

表 3-2-2、量測結果-吸附係數

material	Δm_{vac} (mg)	Δm_{air} (mg)	S ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	$S \cdot \Delta A$ (mg)
PtIr (S-Z)	50.6691	50.6719	0.0366	0.0026
stainless steel 1(S1-Z1)	0.0518	0.0543	0.0058	0.0001
stainless steel 2(S2-Z2)	0.6904	1.0470	0.8190	0.1133

吸附效應之量測方式分為兩步，在真空中與大氣中分別量測，因此不確定度的計算也分為兩步，分別為真空中的不確定度與大氣中的不確定度，主要差異是在於空氣浮力的不確定度。當大氣壓力為 10^{-3} Pa 時空氣密度約為 $1.2 \times 10^{-6} \text{ mg}/\text{cm}^3$ ，可以忽略空氣浮力的影響，因此 Δm_{vac} 可視為質量比較儀量測這兩個法碼所測得的差值， Δm_{air} 則需考慮法碼體積造成之空氣浮力的修正。吸附效應係數不確定度可以由下式計算。

$$u^2(S) = u^2(\Delta m_{vac}) + u^2(\Delta m_{air}) + (\Delta m_{vac} - \Delta m_{air})^2 \frac{u^2(\Delta A)}{\Delta A^4} \quad (3-2-3)$$

$$u^2(\Delta m_{vac}) = u_A^2 + u_{bal}^2 \quad (3-2-4)$$

$$u^2(\Delta m_{air}) = u_A^2 + u_b^2 + u_{bal}^2 \quad (3-2-5)$$

$$u^2(\Delta A) = u^2(A_{stk}) + u^2(A_{int}) \quad (3-2-6)$$

表 3-2-3、法碼吸附效應係數不確定度計算說明

$u(S)$	吸附係數之不確定度		
$u(\Delta m_{vac})$	法碼組值量差於真空中的不確定度		
$u(\Delta m_{air})$	法碼組值量差於大氣中的不確定度		
$u(\Delta A)$	法碼組表面積差值之不確定度		
u_A^2	量測差值之不確定度	$u_A^2 = s \cdot d.^2/n$	
u_b^2	空氣浮力不確定度	$u_b^2 = \Delta V^2 \cdot u^2(\rho_a) + [u^2(V_{stk}) + u^2(V_{int})] \cdot \rho_a$	
		ρ_a ：空氣密度， V_{stk} ：碟狀法碼之體積， V_{int} ：柱狀法碼之體積	
$u_{bal.}^2$	質量比較儀不確定度	比較儀線性	由廠商提供數據
		比較儀靈敏度	$u_s^2 = \Delta m_B^2 \cdot u_{adj}^2 / C_{adj}$
		顯示器解析度	參考顯示器最小位數

其中，不鏽鋼吸附效應法碼組第一組(stainless steel 1) 的吸附係數約為 $(5.774 \pm 3.535) \times 10^{-6} \text{ mg/cm}^2$ ，以標準不確定度 $(3.535 \times 10^{-6} \text{ mg/cm}^2)$ 除以吸附係數 $(5.774 \times 10^{-6} \text{ mg/cm}^2)$ 得相對標準不確定度為 61.2 %。

不鏽鋼吸附效應法碼組第二組(stainless steel 2) 的吸附係數約為 $(818.982 \pm 3.535) \times 10^{-6} \text{ mg/cm}^2$ ，以標準不確定度 $(3.535 \times 10^{-6} \text{ mg/cm}^2)$ 除以吸附係數 $(818.982 \times 10^{-6} \text{ mg/cm}^2)$ 得相對標準不確定度為 0.4 %。

表 3-2-4、不鏽鋼吸附效應法碼組不確定度計算(第一組)

	parameter xi	standard uncertainty, u(xi)		ci		uncertainty contribution	
mass difference in air	A type	7.87E-05	mg	1		7.87E-05	
	volume difference	1.70E-05	cm^3	1.2	mg/cm^3	2.04E-05	
	air density	1.19E-04	mg/cm^3	1.00	cm^3	1.19E-04	
	balance linearity	6.70E-04	mg	1		6.70E-04	
	balance sensity	2.50E-04	mg	1		2.50E-04	
	display resolution	1.60E-04	mg	1		1.60E-04	
		uncertainty of mass difference in air					7.47E-04
mass difference in vaccun	A type	9.18E-05	mg	1		9.18E-05	
	balance linearity	6.70E-04	mg	1		6.70E-04	
	balance sensity	2.50E-04	mg	1		2.50E-04	
	display resolution	1.60E-04	mg	1		1.60E-04	
		uncertainty of mass difference in vaccun					7.39E-04
surface area difference	parameter xi	standard uncertainty, u(xi)		ci		uncertainty contribution	
	cylinder	0.333333333	cm^2	1	mg/cm^2	0.333333333	
	disks	1.333333333	cm^2	1	mg/cm^2	1.333333333	
	uncertainty of area difference					1.374368542	[cm^2]
	uncertainty of sorption coefficient					3.54E-06	[mg/cm^2]

表 3-2-5、不鏽鋼吸附效應法碼組不確定度計算(第二組)

	parameter xi	standard uncertainty, u(xi)		ci		uncertainty contribution	
mass difference in air	A type	1.25E-04	mg	1		1.25E-04	
	volume difference	1.70E-05	cm ³	1.2	mg/cm ³	2.04E-05	
	air density	1.19E-04	mg/cm ³	1.00	cm ³	1.19E-04	
	balance linearity	6.70E-04	mg	1		6.70E-04	
	balance sensity	2.50E-04	mg	1		2.50E-04	
	display resolution	1.60E-04	mg	1		1.60E-04	
		uncertainty of mass difference in air				7.53E-04	[mg]
	parameter xi	standard uncertainty, u(xi)		ci		uncertainty contribution	
mass difference in vaccun	A type	7.29E-05	mg	1		7.29E-05	
	balance linearity	6.70E-04	mg	1		6.70E-04	
	balance sensity	2.50E-04	mg	1		2.50E-04	
	display resolution	1.60E-04	mg	1		1.60E-04	
			uncertainty of mass difference in vaccun				7.36E-04
	parameter xi	standard uncertainty, u(xi)		ci		uncertainty contribution	
surface area difference	cylinder	0.333333333	cm ²	1	mg/cm ²	0.333333333	
	disks	1.333333333	cm ²	1	mg/cm ²	1.333333333	
			uncertainty of area difference				1.374368542
						3.54E-06	[mg/cm ²]

2.新質量實驗室建置成果

新質量實驗室建置，為新質量系統極為重要的一環，質量比較儀放置區域之環境溫度依照 OIML R 111-1 規範為(20.0 ± 0.3) °C 與相對濕度為(50 ± 10) %^[1]，且系統設備放置於獨立隔離載台以降低外部振動干擾影響量測之準確性，而系統設備之地板振動隔離參考規範則為 VC-E 與 NIST-A，NIST-A 規範在 20 Hz 以上與 VC-E 相同，但在 20 Hz 以下則規範其環境振動速度不可超過 0.025 μm/s，如表 3-2-6 所列。

表 3-2-6、振動規範說明與應用^[2]

Category	Criterion	Definition	Typical instrumentation
Human sensitivity	ISO office	400 to 800 μm/s	Research offices
Generic general laboratory	VC-A	50 μm/s , relaxed below 8 Hz	Optical microscopes, CVD
	VC-B	25 μm/s , relaxed below 8 Hz	
	VC-C	12.5 μm/s , relaxed below 8 Hz	
Highly sensitive	VC-D	6.25 μm/s	Photolithography, nanofabrication
	VC-E	3.12 μm/s	Metrology, Surface characterization, Nanolithography, SEM, AFM
	NIST-A	0.025 μm/s for 1 ≤ f ≤ 20 Hz 3 μm/s for 20 ≤ f ≤ 100 Hz	
Ultra sensitive	NIST-A1	6 μm/s for f ≤ 5 Hz 0.75 μm/s for 5 ≤ f ≤ 100 Hz	Instrument development

註：

[1]OIML R 111-1. Edition 2004 (E). Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃, Part 1: Metrological and technical requirements.

[2]Hal Amick, Michael Gendreau, Todd Busch, and Colin Gordon,“Evolving criteria for research facilities: I – Vibration”, Proceedings of SPIE Conference 5933: Buildings for Nanoscale Research and Beyond San Diego, CA, 31 Jul 2005 to 1 Aug 2005.

新質量標準實驗室設計平面規劃圖如下圖 3-2-3 所示，主要分為兩區域，第一區為

矽晶球表面光電子頻譜分析儀(XPS XRF)與矽晶球清洗區域;第二區則是放置真空質量比較儀與質量導引等系統。第一區 XPS XRF 儀器環境條件溫度為 $(20.0 \pm 1.0) ^\circ\text{C}$ 與相對濕度為 $(50 \pm 10) \%$;第二區儀器環境要求則依照 OIML R 111-1 規範為 $(20.0 \pm 0.3) ^\circ\text{C}$ 與相對濕度為 $(50 \pm 10) \%$ 。

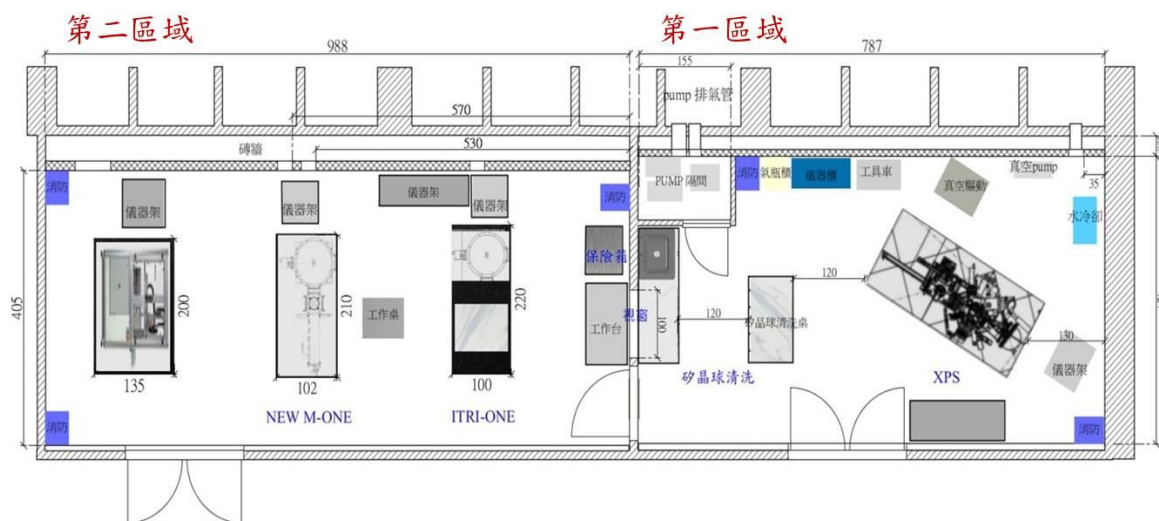


圖 3-2-3、新質量標準實驗室規劃圖

第二區中擁有高精密度的真空質量比較儀，其需要的環境條件要求較為嚴苛，尤其是振動對儀器所造成的干擾，對於放置儀器的平台需要有隔振設計。因此，規劃將質量比較儀置於獨立接合隔離水泥塊之花崗岩載台上，將實驗室作業人員所接觸的樓地板與防振用的水泥基座及花崗岩平台，留下間隙做為隔離(如圖 3-2-4 所示)，以利隔絕操作人員移動時所造成的樓地板振動干擾，並降低外部振動干擾進而影響儀器量測的準確性。

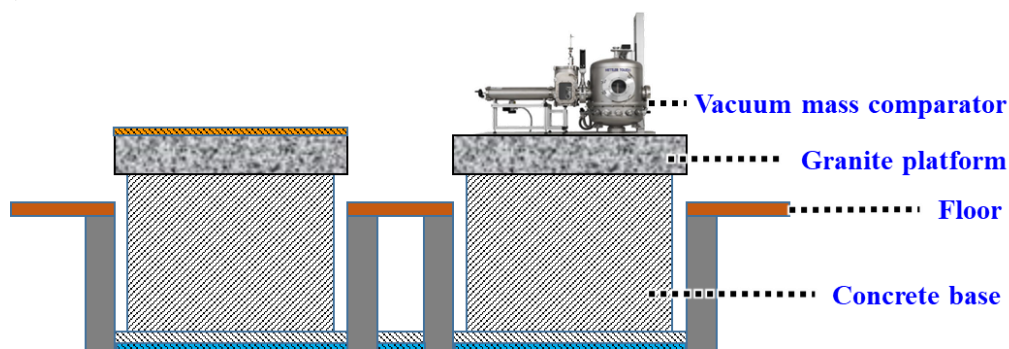


圖 3-2-4、隔振基座與平台示意圖

為了瞭解所需建置的隔離水泥塊與花崗岩的隔震效果，採用 Ansys 有限單元法模擬軟體進行隔離水泥塊與花崗岩的振動模擬，並將整體結構設計簡化建模後進行模擬分析，模擬示意圖如圖 3-2-5 所示。模擬結構主要包含建築物筏基水槽最底部的地面、設計的水泥基座與花崗岩平台所組成。由於中間位置平台將擺放真空質量比較儀，故假設當左方平台因其他儀器運作產生 0.1 N 的三個方向力干擾時，中間平台上所受到的振動頻率響應反應如圖 3-2-6 所示。

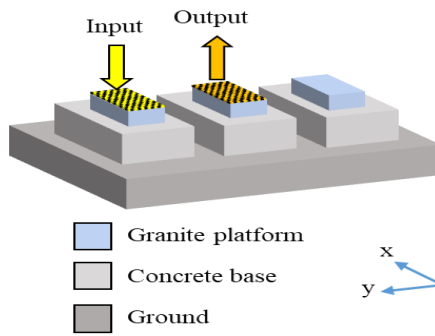


圖 3-2-5、受外力示意圖

模擬主要分為 X 軸、Y 軸、Z 軸，共三個方向模擬。以 Z 軸方向為例，藍色的 z_pre 曲線為其他平台未受到外力振動影響的頻率響應圖，橘色的 z 曲線為其他平台有受到 Z 軸外力 0.1 N 的頻率響應圖。由模擬結果可看出兩條曲線的振幅差異很小，可以判斷當採用此規格的防振平台設計，無論左方平台有無受到 0.1 牛頓 Z 軸方向外力，其放置真空質量比較儀的頻率響應圖之振幅表現非常相近，可知此設計規畫能有效降低其他平台的儀器振動對真空質量比較儀產生的振動影響。

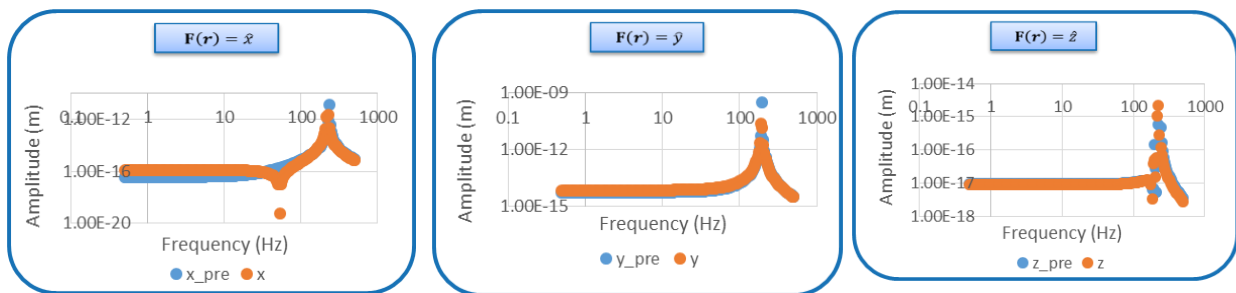


圖 3-2-6、模擬結果數據圖

參考上述模擬結果、不破壞建築物筏基、考量施工工法的可行性、德國 PTB 水泥塊設計、M-One 儀器原廠建議環境、配合厚度 30 cm 花崗岩、質量儀器高度與擺放位置等條件，設計之水泥塊平面與高度尺寸如圖 3-2-7 與圖 3-2-8 所示，其中編號水泥塊 A 與 C 之高度尺寸相同皆為 120 cm，且與筏基四周邊界之間距皆為 50 cm，而花崗岩尺寸則如圖 3-2-9 所示，並將上述規畫設計尺寸提供設工單位參考以利實際施工作業。

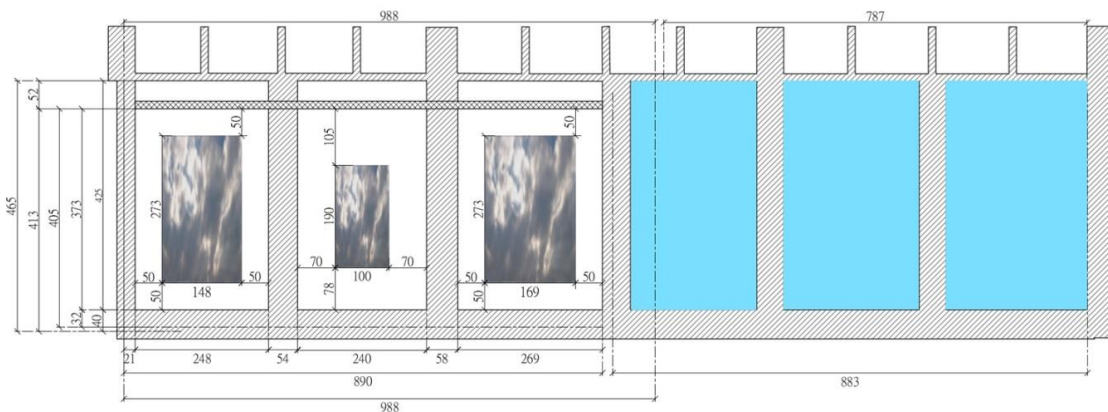
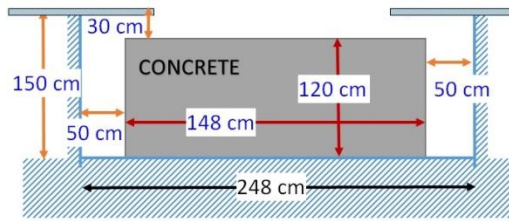


圖 3-2-7、水泥塊設計平面尺寸

水泥塊A尺寸 (cm)
 $H \times W \times D : 120 \times 273 \times 148$



水泥塊B尺寸 (cm)
 $H \times W \times D : 185 \times 190 \times 100$

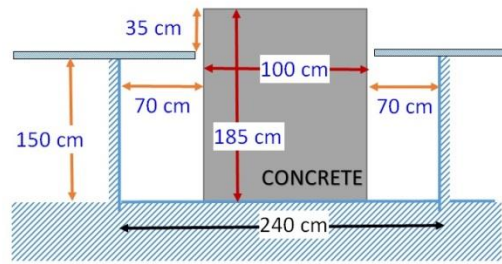


圖 3-2-8、水泥塊設計高度尺寸

花崗岩平台尺寸(長×寬×高)

- A : (200 × 135 × 30) cm ;
- B : (210 × 102 × 30) cm ;
- C : (220 × 100 × 30) cm ;

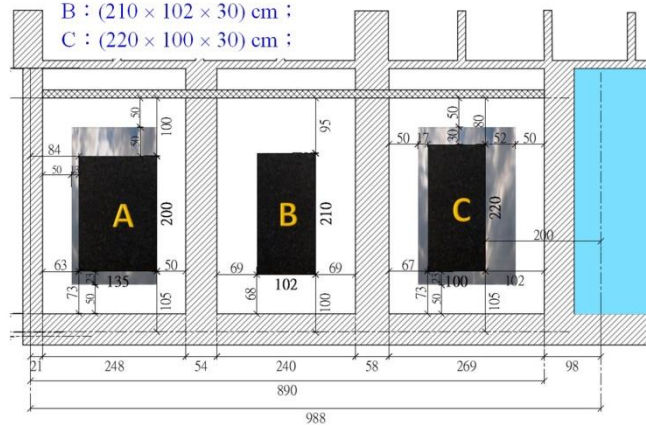


圖 3-2-9、花崗岩設計尺寸

實際新質量標準實驗室環境基礎建置之相關歷程呈現如下：

- 107年2月開始進行施工，進行天花板拆除、實驗室地板開挖與筏基抽水等作業(圖 3-2-10 至圖 3-2-14)。



圖 3-2-10、施工公告



圖 3-2-11、施工隔離走道



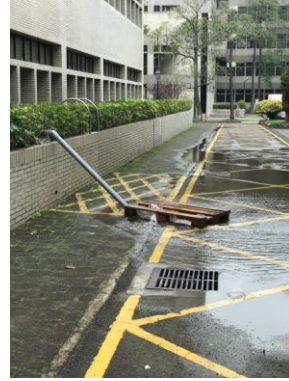
圖 3-2-12、實驗室天花板拆除作業



圖 3-2-13、B12 實驗室天花板拆除作業



圖 3-2-14、實驗室地板開挖與筏基抽水作業



•107 年 3 月完成地板拆除作業、筏基排水管路架設、筏基平整修補、水泥塊位置定位放樣與基礎鋼筋綁匝與灌漿模板架設(圖 3-2-15 至圖 3-2-20)。



圖 3-2-15、地板拆除作業



圖 3-2-16、筏基排水管路重新架設



圖 3-2-17、筏基平整修補



圖 3-2-18、水泥塊平面尺寸定位(彈線)放樣



圖 3-2-19、水泥塊基礎鋼筋綁匹



圖 3-2-20、灌漿模板架設

•107 年 4 月完成水泥塊灌漿與迴風牆面地基作業(圖 3-2-21 至圖 3-2-22)。



圖 3-2-21、水泥塊灌漿作業



圖 3-2-22、右側迴風牆面地基灌漿作業

•107 年 5 月完成迴風牆面工程、水泥塊修整與花崗岩定位與接合作業(圖 3-2-23 至圖 3-2-26)。



圖 3-2-23、迴風牆庫板架設



圖 3-2-24、迴風牆面鋪設紅磚



圖 3-2-25、水泥塊修整



圖 3-2-26、花崗岩定位與接合作業

•107 年 6 月完成水泥塊與花崗岩樹脂接合補強作業、高架地板支撐鋼樑鋪設、空調系統施作、第一區與第二區隔間庫板與幫浦室工程(圖 3-2-27 至圖 3-2-30)。



圖 3-2-27、水泥塊與花崗岩樹脂接合補強作業



圖 3-2-28、鋪設高架地板支撐鋼樑作業



圖 3-2-29、空調系統施作



圖 3-2-30、隔間庫板與幫浦室工程

•107 年 7 月完成水泥塊上漆、筏基底部防塵處理、高架地板鋪設、實驗室地面整平、XPS XRF 區域天車架設、氣源、電源、照明與消防器材裝設(圖 3-2-31 至圖 3-2-37)。

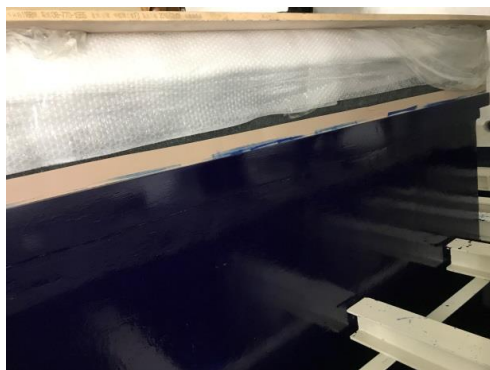


圖 3-2-31、水泥塊上漆



圖 3-2-32、筏基底部防塵處理



圖 3-2-33、高架地板鋪設

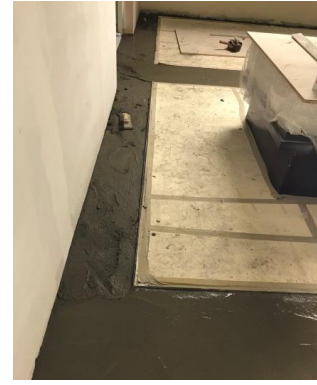


圖 3-2-34、實驗室地面整平



圖 3-2-35、XPS XRF 區域天車架設



圖 3-2-36、氣源、電源與照明安裝



圖 3-2-37、新質量標準實驗室消防器材裝設



建置之新質量標準實驗室環境區域如下圖所示：



圖 3-2-38、矽晶球表面光電子頻譜分析儀(XPS XRF)與矽晶球清洗區域

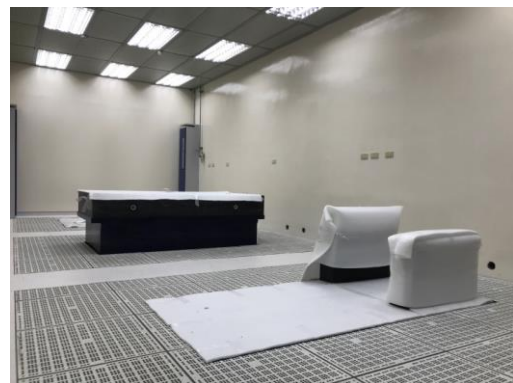


圖 3-2-39、質量比較儀與質量導引系統區域

新質量標準實驗室環境溫、濕度與振動量測結果分述如下：

A. 新質量標準實驗室溫濕度量測

(a) 量測條件

新質量實驗室建置溫濕度環境條件須符合國際規範 OIML R111-1:2004 E₁ 等級法碼之量測條件，量測期間環境溫度須維持每小時變化量不超過 $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；相對濕度維持在 40% 至 60%，每 4 小時變化量不超過 $\pm 5\%$ 。

- ✓ 量測時間：2018/11/3 00:00 ~ 2018/11/6 00:00
- ✓ 量測地點：新質量實驗室 16 館 B12
- ✓ 量測間隔：5 min (數據擷取時間)
- ✓ 量測參數：溫度、相對濕度
- ✓ 感測器數：7 支(詳如配置圖 3-2-40)
- ✓ OIML R111-1 E₁ 法碼校正環境條件
- ✓ 溫度：temperature change during calibration $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$, $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ h}$
 - 相對濕度： $\pm 5\%$ /4 h
- ✓ B12 設定環境條件
 - 溫度： $(20.0 \pm 0.3)\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - 相對濕度： $(50 \pm 10)\%$

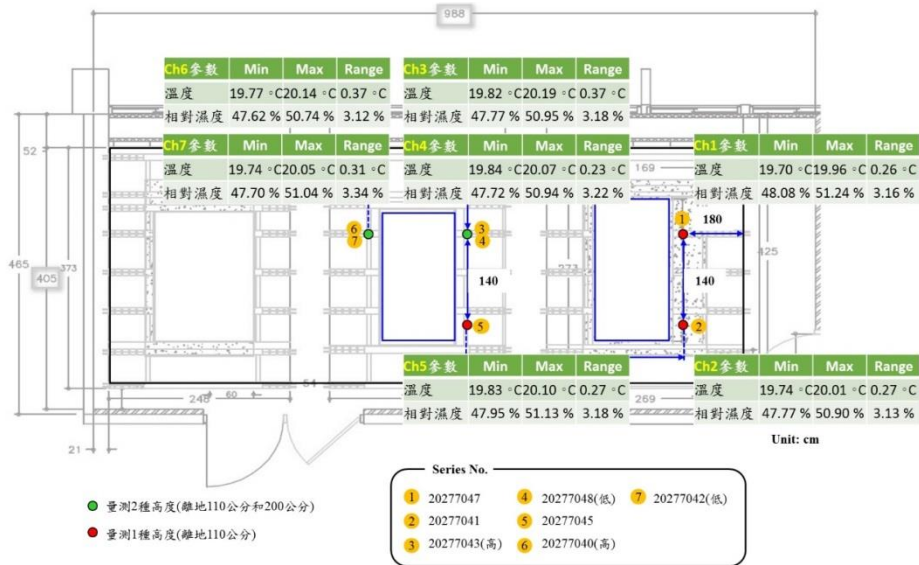


圖 3-2-40、新質量實驗室環境溫、濕度量測配置圖

(b) 儀器設備規格：

表 3-2-7、溫濕度量測儀器設備規格

名稱	廠牌/型號	數量
溫濕度紀錄器	Rotronic/HygroLog HL-NT	2
溫濕 probe	Rotronic/HC2A-S	7
Software	Rotronic/HW4-E-V3	1
probe extension cables	Rotronic/E2-05A	7

表 3-2-8、八支溫濕度計校正報告

溫濕度計序號/通(No)	NML 校正報告
20277044/8	H180086A
20277040/6	H180084A
20277047/1	H180079A
20277048/4	H180082A
20277041/2	H180080A
20277045/5	H180083A
20277043/3	H180081A

(c) 量測結果：

實驗室環境溫、濕度及其變化量量測結果如圖 3-2-41 至圖 3-2-44 所示，M-One 系統區域溫度量測結果皆符合 OIML R 111-1 規範： $(20.0 \pm 0.3) ^\circ\text{C}$ 與相對濕度為 $(50 \pm 10) \%$ ，亦透過 ITRI-One 系統內建溫度計量測顯示建置之新質量實驗室環境溫度條件滿足系統設備規範要求，如圖 3-2-45 所示。

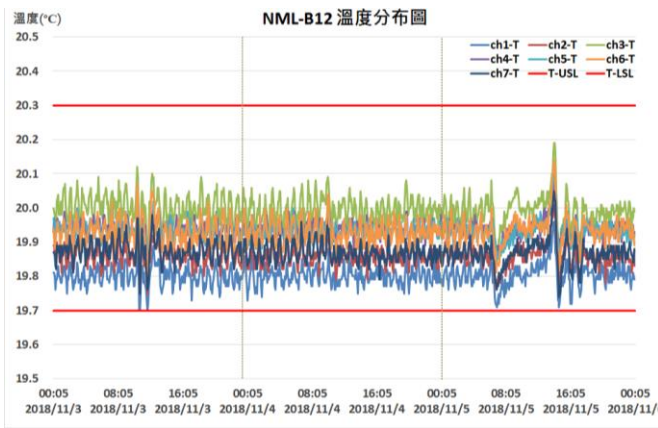


圖 3-2-41、實驗室環境溫度量測分布圖

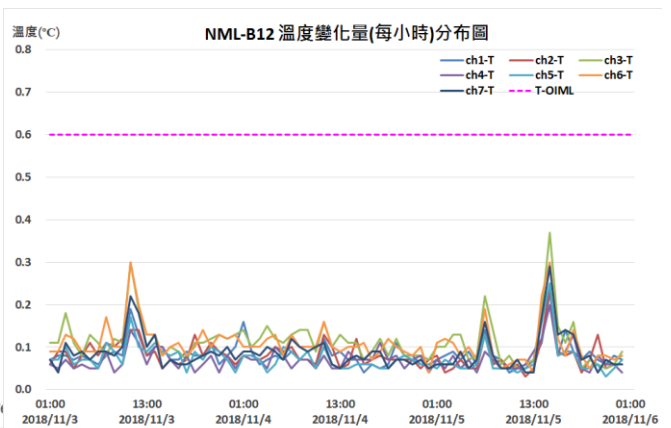


圖 3-2-42、實驗室環境溫度變化量量測圖

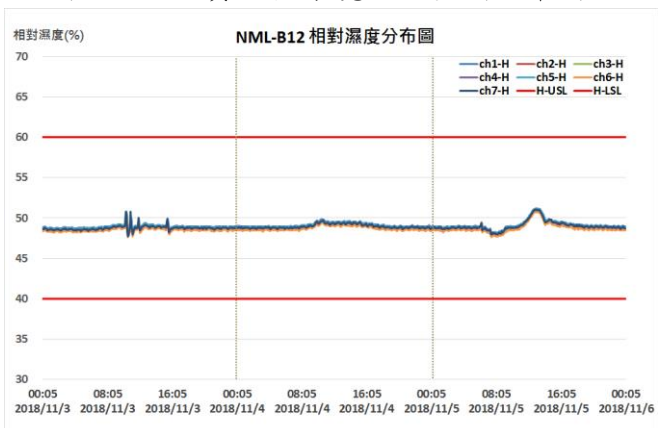


圖 3-2-43、實驗室環境濕度量測分布圖

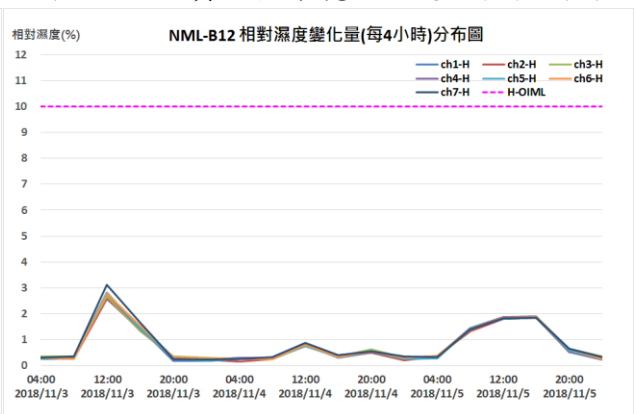


圖 3-2-44、實驗室環境濕度變化量量測圖

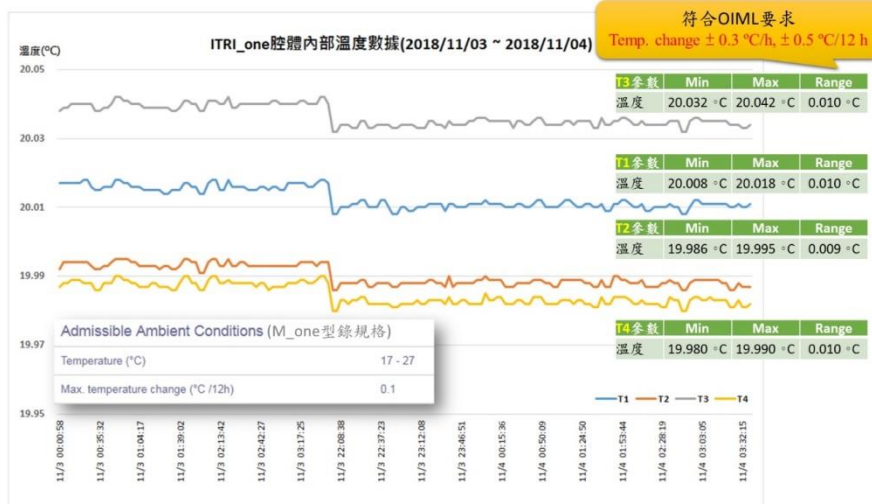


圖 3-2-45、ITRI-One 腔體內部溫度量測數據

B. 新質量標準實驗室振動量測

(a) 量測條件

- 量測時間：107/10/29 上午 09:00 (M-ONE 與 ITRI-ONE 儀器安裝後)
- 量測地點：新質量實驗室 16 館 B12
- 量測間隔：10 min (數據擷取時間)
- 量測參數：振動速度(Velocity)
- 感測器數：3
- 測試項目：
 - A、B 與 C 三組花崗岩平台，
 - 量測結果含「一般狀況」與「走動模擬(walk)」情境兩種
- 振動規範：VC-E： $\leq 3.12 \mu\text{m/s}$
- 振動規範：
 - NIST-A： $\leq 0.025 \mu\text{m/s}$ for $1 \leq f \leq 20 \text{ Hz}$ and $\leq 3 \mu\text{m/s}$ for $20 \leq f \leq 100 \text{ Hz}$

(b) 儀器設備規格：

量測採用之標準加速規(如圖 3-2-46)廠牌/型號如表 3-2-9 所列,再利用頻 Bruel & Kjaer Pulse 3560C 多通道頻譜分析儀擷取量測訊號,量測數據擷取時間為每一點 10 分鐘,每一訊號通道(channel)取樣率： $\geq 65 \text{ kHz}$,以三筆數據取平均值。

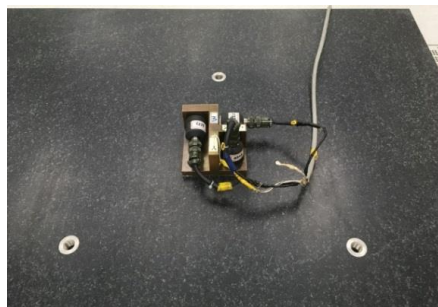


圖 3-2-46、振動測試用加速規

表 3-2-9、量測過程所採用之標準加速規

標準件	廠牌/型號	序號	追溯機構	追溯號碼	追溯日期
加速規	PCB/393 B12	5878	國家度量衡標準實驗室	V180002A	107/1/25
加速規	PCB/393 B12	6133	國家度量衡標準實驗室	V180002A	107/1/25
加速規	PCB/393 B12	6323	國家度量衡標準實驗室	V180002A	107/1/25

(c) 量測結果：

A、B 與 C 花崗岩區域量測結果如圖 3-2-47 至圖 3-2-49 所示，圖中黑色兩虛線分別代表 VC-E 與 NIST-A 振動規範界限，紫色與藍色實線則分別代表花崗岩周遭無人走動(一般情況)與人員於花崗岩周遭進行走動之量測結果。圖 3-2-47 為花崗岩 A 的量測結果，此花崗岩為未來放置質量導引系統的防振平台，整體防振平台高度設計與實驗室週遭地板切齊。振動量測結果顯示花崗岩週遭人員走動時在高頻區段振幅較低頻區段略高，但皆低於 VC-E 界限 $3.12 \mu\text{m/s}$ ，而僅 z 軸量測結果在 60 Hz 單點數值略高於 $3.12 \mu\text{m/s}$ ，初步判斷此雜訊可能來自電源供應系統本身 60 Hz 訊號耦合之影響。

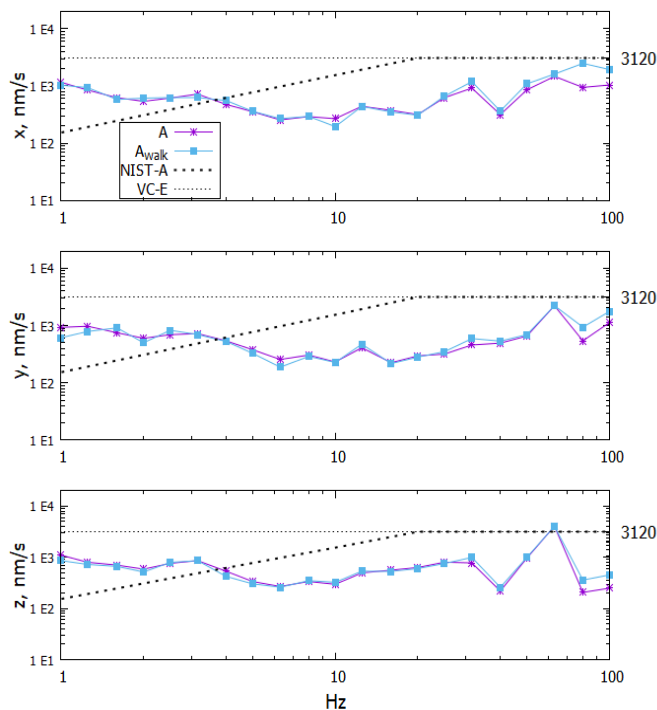


圖 3-2-47、花崗岩 A 塊振動量測結果

圖 3-2-48 為花崗岩 B 量測結果，此花崗岩為放置 NEW M-ONE 系統的防振平台，整體防振平台設計為高出實驗室週遭地板 65 cm ，振動量測結果顯示三軸量測之振動訊號皆低於 $3.12 \mu\text{m/s}$ ，符合 VC-E 參考規範，且無論人員走動與否，兩者振動訊號皆無明顯差異，代表水泥塊隔絕週遭振動效果優異。

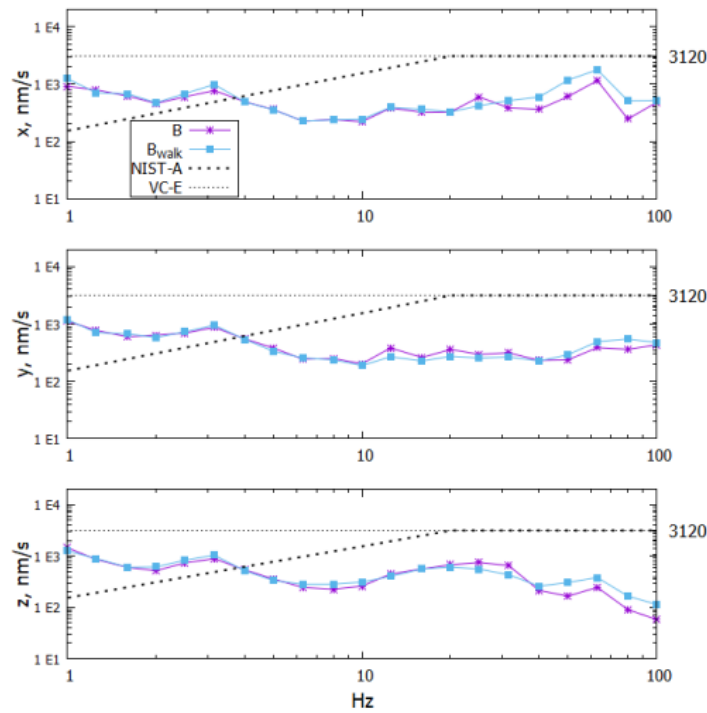


圖 3-2-48、花崗岩 B 塊振動量測結果

圖 3-2-49 為花崗岩 C 量測結果，此花崗岩為放置 ITRI-ONE 系統的防振平台，整體防振平台高度設計與實驗室週遭地板切齊，平台上架設花崗岩防振桌，ITRI-ONE 系統則安置於花崗岩防振桌上。振動量測結果顯示無論人員走動與否，兩者振動訊號皆無明顯變異，代表水泥塊隔絕週遭振動效果優異，而三軸量測結果皆在 60 Hz 單點數值略高於 3.12 $\mu\text{m/s}$ ，初步判斷此雜訊可能來自電源供應系統本身 60 Hz 訊號耦合之影響。

由上述振動測試探討三塊花崗岩防振平台對週遭環境振動改變之影響，其結果顯示振幅無明顯的差異，表示質量量測期間各系統將不受週遭振動的干擾。擺放 NEW M-ONE 系統之花崗岩 B 防振平台振動量測訊號符合 VC-E 參考規範；A 與 C 二塊花崗岩防振平台少數軸向在 60 Hz 單點數值略高於 VC-E 規範界限 3.12 $\mu\text{m/s}$ ，初步判斷此雜訊來自電源供應系統本身 60 Hz 訊號耦合之影響。

新質量標準實驗室環境建置符合 OIML R111-1 規範，設定溫、濕度條件為溫度 $(20.0 \pm 0.3) ^\circ\text{C}$ 與相對濕度為 $(50 \pm 10) \%$ ，其中在執行矽晶球量測的 NEW M-ONE 系統防振平台，在該處所測得振動訊號結果相較其它二塊花崗岩具有更優異的隔振效果，在 1 Hz 至 100 Hz 頻率下的振動頻段，其振幅無顯著的差異，表示系統不會受到週遭環境傳來的振動所干擾，進而影響質量量測過程的穩定性，其花崗岩防振平台振動訊號量測曲線符合 VC-E 振動標準，且在 4 Hz 以上頻率區段亦符合 NIST-A 之振動標準要求。因此，新質量標準實驗室環境建置成果，可提供矽晶球質量量測一個穩定的量測環境，以達到 NML 新公斤質量量測標準的建立。

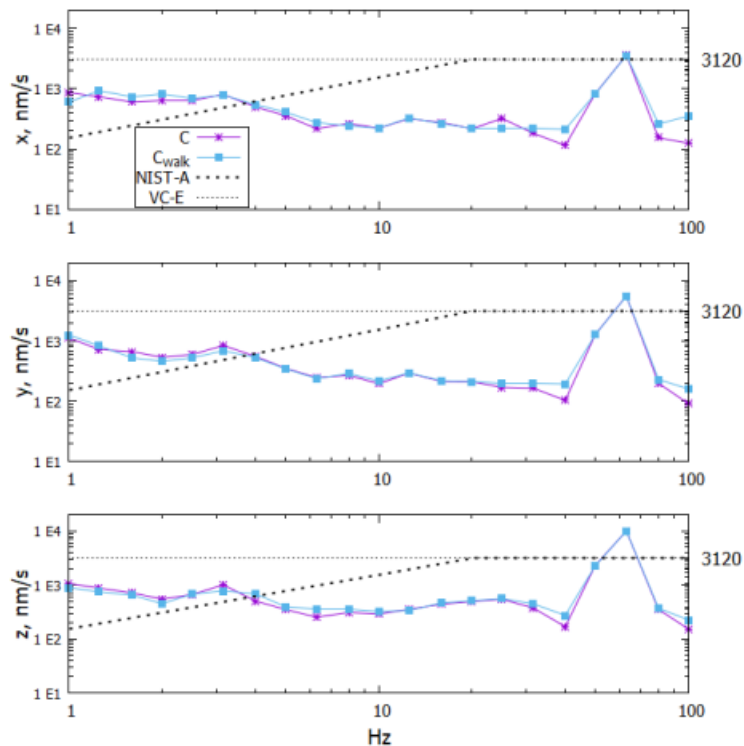


圖 3-2-49、花崗岩 C 塊振動量測結果

3. 矽晶球表層質量量測系統與技術

超高真空系統為德國聯邦物理技術研究院(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB)所設計矽晶球表層質量量測系統之次系統，提供矽晶球表層量測所需之傳輸超高真空環境。超高真空系統主要分為兩項主要模組，分別為(1)超高真空樣品傳送腔體總成(圖 3-2-50)，背景壓力 $< 10^{-5}$ Pa，用途為提供一般大氣環境與真空環境，安裝與傳送矽晶球至超高真空五軸移動座上，與(2)超高真空抽氣系統總成，包含各式真空泵、真空計、氣源與真空閥門等，用途在於產生量測所需之真空環境。各模組儀器之廠牌型號選用與採購則依照德國 PTB 之設計與建議，主要零件參考廠牌、型號與規格列於表 3-2-10，圖 3-2-51 為超高真空系統設計圖。到貨後將進行真空樣品傳送腔體與超高真空抽氣系統之整合，並測試三軸真空線性傳輸功能與驗證背景壓力。

表 3-2-10、主要零件參考廠牌、型號與規格

項次	品名	數量 (單位：套)	廠牌、型號與規格說明
1	超高真空樣品傳送腔體總成	1	背景壓力小於 10^{-5} Pa，具備三軸真空線性傳輸功能，並相容於 Mettler-Toledo M_One 質量比較儀之 ASTV (Artefact Storage & Transport Vessel)。
2	超高真空抽氣系統總成	1	包含各式真空泵、真空計、氣源與真空閥門等。

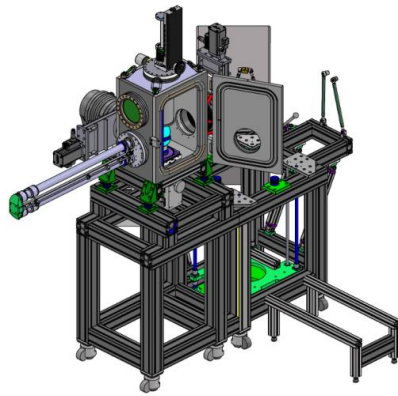


圖 3-2-50、超高真空樣品傳送腔體總成等視角立體圖

超高真空相容五軸矽晶球調整座(如圖 3-2-52)用於旋轉矽晶球，以平均對球體表面位置進行 X 光照射取樣，球體表面所產生之螢光與光電子訊號則由 XRF 及 XPS 頻譜儀擷取，所以此五軸矽晶球調整座需滿足 XPS 量測之超高真空與低磁場之環境要求。此工作項目之採購為整體五軸移動座之底部三軸移動座，包含兩軸旋轉與一軸線性移動功能(圖 3-2-51 中之軸 3、4 與 5)，詳細規格列於表 3-2-11，待到貨後依規格驗收。

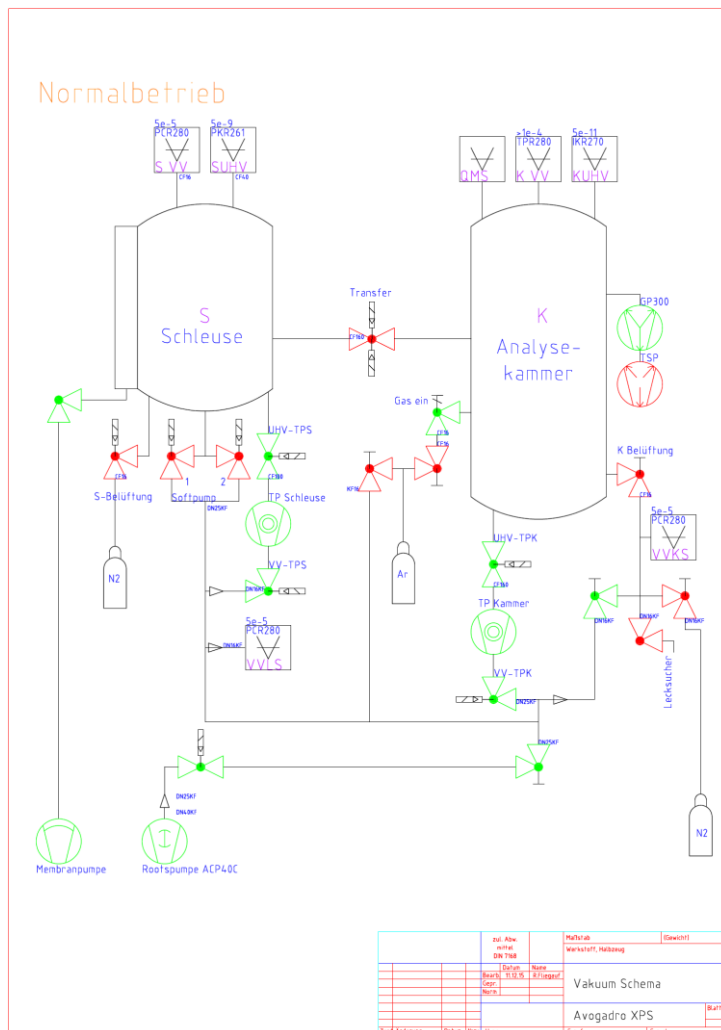


圖 3-2-51、超高真空系統設計圖

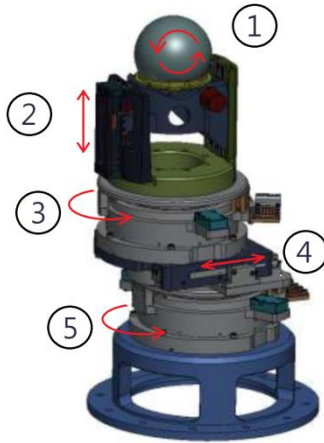


圖 3-2-52、超高真空相容五軸矽晶球調整座設計圖

表 3-2-11、三軸移動座詳細規格

項次	品名	數量 (EA)	規格說明
1	超高真空相容五軸矽晶球調整座(第三到五軸)	1	<p>1. Rotation unit #3:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Range:370 ° ▪ Repeat accuracy better than 0.001 ° with encoder: optical, UHV suitable, non-magnetic ▪ resolution 0.0001 ° ▪ Load capacity: own system component-related load plus payload 6 kg <p>2. Linear unit #4:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ stroke: 60 mm ▪ Non-magnetic ceramic linear guides ▪ Repeat accuracy better 1 μm ▪ Encoder: optical, UHV suitable, non-magnetic resolution 0.1 μm ▪ Load capacity: own system component-related load plus payload 6 kg <p>3. Rotation unit #5:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Range:100 ° ▪ Repeat accuracy better than 0.001 ° with encoder: optical, UHV suitable, non-magnetic ▪ resolution 0.0001 ° ▪ Load capacity: own system component-related load plus payload 6 kg <p>4. Controller for 5-axis:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EtherCAT master controller with 8 EtherCAT nodes,

項次	品名	數量 (EA)	規格說明
			<p>system can be extended externally</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EtherCAT slave analog drive interface ▪ Nanomotion engines amplifier ▪ Faulhaber PDA3.1 amplifier for PiezoMotors motors. ▪ All relevant power supplies, connection 230Vac ▪ One digital encoder per axis ▪ Safety inputs for all axes ▪ 8/8 General Purpose digital 1 / 0s (almost 1/0 # s) ▪ All interfaces on the front panel as Sub-D-connectors ▪ Controller software ▪ Host communication: Ethernet and RS232 ▪ First system design and presentation (Provisional Design Review, PDR) at the client ▪ Presentation and approval (Critical Design Review), to the contractor or subcontractor ▪ Final inspection incl. Control (system test, to prove the stroke, the resolution, the Repeatability, as well as UHV capability and non-magnetic property), Commissioning and training at the client
2	系統完整設計	1	如設計圖 3-2-52

【後續工作構想與重點】

在「107 研發成果運用科發基金計畫」將繼續完成 X 光光電子頻譜與 X 光螢光頻譜技術表層分析儀系統整合及完成矽晶球表層質量量測評估，表層質量量測範圍大於 10 μg ，量測不確定度 $\leq 30\%$

【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
矽晶球表層質量量測技術	德國PTB表層質量量測不確定度小於10 μg	尚未完成建置	整合式XRF XPS表層質量量測系統建置中，完成所有次模組請購、完成XRF頻譜分析擬合技術建置(於本計畫完成次模組之超高真空腔體與五軸樣品移動座採購與驗收。	此技術為全新之晶圓表面成分分析技術，後續可應用於半導體相關產業。

(三)、新溫度標準研究

【全程技術建立時程】

106 年度目標	107 年度目標	108 年度目標	109 年度目標
技術指標或系統規格 • 氣體分析儀及溫度定點採購與驗收	1. 聲學氣體溫度計量測系統建置 • 完成聲學/微波共振腔與腔體感測器配置之規格制訂、技術引進及委製，溫度範圍(213 ~ 373) K、溫度穩定度 $\leq \pm 5$ mK。 • 建立工作氣體純度分析技術，可量測水氣最小濃度 0.6 ppm。		

【本年度目標】

聲學氣體溫度計量測系統建置

- 完成聲學/微波共振腔與腔體感測器配置之規格制訂、技術引進及委製，溫度範圍(213 ~ 373) K、溫度穩定度 $\leq \pm 5$ mK。
- 建立工作氣體純度分析技術，可量測水氣最小濃度 0.6 ppm。

【執行成果】

1. 共振腔規格確立與委託設計製作技術

準球型共振腔的尺寸規格和 NPL 決定波茲曼常數時所使用共振腔的規格相同(如圖 3-3-1)，其等效半徑 a_{eq} 約 $62.3 \text{ mm} \pm 0.003 \text{ mm}$ ，平均表粗 RA 約 5 nm，該共振腔三軸的關係式如式(3-3-1)。

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2(1+\varepsilon_1)^2} + \frac{z^2}{a^2(1+\varepsilon_2)^2} = 1, \text{ with } a= 62.0 \text{ mm}, \varepsilon_1=0.0005, \varepsilon_2=0.001 \text{ mm} \quad (3-3-1)$$

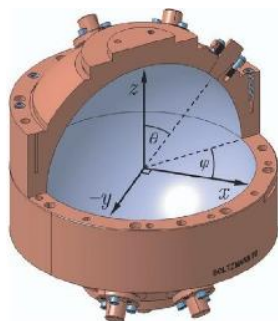


圖 3-3-1、準球型共振腔外觀

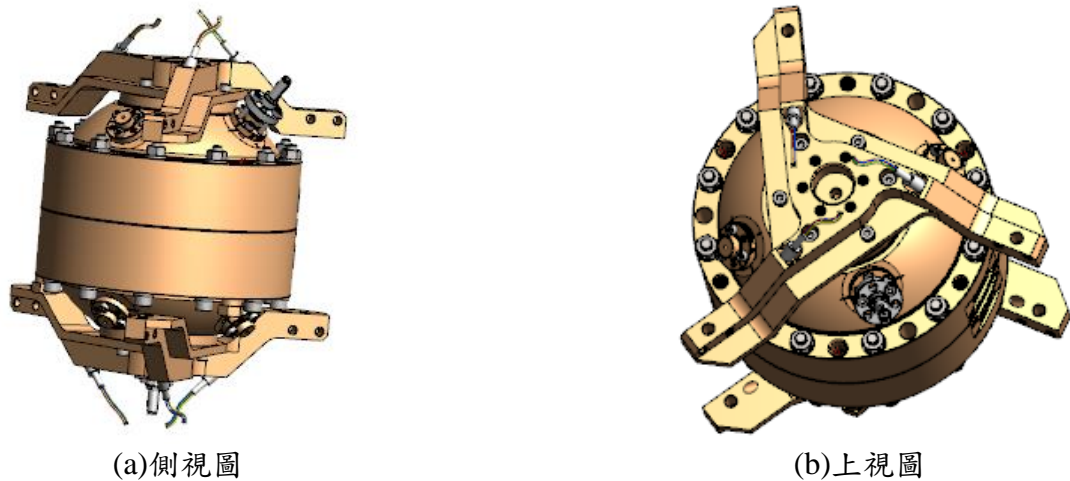


圖 3-3-2、準球型共振腔腔體

於準球型共振腔本體製作流程方面，NPL 於 107 年 5 月開始製作，各月進度如下：

- 5 月底完成共振腔的設計圖(如圖 3-3-2)；
- 6 月底完成了栓塞(plug)製作並以 CMM 確認尺寸；
- 7 月底以鋁材製作共振腔單半球，以及完成「機上量測」和 CMM 量測，確認製作程式與流程，以確保後續正式展開銅材製作時無誤，接著製作正式銅製共振腔半球及 plug 錐體(裝載感測元件)；
- 8 月底完成銅製共振腔胚件製作(blank version)，並送到 Cranfield 大學進行鑽石切削，同時就塞蓋(plug)錐體內表面進行鑽石切削，重覆進行切削以達到標稱尺寸，並以 CMM 檢查即時改善表面，
- 10 月底完成第一個鑽石切削半球，已交付給 NPL(如圖 3-3-3)，並以 NPL 的 CMM 確認規格(如圖 3-3-4)中。
- 11 月完成準球型共振腔製作，依據 CMM 量測結果，其等效半徑為 62.029 831 mm (不確定度 0.001 mm)。南、北半球之半徑差異小於數微米，符合設計要求。

於 12 月中，已完成準球型共振腔之測試與驗收，藉由量測共振腔之微波及聲學共振頻率並轉換計算，得共振腔之 mode(0,2) ~ mode(0,5)皆能符合 3 小時內溫度穩定度 ≤ 1 mK 之規格要求。

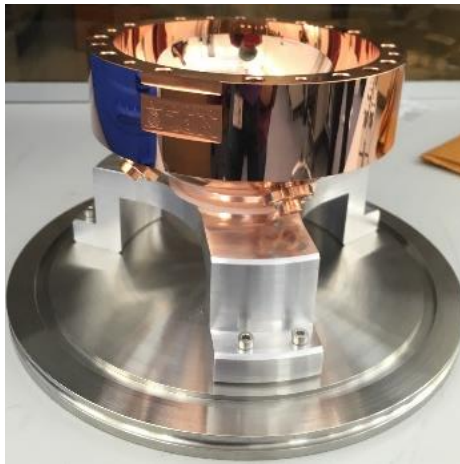


圖 3-3-3、半球靜置於運送容器的蓋子

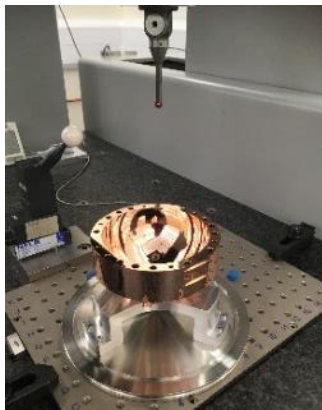


圖 3-3-4、置放在 Zeiss CMM 基座上的第一個半球

於系統設計方面，NPL 以鋼支柱連接到中心柱兩側的兩個支撐板上，以升高和降低低溫共振腔(如圖 3-3-5(a))，側面板將包含架子(未顯示)，在架子上安裝需要移動的裝置如微波分析儀(如圖 3-3-5(b))，頂板上有三支放置長型 SPRTS 的溫度計套管(thermal well)入口，該溫度計套管將與共振腔直接接觸，頂部還預留兩個用於冷卻流動的穿通裝置(feedthrough)，以及壓力艙穿通裝置(如圖 3-3-5(c))。



(a)總體佈局



(b)側面透視圖



(c)上視圖

圖 3-3-5、系統設計圖

2. 工作氣體水氣濃度分析技術

聲學氣體溫度計必須維持共振腔內工作氣體的平均分子量不變。為達此目標，除了採用相同且高純度之氣體來源，尚需利用含純化器之氣體管/閥件設計，將氣體進一步純化，然後分析純化後之工作氣體之干擾源濃度，並務求每次熱力學溫度量測時，維持相同之工作氣體純度，相當於維持工作氣體之平均分子量。因此研發團隊著力分析/量測工作氣體之水氣雜質濃度，並於9月建立了工作氣體水氣濃度分析技術。

俟委託英國 NPL 製作之聲學氣體溫度計系統安裝於 NML 後，尚有氣體純度檢測次系統必須與其連結；緣此，研發團隊亦同步完成氣體純度檢測次系統管路預安裝之設計(如圖 3-3-6)與建構(如圖 3-3-7)，建立氬氣干擾源-水氣濃度之分析技術。於此範圍之分析研究工作，係採用 99.9997 % 之 BIP Ar 鋼瓶當成工作氣體，流量範圍控制在(5 ~ 25) sccm 範圍，研究結果發現，工作氣體內的水氣濃度係隨工作氣體之流量降低而增加。例如在較高流量 25 sccm 時，兩次量測之水氣濃度皆為 0.78 ppb、於 10 sccm 時，兩次量測之水氣濃度差異 1.5 ppb，顯示在較高流量時所偵測之水氣雜質濃度的量測再現性高。但於低流量 5 sccm 時因 Ar 氣壓力較低，水氣分析儀之靈敏度較低，兩次量測之水氣濃度有差異，但皆符合計畫目標(< 0.6 ppm) (如圖 3-3-8)。此處之 0.6 ppm 相當於聲學氣體溫度計之水氣干擾源所造成的不確定度，在(213 ~ 505) K 溫度範圍對應到 0.074 mK ~ 0.175 mK；又若以目前 5 sccm 所量得最大的水氣濃度 116 ppb 估算，則所對應的溫度不確定度為 0.015 mK ~ 0.034 mK。

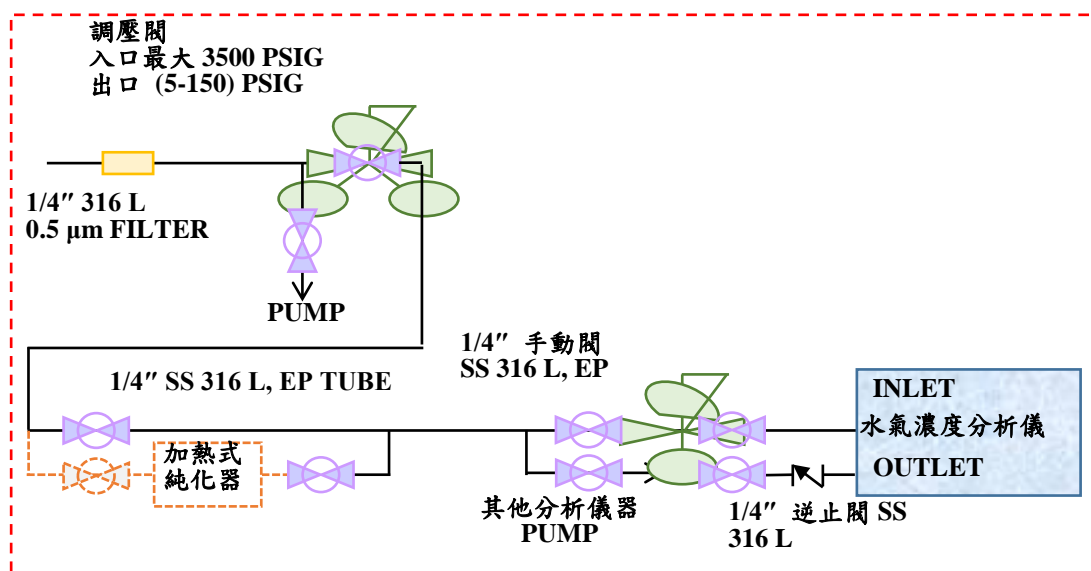


圖 3-3-6、聲學氣體溫度計之氣體純度檢測次系統管路設計圖

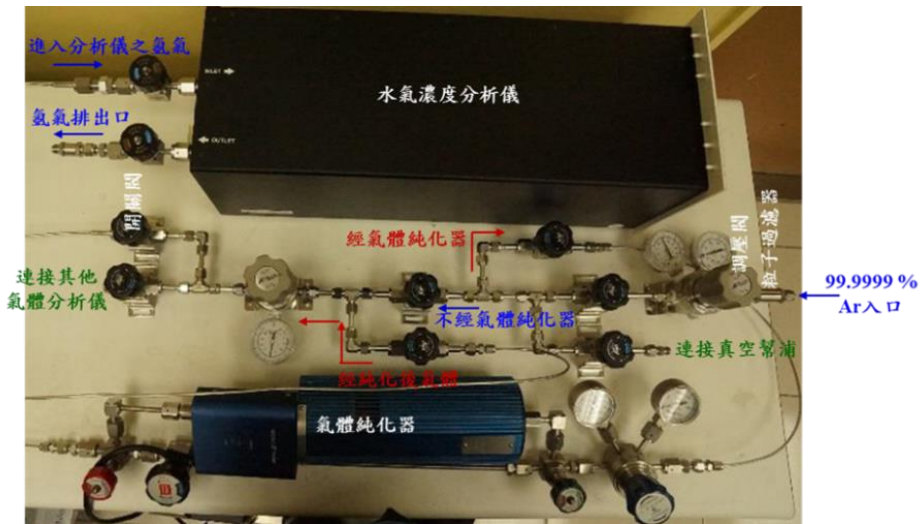


圖 3-3-7、聲學氣體溫度計之氣體純度檢測次系統管路實體圖

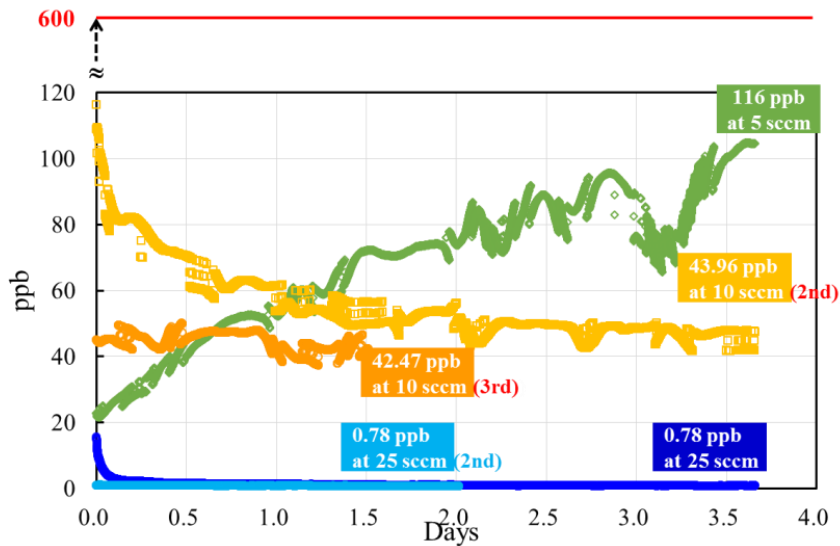


圖 3-3-8、聲學氣體溫度計之氣體純度分析數據

【待改善之處】

後續若採購較高速率氣體純化器以捕捉工作氣體內(含水氣)之雜質，並購置數位化質量流量控制器以控制流量，預期可增進 5 sccm 下的濃度量測再現性。

【後續工作重點】

1. 完成 Xe、Kr、H₂、CO₂、CO、O₂ 及 N₂ 干擾源濃度之氣相層析儀分析技術，以分析工作氣體之純度。
2. 精進干擾參數修正技術、不確定度來源分析技術，完成聲學氣體溫度計量測系統不確定度評估。
3. 精進雜質氣體分析量測技術，並視經費規模建立 Ar 同位素分析技術或委託國外技術純熟機構執行工作氣體同位素分析，如此將可進一步建立絕對原級測溫法量測技術，具備決定熱力學溫度之相對、絕對測溫法能量。

【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
聲學氣體溫度計量測系統	<ul style="list-style-type: none"> •美國 NIST 已建立(273.15 ~ 505) K 聲學氣體溫度計量測系統 量測不確定度：$u(T) \leq 1.8$ mK (涵蓋因子 $k=1$) •英國 NPL 已建立(120 ~ 573) K 聲學氣體溫度計量測系統 量測不確定度：$u(T) \leq 2.0$ mK (涵蓋因子 $k=1$) 	<ul style="list-style-type: none"> •9 月底已完成工作氣體純度檢測次系統管路建構預實施，並完成工作氣體水氣雜質分析技術建立 •12 月底已完成準球形共振腔溫度穩定度量測，穩定度於 3 小時內≤ 1.0 mK 	<ul style="list-style-type: none"> •建立(213 ~ 373) K 聲學氣體溫度計量測系統 •量測不確定度：$u(T) \leq 2.5$ mK (涵蓋因子 $k=1$) 	<ul style="list-style-type: none"> •提供 kelvin 新定義之熱力學溫度標準，確保符合國際相互認可體系之要求

【分項結論】：

1. 本分項主要經費投入 SI 新定義標準建置工作，包括 X 光晶體密度法(矽晶球法)新質量標準研究子項、聲學氣體溫度計法新溫度標準研究子項，其餘經費則執行上一年度延續之光梳 5G RoF 及光通訊雷射源技術研究子項，各子項皆完成計畫目標所訂之各項指標。
2. 於光梳 5G RoF 及光通訊雷射源技術，延續去年之工作，完成 GHz 飛秒摻鉕光纖雷射穩頻，以 $f-2f$ 干涉儀偵測偏差頻率，並以鎖相迴路進行重複率及偏差頻率之穩頻，頻率不確定度 $< 5 \times 10^{-12}$ 。並以虛像相位陣列及光柵解析光梳，最後以光梳拍頻產生 10 GHz 至 70 GHz 單一頻率之毫米波，功率可 > -30 dBm。本技術具發展成為 5G 光纖光載射頻通訊技術之潛力。
3. 於 X 光晶體密度法(矽晶球法)新質量標準技術，完成原級矽晶球質量標準真空至大氣傳遞影響評估所需之氣體吸附效應法碼設計與採購申請，法碼表面積相對不確定度 $\leq 5\%$ 。並以 PTB 提供的數據，完成不銹鋼吸附效應法碼組真空至大氣質量導引之矩陣設計與量測數據分析，得出真空與大氣下之質量差，吸附質量相對標準不確定度為 61.2%。以及完成真空相容質量比較儀實驗室環境建置，溫度 (20.0 ± 0.3) °C，相對濕度 $(50 \pm 10)\%$ 。此外，也完成整合型 X 射線光電子頻譜與 X 射線螢光頻譜表層分析儀之超高真空腔體與五軸樣品移動座購置。
4. 於聲學氣體溫度計法新溫度標準技術，完成向英國國家物理實驗室(NPL)委製準球形共振腔，規格為溫度範圍(213 ~ 373) K，溫度穩定度為 3 小時內 ≤ 1.0 mK。並建立聲學擾動因子的熱邊界層修正模式及微波擾動因子(集膚效應)之初步模擬流程。以及建立工作氣體純度分析技術，於流量範圍控制在(5 ~ 25) sccm 範圍時，可量測之水氣最小濃度皆 < 0.6 ppm。

四、法定計量技術發展分項

(一)、家用氣量計長期使用準確性研究

天然氣不僅是重要的民生與工業物資，更在國家須同時滿足用電需求與推動節能減碳的矛盾中扮演關鍵策略性的角色。標準檢驗局自民國 93 年開始對膜式氣量計實施型式認證制度，對於實施型式認證前之氣量計則未訂定退場機制，無法強制瓦斯公司於檢定有效期 10 年屆滿更換新品，業者基於成本考量，仍有不少採用維修後重新檢定的情形，導致市面上長期有性能標準不一的表種存在，影響用戶權益。

經濟部標準檢驗局於「104 年政風機構會同業務單位辦理自行檢定業者查核研提興革措施實施計畫」中，透過與業務單位至膜式氣量計自行檢定廠場進行查核過程，檢視各項查核流程有無確切落實，及符合經濟部標準檢驗局 103 年度新增或修訂之相關法規。經過查核發現市場上流通或使用中之膜式氣量計，部分未經型式認可一事，認為應該施行配套措施，以維護使用者安全。並建議針對型式認證施行前的膜式氣量計，訂定最長使用年限。

經濟部標準檢驗局考量於規範中，訂定最長使用年限是否會影響到廠商對產品持續改良的意願，且各瓦斯公司須達成共識後始得實施，影響層面廣泛，因此進行「訂定膜式氣量計最長使用年限可行性評估」工作，本計畫以使用中氣量計及重新檢定合格之氣量計為研究對象，分別進行氣量計器差特性測試及耐久性模擬測試研究，以實證數據提供未來規範修訂及管理參考。

【本年度目標】

- 完成使用中之標準檢驗局檢定檢查設備性能測試評估。
- 配合標準檢驗局例行年度檢查計畫，完成使用中氣量計器差特性測試。
- 完成氣量計耐久性模擬測試研究。
- 完成日本JIS煤氣表規範文件整理。

【執行成果】

1. 檢定檢查設備性能測試評估

(1) 量測比對實施依據

本次量測稽核活動係依據國際規範 ISO/IEC 17043 執行，各參與實驗室除提供測試結果外，另需提供符合 ISO/IEC Guide 98-3:2008 評估方式之不確定度，量測結果將以 $|En|$ 值作為衡量各實驗室測試能力之指標。

(2) 參與單位

本次量測比對係為確保標準檢驗局(以下簡稱標準局)膜式氣量計檢定系統執行 CNMV31 檢定業務時之正確性與一致性，特辦理此項比對活動，參與單位共計有量測中心(CMS)、標準局台中分局、台南分局、基隆分局及第七組，其中第七組有兩套系

統，所以總共有 5 個單位 6 套系統進行此次量測比對活動，各系統標準件都是音速噴嘴，各單位宣告之系統量測不確定度如表 4-1-1。

表 4-1-1、膜式氣量計檢定設備量測比對參與單位

參加單位名稱	設備資訊	宣告之 量測不確定度
量測中心	音速噴嘴式 1 套	0.21 %
標準局台中分局	音速噴嘴式 1 套	0.25 %
標準局台南分局	音速噴嘴式 1 套	0.25 %
標準局基隆分局	音速噴嘴式 1 套	0.25 %
標準局第七組第一套	音速噴嘴式 1 套	0.25 %
標準局第七組第二套	音速噴嘴式 1 套	0.25 %

此次量測比對是以量測中心膜式氣量計測試系統(圖 4-1-1)作為參考值，所有參加單位的測試結果與參考值進行比對，進行 $|E_n|$ 值計算。



圖 4-1-1、膜式氣量計測試系統

為確保量測比對進行過程比對件性能不變，須對比對件長期效應評估，在每一個單位測試完成後，比對件會回到量測中心進行相對器差測試，所以每個單位測試的前後都會有量測中心的測試結果作為參考。如果前後兩次測試結果差異太大表示此比對件性能有改變，有此狀況發生就需要更換比對件，重新進行測試。此次量測比對各實驗室測試日期如表 4-1-2。

表 4-1-2、量測比對測試日期

順序	日期	測試實驗室
1	2018/04/09	CMS 進行第一次測試
2	2018/04/12	標準局台中分局系統
3	2018/04/12	CMS 進行第二次測試
4	2018/04/27	標準局台南分局系統
5	2018/04/27	CMS 進行第三次測試
6	2018/04/18	標準局基隆分局系統
7	2018/04/18	CMS 進行第四次測試
8	2018/05/08	標準局第七組檢定設備第一套
9	2018/05/08	標準局第七組檢定設備第二套
10	2018/05/10	CMS 進行第五次測試

(3) 量測比對件

本次比對件採用台灣愛知公司製造，最大流率 $6 \text{ m}^3/\text{h}$ 的膜式氣量計共計 5 具進行，5 具比對件資料如表 4-1-3。

表 4-1-3、量測比對使用比對件

放置表位	廠牌	型號	型式認證號碼	序號
1	AICHI	N6 号	FC096023-1	0500971
2	AICHI	N6 号	FC096023-1	505195
3	AICHI	N6 号	FC096023-1	505190
4	AICHI	N6 号	FC096023-1	505199
5	AICHI	N6 号	FC096023-1	505196

(4) 氣量計量測比對測試方法

a. 為確保標準局各分局系統在良好狀態進行量測比對，比對前會針對比對單位膜式氣量計自動測試系統進行調適及確認，確認系統狀況沒問題方可進行比對測試，系統確認及調適項目如下：

- 系統使用標準件測試係數確認，包含 3 具音速噴嘴及 2 具壓力計。
- 針對所有輔助儀表進行功能測試與確認。
- 系統調壓閥設定壓力確認。
- 自動化軟體功能確認。
- 針對機台進行洩漏測試，確保系統洩漏率在 $0.8 \text{ cm}^3/\text{min}$ 以下，當洩漏率控制在

0.8 cm³/min 以下，對此次量測比對最小流率 1.2 m³/h 來說，相對器差的影響量將小於 0.004 %，其影響量將可以忽略。

b. 量測比對測試要求及測試方式說明如下：

- 實驗室環境建議控制在(23 ± 2) °C，所以須提早開啟空調系統。
- 比對測試前，系統先以最大流量 6.0 m³/h 運轉暖機至少 1 小時。
- 比對件安裝完成後，須執行洩漏測試，洩漏率在 0.8 cm³/min 方可進行測試，洩漏率如果超過此標準，須進行查漏工作。
- 測試時先執行壓力吸收測試 60 秒，然後進行 Q_{max} 及 0.2Q_{max} 兩個流率，此為一個循環，如此重複 10 次循環，最後結果以此 10 個循環的平均值計算。
- 比對流率為 Q_{max} 及 0.2Q_{max} 兩個流率，每個流率的收集體積參考 CNMV31 建議列表如表 4-1-4。
- 依據 CNMV31 要求調整比對設備的實際流率與約定流率之差異須小於 5 %，但在此次量測比對時，調整的流率將儘量接近約定流率。

表 4-1-4、比對範圍(約定流率)及對應收集體積

範圍	Q _{max}	0.2Q _{max}
流率(m ³ /h)	6.0	1.2
收集體積(L)	120	70

(5) 量測比對結果計算與說明

本次量測比對活動所使用之統計方法與程序均依據相關之統計學與 ISO 17043 之規定執行。量測比對結果的表示是以相對器差表示，將比對件之體積與標準體積進行計算，求出相對器差(E_R)，公式如下：

$$E_R = \frac{V_m - V_s}{V_s} \quad (4-1-1)$$

V_m : 比對件體積量測值。

V_s : 標準件修正至比對件狀態之體積量測值。

本次量測比對依據 ISO/IEC 17043，以 $|E_n|$ 值來評估各參與單位所宣告的量測不確定度之合理性， $|E_n|$ 之計算方式如下：

$$|E_n| = \left| \frac{E_R - E_{R-CMS}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{CMS}^2 + U_{Transfer\ standard}^2}} \right| \quad (4-1-2)$$

上式中：

E_R ：參與單位相對器差量測結果。

E_{R-CMS} ：量測中心比對過程所有五次量測相對器差的平均值。

U_{lab} ：參與單位氣量計檢定系統的量測不確定度。

U_{CMS} ：量測中心氣量計測試系統的量測不確定度，為 0.21 %。

$U_{Transfer\ standard}$ ：量測比對件長期效應引起的量測不確定度。

*量測不確定度均以 95 % 信賴水準表示

其中參與單位的系統量測不確定度可參考表 4-1-1。至於量測比對件長期效應的量測不確定度 $U_{Transfer\ standard}$ 評估方式是以量測中心 2018 年 4 月 9 日至 2018 年 5 月 10 日針對量測比對件進行的 5 次測試結果計算標準差，並以此標準差視為標準不確定度進行計算。量測比對件在量測中心 5 次測試結果及其計算標準差參考表 4-1-5 及表 4-1-6。

表 4-1-5、量測比對件 Q_{max} 在 CMS 測試結果

6 m ³ /h	表 1 (0500971)	表 2 (505195)	表 3 (505190)	表 4 (505199)	表 5 (505196)
$E_{R-CMS}(\%) - 20180409$	0.84	-0.53	-0.30	-0.02	-0.97
$E_{R-CMS}(\%) - 20180412$	0.77	-0.55	-0.30	-0.16	-0.94
$E_{R-CMS}(\%) - 20180427$	0.67	-0.51	-0.25	-0.13	-0.81
$E_{R-CMS}(\%) - 20180418$	0.71	-0.54	-0.26	-0.11	-0.88
$E_{R-CMS}(\%) - 20180510$	0.65	-0.53	-0.28	-0.02	-0.88
CMS 平均器差(%)	0.73	-0.53	-0.28	-0.09	-0.90
比對表標準差(%)	0.08	0.01	0.02	0.06	0.06

表 4-1-6、量測比對件 0.2 Q_{max} 在 CMS 測試結果

1.2 m ³ /h	表 1 (0500971)	表 2 (505195)	表 3 (505190)	表 4 (505199)	表 5 (505196)
$E_{R-CMS}(\%) - 20180409$	1.42	0.98	0.88	0.92	0.18
$E_{R-CMS}(\%) - 20180412$	1.44	0.89	0.85	0.85	0.18
$E_{R-CMS}(\%) - 20180427$	1.36	0.90	0.92	0.83	0.24
$E_{R-CMS}(\%) - 20180418$	1.29	0.86	0.92	0.86	0.19
$E_{R-CMS}(\%) - 20180510$	1.41	0.88	0.94	0.83	0.21
CMS 平均器差(%)	1.38	0.90	0.90	0.86	0.20
比對表標準差(%)	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03

(6) 量測比對結果說明

依據 ISO/IEC 17043，若 $|E_n| \leq 1$ ，表示參與比對單位之量測結果與參考值一致；若

$|E_n| > 1$ ，表示參與比對單位之量測結果與參考值可能不一致。此次氣量計檢定系統量測比對結果(表 4-1-7~11)顯示，所有參與單位其量測結果指標 $|E_n|$ 都小於 0.7，此結果可證明此次所有參與單位量測結果具一致性。

表 4-1-7、台中分局量測比對結果

結果	表 1		表 2		表 3		表 4		表 5	
	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h
$E_R(\%)$	0.71	1.23	-0.43	0.96	-0.23	0.67	0.09	0.90	-0.74	0.16
$E_{R-CMS}(\%)$	0.73	1.38	-0.53	0.90	-0.28	0.90	-0.09	0.86	-0.90	0.20
$S_{Transfer\ standard}(\%)$	0.08	0.06	0.01	0.05	0.02	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03
$E_R-E_{R-CMS}(\%)$	-0.02	-0.15	0.10	0.06	0.05	-0.23	0.18	0.04	0.16	-0.04
$ E_n $	0.05	0.44	0.31	0.17	0.15	0.69	0.51	0.13	0.45	0.12

表 4-1-8、台南分局量測比對結果

結果	表 1		表 2		表 3		表 4		表 5	
	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h
$E_R(\%)$	0.67	1.20	-0.52	0.81	-0.28	0.83	-0.10	0.75	-0.96	0.00
$E_{R-CMS}(\%)$	0.73	1.38	-0.53	0.90	-0.28	0.90	-0.09	0.86	-0.90	0.20
$S_{Transfer\ standard}(\%)$	0.08	0.06	0.01	0.05	0.02	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03
$E_R-E_{R-CMS}(\%)$	-0.06	-0.18	0.01	-0.09	0.00	-0.07	-0.01	-0.11	-0.06	-0.20
$ E_n $	0.16	0.53	0.04	0.27	0.01	0.22	0.03	0.32	0.18	0.61

表 4-1-9、基隆分局量測比對結果

結果	表 1		表 2		表 3		表 4		表 5	
	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h
$E_R(\%)$	0.78	1.25	-0.42	0.90	-0.33	0.71	-0.01	0.90	-0.84	0.05
$E_{R-CMS}(\%)$	0.73	1.38	-0.53	0.90	-0.28	0.90	-0.09	0.86	-0.90	0.20
$S_{Transfer\ standard}(\%)$	0.08	0.06	0.01	0.05	0.02	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03
$E_R-E_{R-CMS}(\%)$	0.05	-0.13	0.11	0.00	-0.05	-0.19	0.08	0.04	0.06	-0.15
$ E_n $	0.14	0.39	0.34	0.01	0.16	0.57	0.22	0.13	0.16	0.45

表 4-1-10、標準局第七組第一套量測比對結果

結果	表 1		表 2		表 3		表 4		表 5	
	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h
$E_R(\%)$	0.67	1.37	-0.40	0.94	-0.19	0.94	0.07	0.69	-0.81	0.18
$E_{R-CMS}(\%)$	0.73	1.38	-0.53	0.90	-0.28	0.90	-0.09	0.86	-0.90	0.20
$S_{Transfer\ standard}(\%)$	0.08	0.06	0.01	0.05	0.02	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03
$E_R-E_{R-CMS}(\%)$	-0.06	-0.01	0.13	0.04	0.09	0.04	0.16	-0.17	0.09	-0.02
$ E_n $	0.16	0.04	0.40	0.11	0.27	0.11	0.45	0.50	0.25	0.06

表 4-1-11、標準局第七組第二套量測比對結果

結果	表 1		表 2		表 3		表 4		表 5	
	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h	6m ³ /h	1.2m ³ /h
$E_R(\%)$	0.59	1.17	-0.44	0.77	-0.23	0.77	0.03	0.74	-0.92	-0.02
$E_{R-CMS}(\%)$	0.73	1.38	-0.53	0.90	-0.28	0.90	-0.09	0.86	-0.90	0.20
$S_{Transfer\ standard}(\%)$	0.08	0.06	0.01	0.05	0.02	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03
$E_R-E_{R-CMS}(\%)$	-0.14	-0.21	0.09	-0.13	0.05	-0.13	0.12	-0.12	-0.02	-0.22
$ E_n $	0.38	0.61	0.28	0.39	0.15	0.39	0.34	0.35	0.07	0.67

2. 使用中氣量計器差特性測試

配合標準局年度檢查作業，抽檢放置在用戶端使用中的氣量計進行測試，此次共計抽檢 3193 具氣量計，其中使用 3 年的表共計 479 具，5 年表有 758 具，7 年表有 1466 具，9 年表有 372 具，另外 118 具沒有標示使用年份。此次作業所有抽檢單位、數量及檢查結果整理如表 4-1-12 及表 4-1-13。

- 總計檢查數量為 3193 具，不合格數量共計 106 具，不合格率為 3.3%，合格率为 96.7%。
- 共計有 7 具氣量計為異常無法測試器差，其中 5 具為啞巴表(氣體通過不運轉的氣量計)，1 具運轉不順，1 具字輪變形無法以銀色線觸發方式執行檢查。

表 4-1-12、全部抽檢表檢查結果(I)

標準局第七組						
廠牌	KEUK DONG	RICOH	DAEHAN	東洋計器	YAZAKI	七組總計
型號	G2.5	GR-25M	KANSAI-6	N4	VY-2A	
抽檢數量	400	300	240	400	321	1661
使用 3 年表	0	180	0	0	0	180
使用 5 年表	200	60	79	138	101	578
使用 7 年表	200	60	161	262	220	903
使用 9 年表	0	0	0	0	0	0
不合格數量	8	0	18	6	2	34
不合格率(%)	2.0	0.0	7.5	1.5	0.6	2.0

表 4-1-13、全部抽檢表檢查結果(II)

	基隆分局	新竹分局			
廠牌	MICOMTEK	AICHI	杭州貝特	YAZAKI	新竹分局統計
型號	MT40N-A3	APS4	G 2.5	VY-2A	
抽檢數量	200	60	238	150	448
使用 3 年表	0	0	0	0	0
使用 5 年表	0	30	0	0	30
使用 7 年表	70	28	60	75	163
使用 9 年表	130	2	60	75	137
未標示年份	0	0	118	0	118
不合格數量	1	28	15	1	44
不合格率(%)	0.5	46.7	6.3	0.7	9.8

表 4-1-14、全部抽檢表檢查結果(III)

	台中分局	員林辦事處		
廠牌	TN	愛知	RICOH	員辦統計
型號	N4C	ALC4	GR-25M	
抽檢數量	299	120	120	240
使用 3 年表	299	0	0	0
使用 5 年表	0	40	40	80
使用 7 年表	0	80	40	120
使用 9 年表	0	0	40	40
不合格數量	1	3	6	9
不合格率(%)	0.3	2.5	5.0	3.8

表 4-1-15、全部抽檢表檢查結果(IV)

台南分局			
廠牌	DAESUNG	RICOH	台南分局統計
型號	G2.5T	GR-25M	
抽檢數量	75	60	135
使用 3 年表	0	0	0
使用 5 年表	50	20	70
使用 7 年表	25	20	45
使用 9 年表	0	20	20
不合格數量	3	2	5
不合格率(%)	4.0	3.3	3.7

表 4-1-16、全部抽檢表檢查結果(IV)

高雄分局					
廠牌	KEUK DONG	DAEHAN	DAESUNG	MICOMTEK	高雄分局統計
型號	G 2.5	G2.5 DGM-1	G2.5T	MT40N-A6	
抽檢數量	15	15	60	120	210
使用 3 年表	0	0	0	0	0
使用 5 年表	0	0	0	0	0
使用 7 年表	0	15	60	90	165
使用 9 年表	15	0	0	30	45
不合格數量	1	2	7	2	12
不合格率(%)	6.7	13.3	11.7	1.7	5.7

此次共計抽檢數量為 3193 具氣量計，標準局各單位抽檢數量及檢查結果如表 4-1-17 所示，各單位檢查結果合格率差異很大，其中新竹分局抽檢結果不合格率最高為 9.8%，台中分局不合格率最低為 0.3%。

表 4-1-17、不同檢查單位檢查結果統計表

檢查單位	檢查數量	不合格數量	合格數量	不合格率(%)
第七組	1661	34	1627	2.0
基隆分局	200	1	199	0.5
新竹分局	448	44	404	9.8
台中分局	299	1	298	0.3
員林辦事處	240	9	231	3.8
台南分局	135	5	130	3.7
高雄分局	210	12	198	5.7
總計	3193	106	3087	3.3

(1) 不同表型測試結果比較

此次共計抽檢表型共計有 13 種，每種表型檢查結果如表 4-1-18，不同表型不合格比率差異甚大，分析說明如下：

- AICHI/APS4 表型不合格率最高為 46.7%。
- DAEHAN/G2.5 DGM-1 及杭州貝特/G2.5 表型不合率都偏高，接近 10%。
DAEHAN/KANSAI-6 及 DAESUNG/G2.5T 表型不合率亦偏高，接近 7.5%。
- TN/N4C 及 MICOMTEK/MT40N-A3 不合格率最低。

表 4-1-18、不同表型檢查結果統計表

型號	廠牌	檢查數量	不合格數量	合格數量	不合格率(%)
ALC4	愛知	120	3	117	2.5
APS4	AICHI	60	28	32	46.7
G2.5	KEUK DONG	535	13	522	2.4
G 2.5	杭州貝特	118	11	107	9.3
G2.5 DGM-1	DAEHAN	15	2	13	13.3
G2.5T	DAESUNG	135	10	125	7.4
GR-25M	RICOH	480	8	472	1.7
KANSAI-6	DAEHAN	240	18	222	7.5
MT40N-A3	MICOMTEK	200	1	199	0.5
MT40N-A6	MICOMTEK	120	2	118	1.7
N4	東洋計器	400	6	394	1.5
N4C	TN	299	1	298	0.3
VY-2A	YAZAKI	471	3	468	0.6
總計		3193	106	3087	3.3

另外為研究不同使用年份對氣量計性能差異的影響，配合標準局提供氣量計樣品，此次規劃抽測 3 年、5 年、7 年及 9 年的表進行測試。使用 3 年表數量為 479 具；使用 5 年表數量為 758 具；使用 7 年表數量為 1466 具；使用 9 年表數量為 372 具；其中新竹分局 118 具氣量計(杭州貝特/G2.5 表型)未標示年份，將之列在未標示年份欄位，不同使用年份抽樣數量及檢查結果統計如表 4-1-19。

表 4-1-19、不同年份檢查結果差異表

使用年份	檢查數量	不合格數量	合格數量	不合格率(%)
3 年	479	1	478	0.2
5 年	758	40	718	5.3
7 年	1466	46	1420	3.1
9 年	372	8	364	2.2
未標示年份	118	11	107	9.3
總計	3193	106	3087	3.3

由表 4-1-19 顯示以下資訊：

- 使用 3 年不合格比率最低，為 0.2 %，此結果可以說明使用時間越短的表其性能維持越好。
- 使用 5 年的表不合格比例最高，與使用越久性能越差的認知並不完全相符。
- 因為抽測表型眾多，彼此性能不同，且檢查累積數量不夠，所以無法由此表得到不同年份氣量計其不合格比率實際的差異，還需要累積更多測試數據進行分析。

(2) 不同使用年份氣量計檢查結果比較

因為不同表型，其性能特性不同，較難分析出不同使用年份之性能差異。所以以下就同一表型，但使用時間不同進行分析。選取表型的依據有兩個，一為測試數量多的，二為不合格比率高的。依據表 4-1-20 至表 4-1-24，分析結果說明如下：

- 由此次數量最多的 G2.5/KEUK DONG(表 4-1-20)及 GR-25M/RICOH(表 4-1-21)表型可以看出，不合格率隨著使用年份有增加的趨勢。
- KANSAI-6/DAEHAN 表型，不同使用年份檢測結果如表 4-1-22，使用年份短，不合格率反而高，此結果有點奇怪，有待累積更多測試結果進行分析。
- 不合格率最高的 APS4/AICHI 表型，不同使用年份檢測結果如表 4-1-24，不同使用年份其不合格比率都很接近。

表 4-1-20、G2.5/KEUK DONG 不同年份氣量計測試結果

使用年份	檢查數量	不合格數量	合格數量	不合格率(%)
5	200	4	196	2.0
7	260	6	254	2.3%
9	75	3	72	4.0%
總計	535	13	522	2.4%

表 4-1-21、GR-25M/RICOH 不同年份氣量計測試結果

使用年份	檢查數量	不合格數量	合格數量	不合格率(%)
3	180	0	180	0.0
5	120	2	118	1.7
7	120	3	117	2.5
9	60	3	57	5.0
總計	480	8	472	1.7

表 4-1-22、KANSAI-6/DAEHAN 不同年份氣量計測試結果

使用年份	檢查數量	不合格數量	合格數量	不合格率(%)
5	79	13	66	16.5
7	161	5	156	3.1
總計	240	18	222	7.5

表 4-1-23、VY-2A/YAZAKI 不同年份氣量計測試結果

使用年份	檢查數量	不合格數量	合格數量	不合格率(%)
5	101	0	101	0.0
7	295	3	292	1.0
9	75	0	75	0.0
總計	471	3	468	0.6

表 4-1-24、APS4/AICHI 不同年份氣量計測試結果

使用年份	檢查數量	不合格數量	合格數量	不合格率(%)
5	30	14	16	46.7
7	28	14	14	50.0
9	2	0	2	0.0
總計	60	28	32	46.7

(3) 抽檢氣量計器差分佈

此次標準局共計抽檢 3193 具氣量計進行檢查，其中有 7 具氣量計因為為啞巴表(無法運轉計量)或字輪變形無法進行測試，直接判定不合格，所以共計測試 3186 具氣量計，分析抽檢表器差結果，繪製器差分佈圖，由圖 4-1-2 及圖 4-1-3 可看出：

- 大流率(Qmax)部分器差分佈集中於 0 % 附近，且接近對稱型態。
- 中流率(0.2Qmax)部分器差分佈明顯有偏向正的方向，換句話說，中流率計量會偏向多計量。

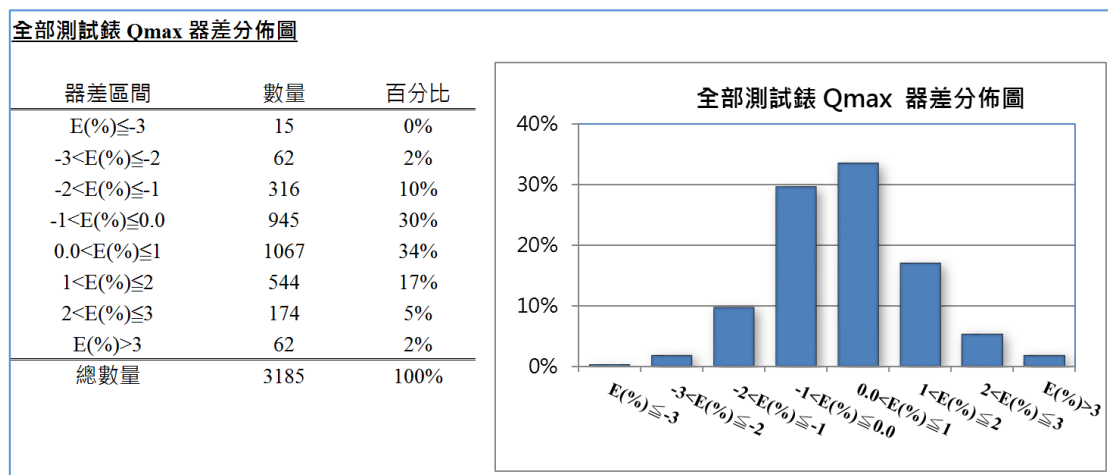


圖 4-1-2、全部 3186 具氣量計檢查結果分析 - Qmax

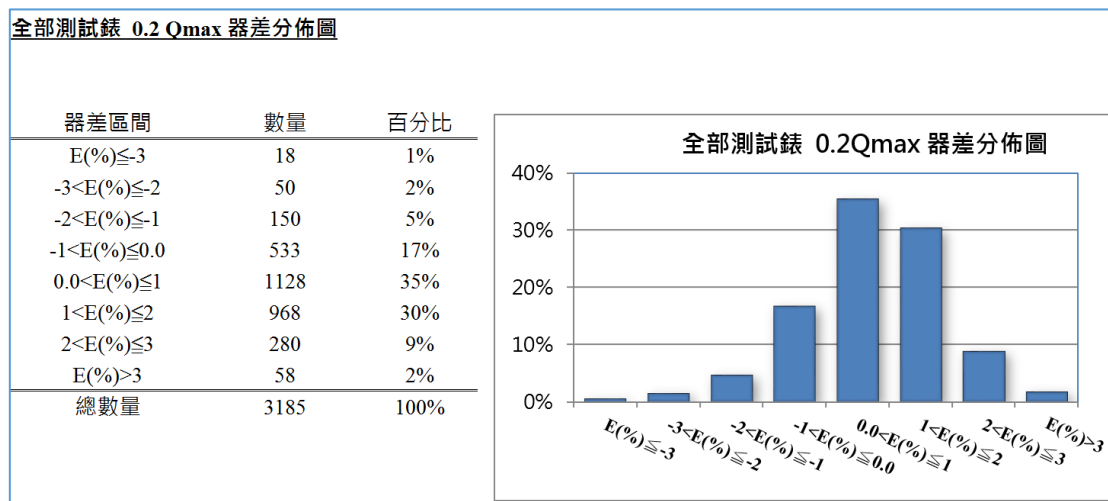


圖 4-1-3、全部 3186 具氣量計檢查結果分析 - 0.2Qmax

此次抽檢中不合格氣量計共計有 106 具，扣除啞巴表及字輪變形無法檢查的 7 具氣量計，其餘檢查不合格氣量計(大流率或中流率相對器差絕對值大於 3 %)共計 99 具，99 具不合格氣量計檢查結果，大流及中流兩個流率相對器差分佈如圖 4-1-4 及圖 4-1-5，由此兩器差分佈圖歸納出以下結果：

- 不合格氣量計於大流率(Qmax)及中流率(0.2Qmax)相對器差明顯偏向正偏差(多計量)。
- 99 具不合格氣量計中共計有 67 具氣量計大流率(Qmax)不合格。
- 99 具不合格氣量計中共有 68 具中流率(0.2Qmax)不合格。
- 99 具不合格氣量計中兩個流率都不合格的氣量計表共計有 36 具。

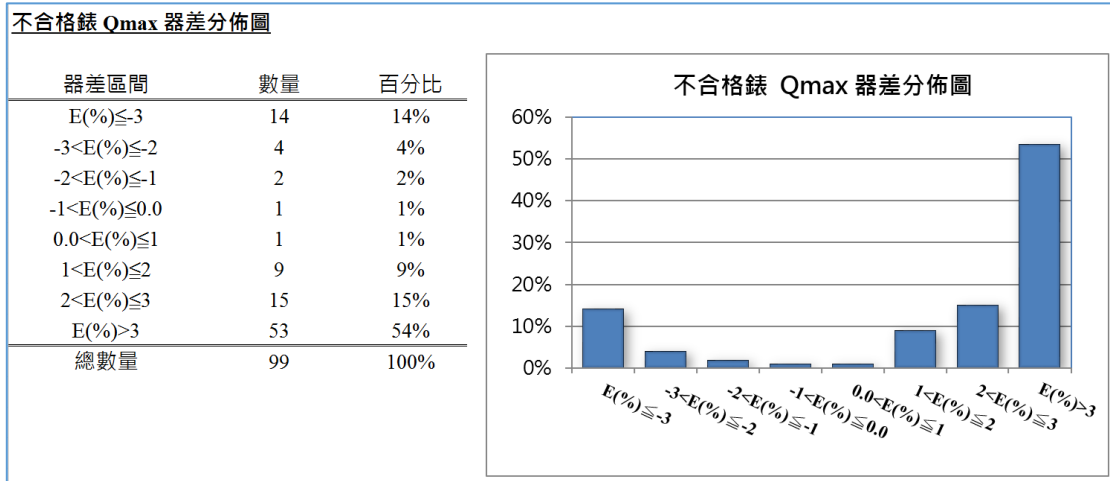


圖 4-1-4、全部不合格表檢查結果分析- Qmax

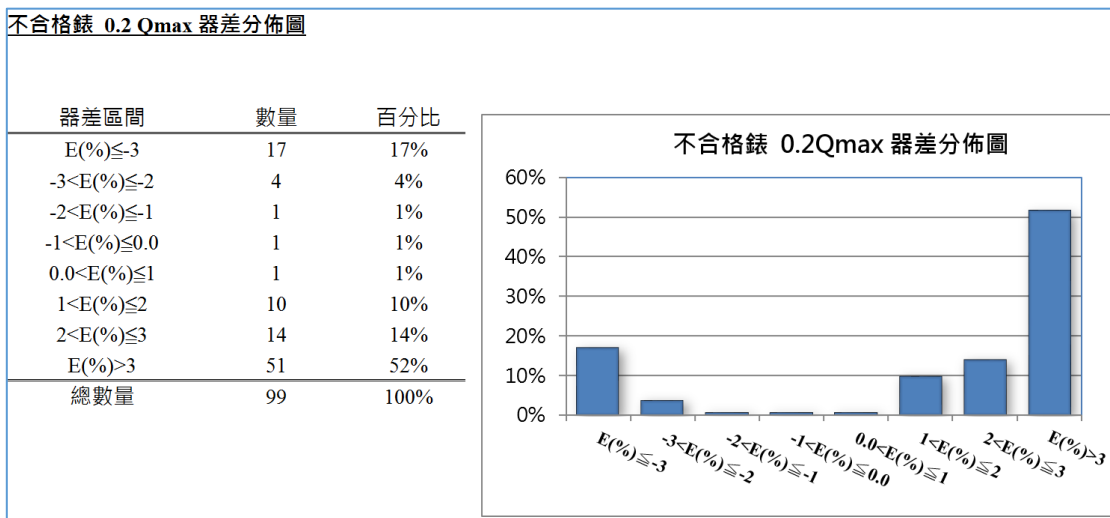


圖 4-1-5、全部不合格表檢查結果分析-0.2Qmax

(4) 不同使用時間氣量計器差分佈

另外針對不同使用時間的氣量計，其器差分佈如圖 4-1-6 至圖 4-1-13，分析其結果說明如下：

- 最大流率器差 Q_{max} ：使用 3、5、7 及 9 年氣量計其器差分佈集中於 0 % 附近，且接近對稱型態。
- 第二流率器差 $0.2Q_{max}$ ：使用 3、5 及 7 年氣量計其器差分佈較偏向正公差，9 年氣量計較偏向負公差，其與 3、5 及 7 年氣量計差異可能是因為 9 年氣量計測試數量比較少較不具代表性，或反應不同廠牌型號之性能差異。

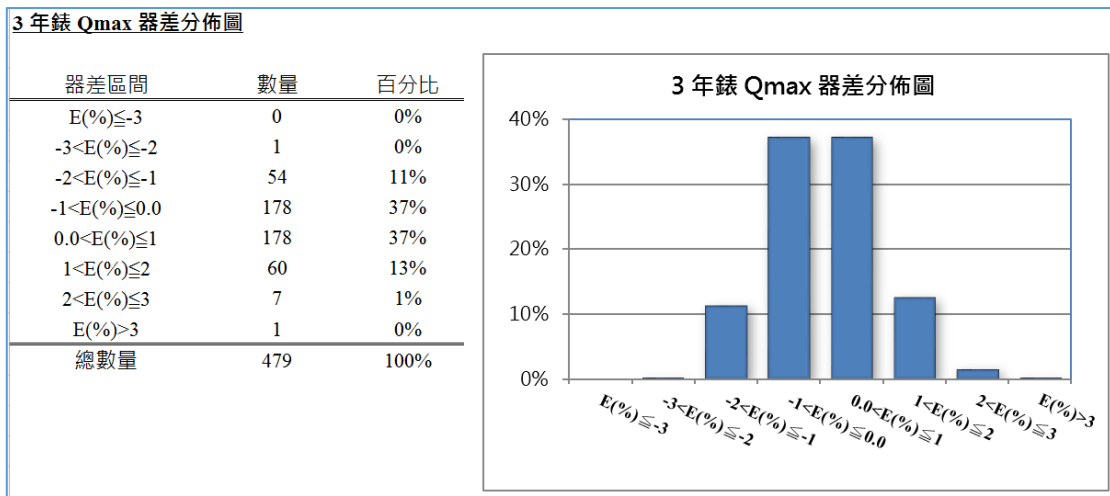


圖 4-1-6、使用 3 年氣量計檢查結果分析 - Q_{max}

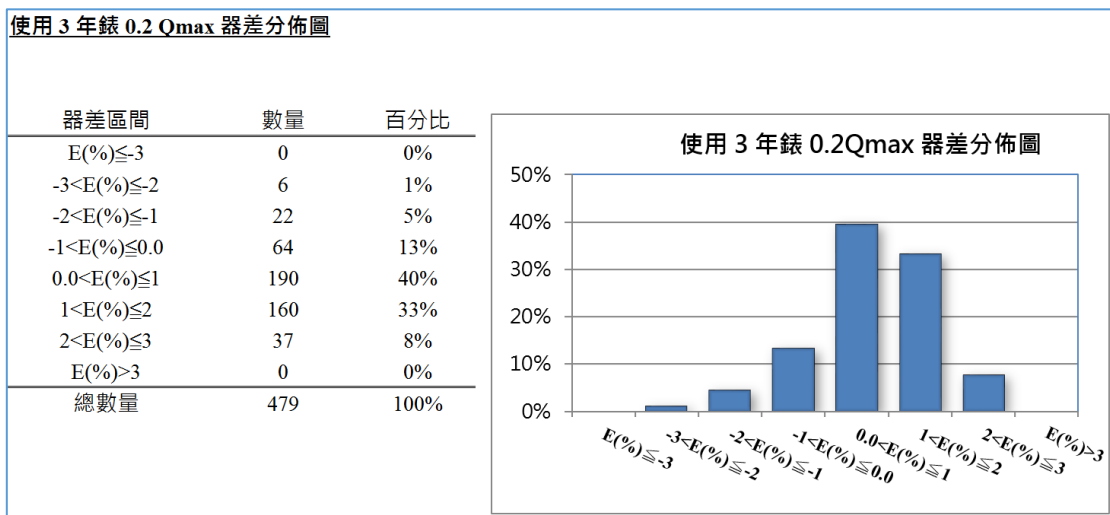


圖 4-1-7、使用 3 年氣量計檢查結果分析 - $0.2Q_{max}$

使用 5 年錶 Qmax 器差分佈圖

器差區間	數量	百分比
$E(\%) \leq 3$	4	1%
$-3 < E(\%) \leq -2$	6	1%
$-2 < E(\%) \leq -1$	45	6%
$-1 < E(\%) \leq 0.0$	197	26%
$0.0 < E(\%) \leq 1$	275	36%
$1 < E(\%) \leq 2$	139	18%
$2 < E(\%) \leq 3$	59	8%
$E(\%) > 3$	33	4%
總數量	758	100%

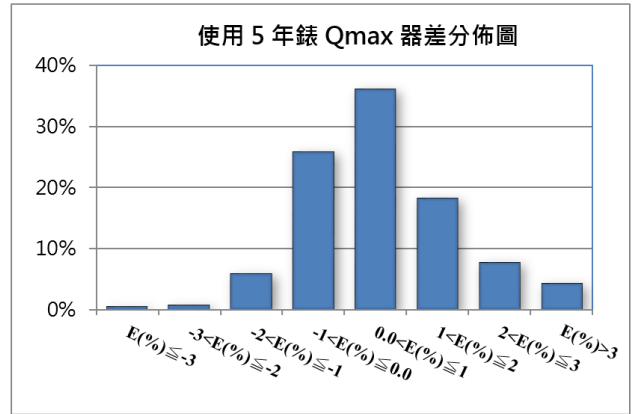


圖 4-1-8、使用 5 年氣量計檢查結果分析 - Qmax

使用 5 年錶 0.2 Qmax 器差分佈圖

器差區間	數量	百分比
$E(\%) \leq 3$	4	1%
$-3 < E(\%) \leq -2$	9	1%
$-2 < E(\%) \leq -1$	18	2%
$-1 < E(\%) \leq 0.0$	113	15%
$0.0 < E(\%) \leq 1$	256	34%
$1 < E(\%) \leq 2$	246	32%
$2 < E(\%) \leq 3$	79	10%
$E(\%) > 3$	33	4%
總數量	758	100%

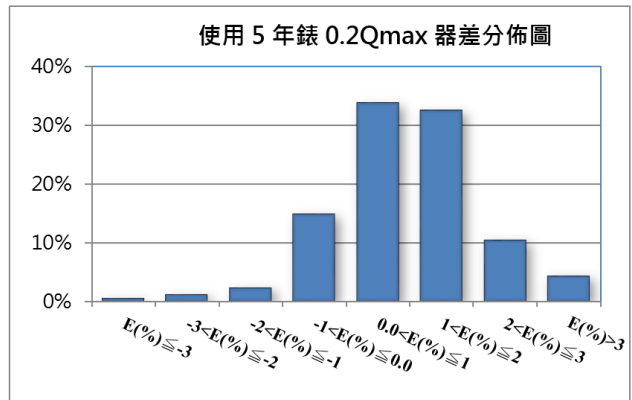


圖 4-1-9、使用 5 年氣量計檢查結果分析 - 0.2Qmax

使用 7 年錶 Qmax 器差分佈圖

器差區間	數量	百分比
$E(\%) \leq 3$	4	0%
$-3 < E(\%) \leq -2$	36	2%
$-2 < E(\%) \leq -1$	120	8%
$-1 < E(\%) \leq 0.0$	414	28%
$0.0 < E(\%) \leq 1$	496	34%
$1 < E(\%) \leq 2$	284	19%
$2 < E(\%) \leq 3$	84	6%
$E(\%) > 3$	24	2%
總數量	1462	100%

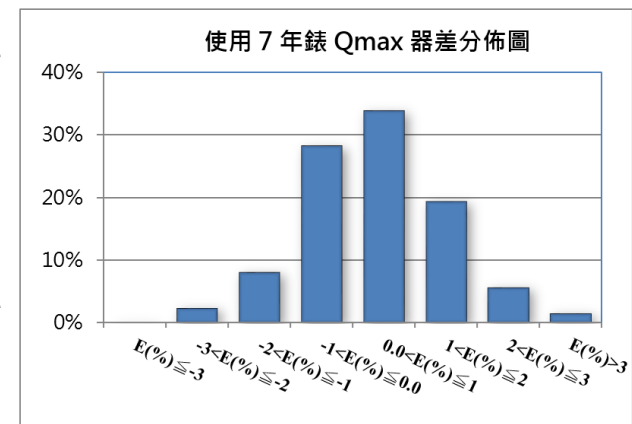


圖 4-1-10、使用 7 年氣量計檢查結果分析 - Qmax

使用 7 年錶 0.2 Qmax 器差分佈圖

器差區間	數量	百分比
$E(\%) \leq 3$	6	0%
$-3 < E(\%) \leq -2$	13	1%
$-2 < E(\%) \leq -1$	45	3%
$-1 < E(\%) \leq 0.0$	212	15%
$0.0 < E(\%) \leq 1$	519	35%
$1 < E(\%) \leq 2$	496	34%
$2 < E(\%) \leq 3$	150	10%
$E(\%) > 3$	21	1%
總數量	1462	100%

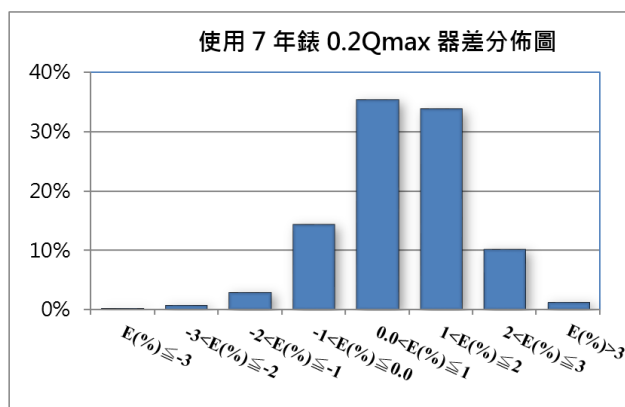


圖 4-1-11、使用 7 年氣量計檢查結果分析 - 0.2Qmax

使用 9 年錶 Qmax 器差分佈圖

器差區間	數量	百分比
$E(\%) \leq 3$	4	1%
$-3 < E(\%) \leq -2$	13	4%
$-2 < E(\%) \leq -1$	68	18%
$-1 < E(\%) \leq 0.0$	108	29%
$0.0 < E(\%) \leq 1$	94	25%
$1 < E(\%) \leq 2$	60	16%
$2 < E(\%) \leq 3$	22	6%
$E(\%) > 3$	2	1%
總數量	371	100%

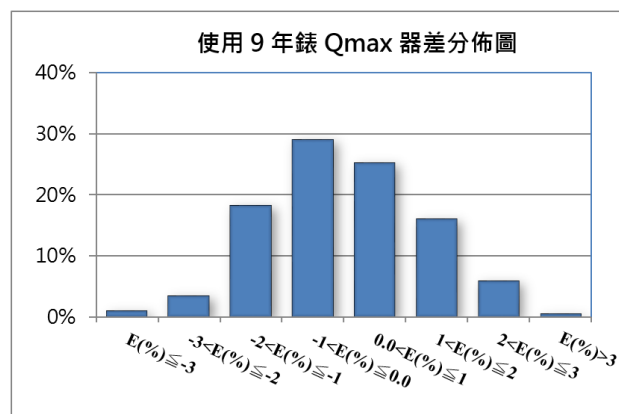


圖 4-1-12、使用 9 年氣量計檢查結果分析 - Qmax

使用 9 年錶 0.2 Qmax 器差分佈圖

器差區間	數量	百分比
$E(\%) \leq 3$	3	1%
$-3 < E(\%) \leq -2$	14	4%
$-2 < E(\%) \leq -1$	48	13%
$-1 < E(\%) \leq 0.0$	105	28%
$0.0 < E(\%) \leq 1$	130	35%
$1 < E(\%) \leq 2$	58	16%
$2 < E(\%) \leq 3$	12	3%
$E(\%) > 3$	1	0%
總數量	371	100%

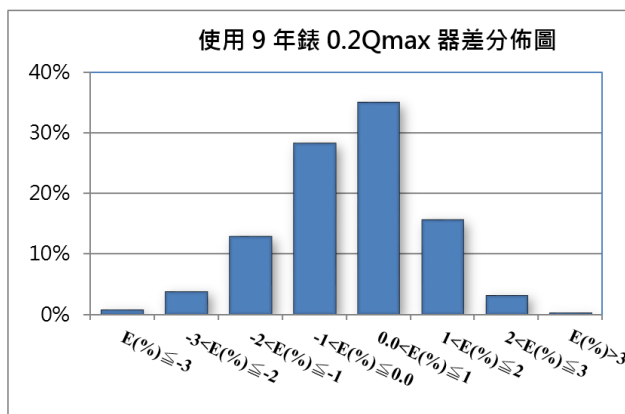


圖 4-1-13、使用 9 年氣量計檢查結果分析 - 0.2Qmax

(5) 抽檢不合格氣量計結果說明

針對不合格氣量計會送至量測中心進行重新重複測試，每一具表將重複測試 15 次，其結果平均後再與原來在各單位檢查結果比較得到差異值（量測中心器差 - 標準局各單位器差），此次送回量測中心重新測試氣量計量測結果說明如下：

- 重新測試 58 具氣量計，其中 12 具測試結果合格，其餘 46 具氣量計仍為不合格。
- 測試結果與各單位測試結果，於 Q_{max} 有 17 具差異大於 0.5 %，於 $0.2Q_{max}$ 有 13 具差異大於 0.5 %。由此可知，不合格氣量計之重現性也比較差。
- 於標準局各單位及量測中心不同系統檢查器差合格判定結果的差異，原因為選擇的都是不合格氣量計，老舊及不合格氣量計重現性比較差，所以不同次之測試結果變化很大。
- 檢定檢查都是測試 1 次，所以很容易有器差在合格公差附件的氣量計被誤判定，因為系統本身就有不確定度，且器差較大的氣量計通常標準差也相對比較大，所以將合格氣量計判定為不合格，或相反將不合格氣量計判定為合格，是可以理解也無法避免的。

3. 重新檢定氣量計耐久性模擬測試研究

此項測試選取重新檢定表，此次選取的表型為 $6\text{ m}^3/\text{h}$ 及 $4\text{ m}^3/\text{h}$ 表各五具進行耐久測試，耐久測試開始時間皆為 2018 年 5 月 7 日 18:00，結束時間 $6\text{ m}^3/\text{h}$ 表型為 2018 年 8 月 8 日 20:47，共計進行 2235 小時。 $4\text{ m}^3/\text{h}$ 表型結束時間為 2018 年 8 月 10 日 16:37 共計進行 2279 小時， $6\text{ m}^3/\text{h}$ 表累積通氣量都超過 12000 m^3 ， $4\text{ m}^3/\text{h}$ 表型累積通氣量都超過 8000 m^3 。

氣量計耐久測試使用同型串聯方式，以變頻器控制鼓風機運轉速度以調控流率，並以球閥控制兩型氣量計的運轉流率，系統示意圖如圖 4-1-14。耐久測試過程氣量計安裝照片如圖 4-1-15 所示。另外總共 10 具氣量計其耐久測試開始前及結束後照片累積量如圖 4-1-16 至圖 4-1-19 所示。

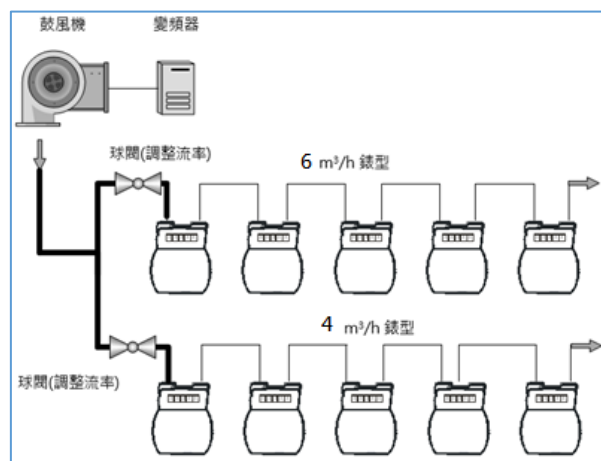


圖 4-1-14、氣量計耐久運轉系統示意圖



圖 4-1-15、耐久運轉進行中照片

6 m ³ /h 編號：1		6 m ³ /h 編號：2	
		時間	讀數
2018/5/7 6:00 PM	25.0	2018/5/7 6:00 PM	25.0
		時間	讀數
2018/8/8 8:47 PM	12211	2018/8/8 8:47 PM	12089
總耐久運轉時間 (hour)	2234.8	總耐久運轉時間 (hour)	2235
總運轉體積(m ³)	12186	總運轉體積(m ³)	12064

圖 4-1-16、6 m³/h 編號 1~2 耐久測試氣量計耐久前後照片及累積時間

6 m ³ /h 編號：3		6 m ³ /h 編號：4		6 m ³ /h 編號：5	
			時間	讀數	讀數
2018/5/7 6:00 PM	25.0	2018/5/7 6:00 PM	24	2018/5/7 6:00 PM	25
			時間	讀數	讀數
2018/8/8 8:47 PM	12025	2018/8/8 8:47 PM	12113	2018/8/8 8:47 PM	12212
總耐久運轉時間 (hour)	2235	總耐久運轉時間 (hour)	2235	總耐久運轉時間 (hour)	2235
總運轉體積(m ³)	12000	總運轉體積(m ³)	12089	總運轉體積(m ³)	12187

圖 4-1-17、6 m³/h 編號 3~5 耐久測試氣量計耐久前後照片及累積時間




4 m ³ /h 編號：1		4 m ³ /h 編號：2	
		時間	讀數
2018/5/7 6:00 PM	7	2018/5/7 6:00 PM	7
		時間	讀數
2018/8/10 16:37:00	8040	2018/8/10 16:37:00	8025
總耐久運轉時間(hour)	2279	總耐久運轉時間(hour)	2279
總運轉體積(m ³)	8033	總運轉體積(m ³)	8018

圖 4-1-18、4 m³/h 編號 1 ~ 2 耐久測試氣量計耐久前後照片及累積時間

4 m ³ /h 編號：3		4 m ³ /h 編號：4		4 m ³ /h 編號：5	
			時間	讀數	時間
2018/5/7 6:00 PM	8	2018/5/7 6:00 PM	7	2018/5/7 6:00 PM	7
			時間	讀數	時間
2018/8/10 16:37:00	8109	2018/8/10 16:37:00	8014	2018/8/10 16:37:00	8015
總耐久運轉時間(hour)	2279	總耐久運轉時間(hour)	2279	總耐久運轉時間(hour)	2279
總運轉體積(m ³)	8101	總運轉體積(m ³)	8007	總運轉體積(m ³)	8008

圖 4-1-19、4 m³/h 編號 3 ~ 5 耐久測試氣量計耐久前後照片及累積時間

每一具氣量計在耐久運轉測試前，先在量測中心測試機台進行 3 個流量測試，每個流率重複 15 次，求得其 15 次平均器差及標準差；在 2000 小時耐久運轉後，再一次進行重複性能測試，並將兩次測試進行比較，以此方式來確定氣量計在耐久運轉前後其性能是否有變化。6 m³/h 表型耐久測試前後測試數據及結果如表 4-1-25 及表 4-1-26 所示。

表 4-1-25、6 m³/h 表型耐久測試前重複性測試數據

	測試日期	Qmax 器差 (%)	Qmax 標準差 (%)	0.2Qmax 器差 (%)	0.2Qmax 標準差 (%)	3Qmin 器差 (%)	3Qmin 標準差 (%)
表 1	2018/4/13	0.78	0.08	1.19	0.12	1.29	0.37
表 2	2018/4/13	0.17	0.05	0.58	0.10	0.81	0.22
表 3	2018/4/13	-0.20	0.04	1.46	0.10	1.48	0.31
表 4	2018/4/13	-0.32	0.05	0.00	0.12	0.12	0.28
表 5	2018/4/13	0.95	0.05	1.03	0.13	0.75	0.33

表 4-1-26、6 m³/h 表型耐久測試後重複性測試數據

	測試日期	Qmax 器差 (%)	Qmax 標準差 (%)	0.2Qmax 器差 (%)	0.2Qmax 標準差 (%)	3Qmin 器差 (%)	3Qmin 標準差 (%)
表 1	2018/8/13	0.69	0.07	1.17	0.16	1.38	0.40
表 2	2018/8/13	-0.36	0.08	0.21	0.11	0.52	0.24
表 3	2018/8/13	-1.13	0.06	0.43	0.08	0.56	0.29
表 4	2018/8/13	-0.58	0.06	-0.28	0.13	-0.31	0.29
表 5	2018/8/13	0.55	0.04	0.85	0.10	0.65	0.29

由表 4-1-25 及表 4-1-26 可計算得到，6 m³/h 表型其耐久測試前後器差及標準差變化如表 4-1-27 及表 4-1-28。

表 4-1-27、6 m³/h 表型耐久測試前後器差變化

	Qmax 器差變化(%)	0.2Qmax 器差變化(%)	3Qmin 器差變化(%)
表 1	-0.09	-0.02	0.09
表 2	-0.53	-0.37	-0.29
表 3	-0.93	-1.03	-0.92
表 4	-0.26	-0.28	-0.43
表 5	-0.40	-0.18	-0.10

表 4-1-28、6 m³/h 表型耐久測試前後標準差變化

	Qmax 標準差變化(%)	0.2Qmax 標準差變化(%)	3Qmin 標準差變化(%)
表 1	-0.01	0.04	0.03
表 2	0.03	0.01	0.02
表 3	0.02	-0.02	-0.02
表 4	0.01	0.01	0.01
表 5	-0.01	-0.03	-0.04

4 m³/h 表型共計 5 具，耐久測試前後重複性測試數據如表 4-1-29 及表 4-1-30。

表 4-1-29、4 m³/h 表型耐久測試前重複性測試數據

	測試日期	Qmax 器差 (%)	Qmax 標準差 (%)	0.2Qmax 器差 (%)	0.2Qmax 標準差 (%)	3Qmin 器差 (%)	3Qmin 標準差 (%)
表 1	2018/4/13	0.30	0.09	1.16	0.04	0.64	0.14
表 2	2018/4/13	-0.47	0.09	0.85	0.08	0.92	0.24
表 3	2018/4/13	1.17	0.10	1.19	0.06	0.94	0.08
表 4	2018/4/13	-0.29	0.11	1.08	0.12	0.75	0.15
表 5	2018/4/13	0.13	0.10	1.14	0.09	1.05	0.19

表 4-1-30、4 m³/h 表型耐久測試後重複性測試數據

	測試日期	Qmax 器差 (%)	Qmax 標準差 (%)	0.2Qmax 器差 (%)	0.2Qmax 標準差 (%)	3Qmin 器差 (%)	3Qmin 標準差 (%)
表 1	2018/8/14	-0.41	0.11	0.76	0.11	0.60	0.15
表 2	2018/8/14	0.06	0.15	1.03	0.13	1.12	0.24
表 3	2018/8/14	-0.22	0.08	0.53	0.04	0.21	0.08
表 4	2018/8/14	-0.39	0.12	1.12	0.12	0.84	0.22
表 5	2018/8/14	-0.16	0.10	0.72	0.11	0.86	0.27

由表 4-1-29 及表 4-1-30 可計算得到，4 m³/h 表型其耐久測試前後器差及標準差變化如表 4-1-31 及表 4-1-32。

表 4-1-31、4 m³/h 表型耐久前後器差變化

	Qmax 器差變化(%)	0.2Qmax 器差變化(%)	3Qmin 器差變化(%)
表 1	-0.71	-0.40	-0.04
表 2	0.53	0.18	0.20
表 3	-1.39	-0.66	-0.73
表 4	-0.10	0.04	0.09
表 5	-0.29	-0.42	-0.19

表 4-1-32、4 m³/h 表型耐久前後標準差變化

	Qmax 標準差變化(%)	0.2Qmax 標準差變化(%)	3Qmin 標準差變化(%)
表 1	0.02	0.07	0.01
表 2	0.06	0.05	0.00
表 3	-0.02	-0.02	0.00
表 4	0.01	0.00	0.07
表 5	0.00	0.02	0.08

測試結果說明

- 6 m³/h 表型耐久測試前後相對器差變化量最大 1.03 %，4 m³/h 表型耐久測試前後器差變化量最大 1.39 %。
- 兩種表型共計 10 具氣量計不管耐久運轉前後測試結果 Q_{max} 及 0.2Q_{max} 兩個流率器差結果都符合檢定公差 1.5 %，3Q_{min} 檢定結果器差也在 1.5 % 以下。
- 10 具氣量計在耐久後如果以 Q_{max} 及 0.2Q_{max} 兩個流率檢查公差 3 % 來判定都合格。
- 在耐久測試後，大部分表相對器差結果均比耐久測試前小，換句話說，耐久後表的特性是器差偏小，計量偏低。
- 所有表在耐久運轉前後均進行重複性測試，重複次數 15 次，並求得標準差，由標準差來看，6 m³/h 表型 Q_{max} 及 0.2Q_{max} 兩個流率耐久前後，其量測標準差最大變化量為 0.04 %，而 4 m³/h 表型 Q_{max} 及 0.2Q_{max} 兩個流率耐久前後，其量測標準差最大變化量為 0.07 %，由此結果可看出，耐久測試前後，氣量計標準差變化不大，也代表耐久測試後氣量計還是有很好的重複性。

4. 日本 JIS 瓦斯表規範文件整理

完成日本 JIS B 8571：2015 瓦斯表規範文件整理，規範內容規定關於作為能源使用之氣體體積計量的瓦斯表。作為能源使用之氣體係指煤氣、焦煤氣、油氣、石腦油氣、天然氣、石油氣、排氣、沼氣或這些氣體的混合氣體(包含使用空氣稀釋的氣體)，相關文件已交付標準局供管理參考。

5. 完成專家座談會辦理 1 場次

於 10 月 30 日辦理「家用膜式氣量計長期使用準確性研究」專家座談會 1 場次，與會參與的氣量計廠商有 5 家，台灣愛知儀錶科技(股)公司、功兆精密(股)公司、金門阿自倍爾科技(股)公司、力泰瓦斯設備工程(股)公司及碩勇(股)公司，另外列席單位包括標準局四組郭漢臣技正及七組蘇柏昌科長、陳威臣及黃煌洲等人。進行二個議題討論：(一)、討論膜式氣量計檢定設備的能力比對事宜；(二)、討論氣量計未來以 QR CODE 管理進出貨及庫存之可行性。會議結論如下：

(1) 膜式氣量計檢定設備量測能力試驗

- a. 現況無單位主辦膜式氣量計量測能力試驗，業者希望可以列為例行性工作，由法人主辦，優點為運作彈性較高、比對流程掌握度高、經驗足夠。

- b. 一家業者若有多套膜式氣量計檢定設備時，無須每次每套都需要參加能力試驗，可輪流參與能力試驗時，當次未參加比對的設備可用內部傳遞標準件來驗證，惟業者需有明確的查核資訊可以提供，此作法符合 TAF 規範，但查核機制該如何證明與規定可再討論。
- c. 試驗計畫的進行方式，係由主辦單位將傳遞標準件妥適包裝後，親自傳送至參加者進行比對試驗，參加實驗室完成試驗工作後，恢復原包裝狀態再送回主辦單位進行確效率量測(若有表異常將註記此表，並替換新表)，確認傳遞標準件性能無誤後，再由主辦單位親自傳送至下一個參加實驗室。
- d. 參加實驗室完成試驗工作後需將數據列印出來與主辦單位人員共同簽名作為約定數據。
- e. 實驗室依照約定流率 Q_{max} 、 $0.2Q_{max}$ 、 $3Q_{min}$ 提供宣告之量測不確定度。
- f. 舉辦日期暫定 2019 年，時程希望在一季內完成，避免表特性偏移，暫定 6 月至 8 月間(日期依參加實驗室多數選擇決定)，頻率暫定 2 年為週期。
- g. 針對膜式氣量計檢定設備量測能力試驗說明書經會議中逐項討論修改後，將提供給會議人員。

(2) QR Code 可行性討論

- a. 需思考導入 QR Code 對業者與對政府有何實質上的幫助。
- b. 需思考 QR Code 掉了要如何辨識、貼紙的品質、模糊辨識率、顯示內容、檢定與檢查與裝表流程的配套措施為何。

(二)、計程車計費表型式認證技術規範修訂研究

臺灣市面上約有 7 種計程車新式計費器，提供給我國八萬七千多輛計程車使用。由於計程車計費表直接牽涉到車資計費公正與金額的交易，屬於政府法定計量必須管制的範疇。為確認計程車計費表的公正性與準確性，經濟部標準檢驗局(以下簡稱標準局)訂定國內計程車計費表技術規範，包括型式認證技術規範 CNPA 21 及檢定檢查技術規範 CNMV 21，技術規範係參照國際法定計量組織(OIML)的建議規範 R21 Taximeters (2007)進行修訂。

而為利用新科技以因應社會環境的改變，在保障消費者安全與收費等相關權益的前提下，由交通部運輸研究所 103 年以專案方式(計程車新式計費表規範與實施規劃)持續改善計程車新式計費表的功能需求，除了規範計程車相關業者外，並期使計程車產業的服務得以升級。然計程車計費表在功能多樣化與表型自由化的情形下，部分功能的認證與檢定並非限定在計量行為方面，已非單純計量管制作為所能有效管理。因此新式計程車計費表的認證由交通部及標準局分別依不同的功能要求來負責。標準局本於權責，為了滿足現行計程車業者的需求並保障消費者的權益，聚焦於計量準確性的目標下，擬參考國際各先進國家的現行方式，針對國內現行計程車計費表之型式認證技術進行研修，除了瞭解計程車計

費表認證與檢定單位與業者在現行相關法規或執行困難之處，進一步針對檢核發現的問題研擬技術上的改善措施，以強化標準局辦理度量衡檢定作業之執行成效。

【本年度目標】

- 完成計程車計費表製造商與檢驗廠商訪談。
- 完成國內計程車計費表現行技術規範加入防弊措施之可行性研究

【執行成果】

1. 計程車計費表廠商與檢驗廠商訪談

共拜訪四家計程車計費表檢驗機關，包含台灣電子檢驗中心(ETC)、標準局七組、台中分局、車輛安全審驗中心；計程車計費表廠商共五家，包括旭典科技(股)公司(玉山牌)、聖傑自動科技(股)公司(聖傑牌)、七星計程器有限公司(富貴牌)、陽裕度量衡器有限公司(太陽神牌)、絃全商行(招財牌)。蒐集 CNPA 21 規範適當性與防弊經驗，訪談結果共提出機殼外觀與操作規定 16 點建議(檢驗機關共 7 點；計程車計費表廠商共 9 點)、脈波訊號規定 3 點建議(檢驗機關提出)、螢幕顯示規定 6 點建議(檢驗機關共 2 點；計程車計費表廠商共 4 點)、音量規定 2 點建議(計程車計費表廠商提出)、檢驗流程定 5 點建議(計程車計費表廠商提出)、電磁干擾(Electromagnetic Interference, EMI)檢驗標準規定 2 點建議(計程車計費表廠商提出)、其他規定 17 點建議(檢驗機關共 6 點；計程車計費表廠商共 11 點)，於檢討後納入未來規範修訂參考。訪談結果綜整如下：

(1) 檢驗機關意見

A. 機殼外觀與操作

- (a). 操作功能檢視與防弊相關部分，主要為對按鍵之排列組合進行測試，避免車表中含有特定程序用以改變計量參數或費率參數。
- (b). 兩家計程車計費表製造商自行製作防偽標籤，且各家計費表設計的機構不統一，開孔也都不一致，防偽標籤的適法性與效力需進行討論，已避免造成第一線檢測人員困擾。
- (c). 標準局特別提醒工作重點在量化，如外觀檢視項目，大多比較靠肉眼與手力來判定，或許可參考玩具規範如何制訂。
- (d). 希望新法規能有公定版的計費表，計費表規格與按鍵統一。
- (e). 輪行檢定時，計程車表顯示脈波數的按鍵操作不同、甚至無此功能，希望能統一各家計程車表的操作方法，便於檢定。
- (f). 印表機開關與否，牽涉到交通部規定是否要列印，目前暫無強制性，因此有些有開關功能給計程車司機使用，尚無統一。
- (g). 計費表於車上安裝之檢定，各家在接頭型式與車上連接位置不統一。

B. 脈波訊號

- (a). 脈波訊號的訊號線可能接上升頻器，干擾脈波以提升計數量，導致金額加收。
- (b). 計程車表列印機的內文修定時可多注意電子防弊，因有些可外接。
- (c). 脈波通道，尚未看到有計程車司機自行竄改線路來變化脈波形狀與頻率。

C. 螢幕顯示

- (a). 計程車公里數顯示可能有顯示至小數點第二位的需求，避免 1.25 公里跳表，但車表卻無顯示至小數點第二位，產生爭議。
- (b). 里程顯示小數位數，目前大多為一位數，若增加為兩位數(百公尺以下解析)，對消費者的反應將較為正面。

D. 其他

- (a). 電磁波輻射耐受試驗項目中，電磁波輻射強度國際規範設定比較高(10 V/m)，是否需修定，請相關機關再評估。
- (b). 執行計程車計費表輪行檢驗除了需符合「計程車計費表檢定檢查技術規範(文件編號：CNMV21)」外，建議於修訂 CNPA 21_計程車計費表型式認證技術規範時納入計程車計費表之脈波數、防偽標籤、輪胎規格及鉚釘等紀錄，可免除於輪行檢驗時檢驗人員須進入各廠牌計程車計費表中抄寫脈波數、防偽標籤、輪胎規格及鉚釘等資訊。
- (c). 延續第 1 點主題，脈波數檢查的必要性可作研究與討論。因檢查後，就算沒有刻意更換輪胎，但行走時輪胎還是屬於動態的變化，因此建議可直接看輪行檢定後的結果就好，除非檢查後有針對檢定時的輪胎作記號，或可列印在紙上作識別。
- (d). 收據建議加印(1)安裝時輪胎型號規格及(2)脈波數，日後消費者有爭議可留存並方便協助追蹤。
- (e). 「計程車計費表檢定檢查技術規範(文件編號：CNMV21)」因時空背景因素所訂定之 4.6(2)節之權變條款，建議於此次修訂時考慮廢除或調整。
- (f). 因台中分局驗車後再領牌，有二家計程車表廠商需拆計量封鉛寫入車牌號碼，造成計程車需再再到台中分局鉛封，造成計程車主很大困擾。

(2) 計程車計費表廠商意見

A. 外觀與操作

- (a). 不贊成利用防偽標籤，來通過型式認證。(一家)
- (b). 贊同可用防偽標籤，來通過型式認證，法規無需防小人心態來訂定。(一家)
- (c). 贊同外殼模組化，方便機構設計。(兩家)
- (d). 在操作方便前提下，不贊同外殼模組化。(一家)

- (e). 對於外殼部分，施行細則法條不夠明確，希望能有明確的定義，排除判斷時的灰色地帶。
- (f). 停車後要等 10 秒才能列印，秒數可考慮縮短。
- (g). 印表機開關規定希望可鬆綁，計程車司機反應絕大部份的顧客都沒有索取乘車收據的需求，建議列印功能改為選擇項目。(四家，但此為交通部管理權責)
- (h). 列印內容可配合增修。(兩家)
- (i). 希望能放寬重置功能鍵規定。

B. 螢幕顯示

- (a). 字體的大小，希望能放寬標準(0.2 mm 以上)。(玉山牌建議)
- (b). 因螢幕大小有限，希望有些顯示能夠輪迴方式播放。(玉山牌建議)
- (c). 字體大小，沒有意見。(聖傑牌意見)
- (d). 字體大小，可以配合修定。(太陽神意見)

C. 提示音量

- (a). 聲音能夠調整大小，特殊環境下能夠調降至 60 分貝以下。(兩家)(計程車司機回饋意見)
- (b). 聲音大小希望調整至 40 分貝即可，並可能有開關，讓司機能依照乘客要求開啟或關閉。(兩家)

D. 檢驗流程

- (a). 費率於不同縣市，或同縣市不同地區太多種類，希望可再簡化。
- (b). 由於共同營業區的規定，不同區域需有不同計程車表，造成不便。
- (c). 建議一台計程車只需裝一台計費表即可。
- (d). 多元計程車表的檢定尚須制定。
- (e). 新計程車認證完後才能領牌，領牌後還要再回廠輸入車號，要跑兩次，程序不便。

E. 電磁干擾(Electromagnetic Interference, EMI)檢驗標準

- (a). EMI、電源認證標準若變動，廠商的技術能力可以配合。(兩家)
- (b). EMI、電源認證標準若變動，在法規發佈後，應有足夠緩衝時間(至少半年)，避免有壟斷市場之疑慮。

F. 其他

- (a). 若法規進行修訂，會依法設計改版。(兩家)
- (b). 不贊同取消計程車計費表的型式認證。(玉山牌)
- (c). 有遇過脈波線接了之後干擾了車電腦一些感測器，造成誤判。

- (d). 希望法規不要規定太細，會有刻意綁定特定廠家之疑慮。
- (e). 計程車計費表需要有明確的權責機關進行裁罰，由單一窗口進行溝通。
- (f). 若不符法規，裁罰的對象為計程車司機，對計程車業者目前無法可管。
- (g). 車用控制器區域網路介面 CAN BUS (Controller Area Network bus) 為於現行計程車計費表額外加裝的傳輸介面零件，此部分尚未納入型式認證技術規範管理，其防弊措施建議納入規範修訂討論。
- (h). CAN BUS 在法規上還沒看到任何要求。(兩家)
- (i). 費率修改時，計費表需送回表商重新設定，造成排隊困擾，希望可提早公佈。(屬交通部權責)

2. 國內計程車計費表現行技術規範加入防弊措施之可行性研究

參考 OIML R21 Taximeters (2007) 國際規範與先進國家之計程車計費表相關法規，進行 CNPA 21 計程車計費表型式認證技術規範為主體之比較分析研究。另依國內五家計程車計費表廠商與四家檢驗機構訪談結果，由計量的角度提出強化現行「計程車計費表型式認證技術規範」防弊措施之建議。

(1) 完成國際現行計程車計費表規範資料分析

本研究蒐集國際先進國家之計程車計費表相關規範如 4-2-1 所列，進行 CNPA 21 計程車計費表型式認證技術規範為主體之比較分析研究。所蒐集先進國家與周邊地區之計程車計費表相關規範如表一所示，進行 CNPA 21 計程車計費表型式認證技術規範為主體之比較分析研究。

表 4-2-1、國際計程車計費表規範

項次	規範名稱	文件編號	國家
1	Taximeters Metrological and technical requirements, test procedures and test report format	OIML R 21: 2007 (E)	歐盟
2	出租汽車計價器	JJG 517-2016	中國大陸
3	NIST Taximeters	5-54-17-hb44	美國
4	Taximeters	D5609:2005	日本
5	Taximeters specification	-	英國

依據 CNPA 21 計程車計費表型式認證技術規範之(1)適用範圍(2)用詞定義(3)外觀、構造及功能(4)操作功能與(5)性能試驗等五大章節及其條文為主軸與國際計程車計費表規範相關條文進行比較分析。分析結果建議對 CNPA 21 規範之第 3.8 節計費表外殼堅固、第 3.10 節列印功能及第 5.3 防禦電源雜訊干擾等條文規定與條文之分類進行修

訂與調整。CNPA 21 與國際現行計程車計費表型式認證技術規範比較及訪談結果分析如表 4-2-2。

表 4-2-2、CNPA 21 與國際現行計程車計費表型式認證技術規範比較分析

CNPA 21 條文	國際計費表規範相關規定	比較說明 (含訪談結果)
<p>2.用詞定義</p> <p>2.1 設定信號數(轉數):計費表接收的脈波數,為一數值,代表已行走 1 公里的距離。</p>	<p>JJG 517 3.2</p> <p>計價器常數K 表示計價器為正確顯示車輛 1 公里行程而必須接受的脈沖數,用脈沖數每公里表示(轉/公里)。</p>	<p>CNPA 21 第 2.1 節相對 JJG 517 第 3.2 節:定義比較簡單,可參考修訂更為明確。</p>
<p>3.外觀、構造及功能</p> <p>3.1 計費表應於正面明顯處正確標示或顯示車資(元)、計程(公里)、計時(時、分、秒)、檢定合格單黏貼處;另應於計費表儲存資料中查詢到設定信號數(轉數)。</p> <p>計費表應於正面烙印或刻、鑿印、印刷(顏色應與面板成明顯對比)廠牌、型號、型式認證號碼及器號。</p> <p>計費表之廠牌、<u>車資(元)</u>等字高應為 7 mm 以上,計程、公里、計時、時、分、秒等字高應為 5 mm 以上。</p>	<p>JJG 517 6.3.6</p> <p>車資(元)字高應不小於 12 mm,計程、公里、計時、時、分、秒字體高不小於 6 mm,狀態字不小於 5 mm。</p>	<p>CNPA 21 第 3.1 節規定字高應為 7 mm 以上,CNPA 21 第 4.2.1 節規定字高應為 10 mm 以上,擬於法規修訂時建議統一為字高 10 mm 以上。</p>
<p>3.2 計費表應有日期及時間功能,該即時時鐘至少顯示時、分及秒(採 24 小時制)。即時時鐘應記錄每日的日期與時間,並應滿足下列要求:</p> <p>(1)<u>計時準確性應為標準時間的 0.02 %。</u></p> <p>(2)<u>即時時鐘修正量每週不得超過 2 分鐘,並應於解除封印前無法竄改。</u></p> <p>(3)<u>即時時鐘須具自動或人工啟動(非以人工方式調整即時時鐘)校時功能,且需在有標準時間追溯源之情況下進行;計費表於營業模式中,應無法對即時時鐘進行自動或手動調整。</u></p>	<p>OIML R 21 第 3.7 節</p> <p>計量性能要求</p> <p>計時精度$\pm 0.02\%$</p> <p>時鐘修正量不應超過每週 2 分鐘。</p> <p>即時時鐘的調整應於驗證過程中進行,在營業期間應防止自動或手動進行調整。</p> <p>JJG 5175 6.5.2</p> <p>計價器時鐘應能每月一次在整點前、後 5 min 內,按功能鍵恢復至整點。</p>	<p>CNPA 21 第 3.2 節與 OIML R 21 第 3.7 節要求一致。</p>
<p>3.5 計費表之設定信號數(轉數)調整開關封蓋應另備通孔,直接穿線連接以供檢定封印之用。計費表封印之結構在未開封但固定螺絲均旋鬆之狀態下,不得碰觸到封蓋內部之元件。</p>	<p>JJG517-2016 第 6.1.1 節規定殼體:計價器殼體應有可靠的封印機構,不破壞封印不能打開殼體。</p> <p>OIML R021-e07 4.2.5 沒有相關規定。</p>	<p>CNPA 21 第 3.5 節、JJG 517 第 6.2.3 節與 OIML R021 4.2.5 規定都不夠具體,建議可修訂更為具體。</p>

CNPA 21 條文	國際計費表規範相關規定	比較說明 (含訪談結果)
3.7 計費表在拆封印前，不得有自外部變更定程之功能；且計量參數及費率參數應各自獨立變更，不得互相干擾，並應分離獨立封印。	JJG517-2016 第 6.1.3 節規定封印：使用一個封印應能同時封住殼體及調整窗。 OIML R021-e07 沒有封印具體規定	CNPA 21 第 3.7 節對封印之規定相對於 JJG517-2016 與 OIML R021-e07 完整。
3.8 計費表之外殼應堅牢，不得變形。	JJG 517 6.1.2 計費表應堅固耐用，殼體表面不應有凹痕、裂縫及變形等現象，表面塗層不應起泡龜裂和脫落金屬部不應有銹蝕及其他機械損傷。 JIS D5609:2005 4.1 節規範封印方法但沒述及此部份。	CNPA 21 第 3.8 節相對 JJG 517 第 6.1.2 節：規定說明比較不具體，可參考修訂更為具體，建議以厚薄規判裂縫尺寸。
3.10 計費表具列印功能者，可採組合或外接型式；採外接型式者，其列印輸出端應採固定插座方式，加裝輸出系統後，不得改變計費表計量性能。	JJG 517 6.5.6.1 列印機與計價器一體	CNPA 21 第 3.10 節相對 JJG 517 第 6.5.6.1 節：規定比較不嚴謹，可參考修訂。
4.1.3 營業模式下，按下「列印」鍵後，應列印乘車證明，所有顯示資訊不得以任何方式變更，且至少須顯示 10 秒以上，方得再按「空」鍵。除「列印」與「空」鍵外，其餘按鍵均應無作用。若再按「列印」鍵，每按一次將再補印一張乘車證明。	OIML R 21 4.6 JJG 6.5.6.5 列印開始到結束，時間不超過 20 秒。	CNPA 21 第 4.1.3 節相對 OIML-R021-e07 第 4.6 節 JJG 517 第 6.5.6.5 節：規定比較嚴謹。
4.2 計費表之顯示，應依下列規定： 4.2.1 車資欄：顯示車資，以「元」為單位。其數字字高應為 10 mm 以上，金額變化時應同時出現燈光及聲響。 4.2.3 計程欄：顯示計程收費之里程，以公里為單位，並取至小數點第 1 位，其數字字高應為 6 mm 以上。計程運作時應有明顯之訊號指示燈。	與 3.1 節字高規定 7 mm 不一致。	CNPA 21 第 4.2.1 節 10 mm 與其 3.1 節 7 mm 重複定義且不一致，應修訂為一致。 訪談計程車計費表業者 4.2.3 表示可取至小數點第 2 位。

CNPA 21 條文	國際計費表規範相關規定	比較說明 (含訪談結果)
5. 性能試驗 5.2 計費表依 CNS 12626 第 4.3 節規定進行電源雜訊干擾試驗，試驗期間，計費表功能不得有異常情況發生。 5.3 計費表依 CNS 12626 第 4.3.2 節規定進行過電壓試驗，試驗期間，計費表功能不得有異常情況發生。 5.4 計費表依 CNS 12626 第 4.4 節規定進行靜電試驗後，計費表功能不得有異常情況發生。	JJG 517 6.8、6.9 不可出現功能不可恢復的故障。	CNPA 21 第 5.3 節相對 JJG 517 第 6.8、6.9 節：規定比較不明確，可參考修訂。
5.5 計費表依 CNS 12626 第 4.5 節規定於背景雜音小於 12 dB(A)之測試室中進行音量試驗，試驗結果音量計之值應在 60 至 90 dB(A)內。計程計時期間，金額變化時，響 1 聲；夜間費率期間，金額變化時，則響 2 聲。每聲發音時間為 0.2 至 0.5 秒。		訪談計程車計費表業者建議音量 40 dB 即可。

(2) 完成國內計程車計費表現行技術規範加入防弊措施之可行性研究

本研究係針對五套於國內現行計程車計費表進行比較，包含了玉山、富貴、招財、太陽神及聖傑，且綜合計程車計費表廠商及車輛安全審驗中心訪談結果，對照國內與國外實行的標準規範，建議針對印表機、顯示與聲音、操作、GPS、操作、參數單元與計數單元等項目進行 CNPA 21 規範修訂。分析及建議如表 4-2-3。

以法規角度來看，車表軟體開發與檢驗過程，參考的方向可再增加 WELMEC Software Guide (MID 2014/32/EU) 7.1 Development of software requirement、7.2 software guide 及 12.1 Taximeters common application 等在歐洲使用的相關法源。輪胎的檢定檢查，少部分業者於輪型檢定前，藉由大幅提高胎壓，或更換輪胎型式，以通過檢定。為使實務檢測上更趨周延，未來計費表檢查技術規範，應明列查驗胎壓、輪胎型號作為檢定之依據，作為糾紛時使用。以研究角度來看，計程車軟體功能可以再智慧化，如計程車計費表製造商或許可透過訊號編碼方式，預防脈波可被外在干擾，或提供異常警示判斷的功能，以提升車表本身防弊的強度。而這些異常狀況、時間及地點等資訊，建議也存在記憶卡中，對管理每輛計程車能更為全面。

表 4-2-3、國內計程車計費表現行技術規範加入防弊措施建議

項次	可能弊端	建議內容
印表機	<ul style="list-style-type: none"> 即使列印出來，國外乘客大多無法確認合不合理的里程或計價 因部分車表可插拔，接口腳位可能藏有不允許之雙向通訊。 有些車表不使用列印機功能時，功能仍工作正常不受影響，但有些車表會有鎖定，未統一。 	<ul style="list-style-type: none"> 印表機有部分機型非內建式，雖目前法規允許，但建議外殼接點需額外加鉛封，統一不可任意插拔，也可避免接口中有部分接腳被使用作為其它傳輸功能。
顯示與聲音	<ul style="list-style-type: none"> 聲音過小時，乘客可能無法即時知道不合理里程或計價 	<ul style="list-style-type: none"> 聲音有防止人為作弊之些許功能，不建議可隨意關閉聲音播放，可再討論撥放音量之規定。
GPS(交通部)	<ul style="list-style-type: none"> GPS 有些可用來重置車表時間，當日夜間時間切換不確實，可能造成計價錯誤。 GPS 目前尚未能使用在高速公路收費功能。 	<ul style="list-style-type: none"> 當 GPS 長期處在無訊號時，車表應有警示顯示，避免時間有明顯誤差卻乘客不知。 可用於輔助判斷是否位於高速公路上，避免人為刻意操作錯誤。
操作	<ul style="list-style-type: none"> 人為提前取消空車 功能按鈕藏有秘密功能 高速公路錯誤切換 當機造成計價錯誤 	<ul style="list-style-type: none"> 加強法治教育，提升司機素質 GPS 輔助判斷否位於高速公路上。
參數單元	<ul style="list-style-type: none"> 費率鉛與計量鉛，分開不明確時，有變更程式可能性。 K 值於檢驗完後，仍可變動車輪或變速箱齒輪比而影響正確性 費率(交通部)-多元費率混雜於一般計費表 	<ul style="list-style-type: none"> 費率鉛與計量鉛目前在臺灣車表已落實明確分開。 因無輪胎資訊，建議輪檢時可紀錄作為備查，未來智慧計程車計費表中可放入判斷異常脈波功能。
計數單元	<ul style="list-style-type: none"> 傳感器，刻意干擾改變脈衝。 CAN BUS 加裝可能干擾其他功能 CAN BUS 模組目前欠缺規範 	<ul style="list-style-type: none"> 列印資料中建議輸出 CheckSum，作為重要參數之檢查。 CAN BUS 選用限制條件，建議加入 WELMEC 12.1 內容於 CNPA 21。
脈波訊號	<ul style="list-style-type: none"> 脈波訊號可能遭受竄改 	<ul style="list-style-type: none"> 脈波訊號防止竄改，日本於 JIS D5609:2014 附件 E，具規範性效果地列出設備檢查規範，針對齒輪箱、脈衝發射器等訂定驗收條件，可以目視檢查方式判別是否連接為一體或不可分離狀態，而在文中另有提出車表智能化來防止，描述如

項次	可能弊端	建議內容
		<p>下，擬於表 4.2.3 補上「可朝電表智能化進行開發，或參照日本法規修改規範」。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 以研究角度來看，計程車軟體功能可以再智慧化，如計程車計費表製造商或許可透過訊號編碼方式，預防脈波可被外在干擾，或提供異常警示判斷的功能，以提升車表本身防弊的強度。而這些異常狀況、時間及地點等資訊，建議也存在記憶卡中，對管理每輛計程車能更為全面。

【分項結論】：

1. 完成標準檢驗局膜式氣量計檢定系統性能一致性之測試，並進行使用中氣量計器差特性測試及耐久性模擬測試研究。本年度檢查數量共計 3193 具，合格率為 96.7%，目前使用中氣量計之耐久性測試符合規範要求。未來將以三年實證數據提供規範及使用年限之修訂依據，並作為日後對使用中氣量計的管理參考資料。
2. 完成現行 CNPA 21 計程車計費表型式認證技術規範與國際計程車計費表相關規範比較分析、國內計程車計費表製造及檢驗廠商意見蒐集及現行計程車計費表規範加入防弊措施之可行性研究，可作為未來計程車計費表型式認證技術規範修訂建議之參考。

五、SI 新標準系統建置分項

國際度量衡大會(CGPM)已於 2018 年 11 月 16 日通過 SI 基本單位新定義，將於 2019 年 5 月 20 日正式實施。屆時 7 個 SI 基本單位都將以定值的物理常數來定義(例如，質量-公斤以普朗克常數 h 定義、電流-安培以基本電荷 e 定義、溫度-克耳文以波茲曼常數 k 定義及物質量-莫耳以亞佛加厥常數 N_A 定義等)。因應此一國際趨勢，在主管機關多方爭取經費支援下，四項新標準建置總體執行經費 5.14 億元，由「106 年度國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫」、「106 年度跨部會署科發基金計畫」、「107 年度國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫」、「107 年度行政院第二預備金」、「107 年度科發基金研發成果收入運用計畫」5 個計畫執行。

本分項由 107 年行政院第二預備金支應，併入 107 年 NML 整體運作計畫以第五分項計畫實施。將執行以下工作，使我國計量標準符合 SI 新定義：(1).完成法碼吸附效應量測技術、矽晶球表層量測技術與原級真空標準技術建立；(2).建立高溫輻射溫度量測技術，並購置溫度定點系統及搭配現有水三相點系統，實現符合新定義之溫度標準；(3).建立免液氦量化霍爾電阻系統、高電阻電橋系統之校正技術，搭配高準確度之約瑟夫森電壓標準，建立完整符合產業需求並與新定義接軌之電流標準；(4).完成高純度 ^{28}Si 晶體同位素比例量測技術。搭配既有技術建立新物質量(mol)標準，準確量測元素物質同位素比例，建立莫耳質量(molar mass)量測技術，降低標準參考物質濃度計量追溯之不確定度，建立符合 SI 新定義之物質量標準。

(一)、新質量標準建置

【全程規劃目標說明】

符合新定義之新質量系統建立，以 X 光晶體密度法為基礎，追溯至普朗克常數，實現新公斤定義。並依新追溯方式，建置質量比較系統，將新質量標準傳遞至需求產業。新質量系統的建立，分為三個主要項目，分別是：(1).原級矽晶球質量標準建置，質量標準不確定度為 $\leq 50 \mu\text{g}$ ，即相對標準不確定度 $\leq 5 \times 10^{-8}$ (相對於 1 kg)；(2).矽晶球表層質量量測系統技術建立，相對標準不確定度 $\leq 15 \%$ (相對於表層質量)，即相對擴充不確定度 $\leq 30 \%$ ；以及(3).原級真空標準建置。在有限的時間及經費規模 2 億 4345 萬元的條件下，先以關鍵設備的建置與技術的建立為主。關鍵設備的建置與技術的引進，佔總經費的 82%，包含購置超純化矽晶球、XRF XPS 表面質量分析儀、質量比較儀及超高真空腔等關鍵設備，以建置完整追溯體系，確保我國質量標準追溯不受新定義影響。表 5-1-1 為新質量標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費。

表 5-1-1、新質量標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費

計畫名稱	採購設備	技術研發
106 年度國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫	共 2,600 萬元 矽晶球表層質量分析儀(I)-XFlash 矽漂移偵測器、X 射線光電子頻譜分析儀(2,600 萬元)	共 720 萬元 自德國 PTB 技術移轉 XRFXPS 矽晶球表層質量量測技術。
106 年度行政院跨部會署科發基金計畫	共 6,400 萬元 1.矽晶球(3,600 萬元) 2.真空相容質量比較儀(2,800 萬元)	共 1,480 萬元 1.建立質量標準真空至大氣導引技術 2.法碼氣體吸附效應量測流程建置 3.建立矽晶球表面水層、碳化汙染層與氧化層定量量測技術 4.完成螢光頻譜與電子頻譜數據分析軟體建置
107 年度國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫	共 1,600 萬元 1.超高真空系統及載台(1,150 萬元) 2.吸附效應參考法碼組(450 萬元)	共 730.5 萬元 1.完成吸附效應量測實驗 2.整合 X 射線光電子頻譜與 X 射線螢光頻譜表層分析儀系統
107 年度行政院第二預備金	共 8,823.5 萬元 1.一公斤質量比較儀全自動量測系統(1,500 萬元) 2.一百克質量比較儀全自動量測系統(2,983.5 萬元) 3.十克質量比較儀全自動量測系統(1,590 萬元) 4.新質量實驗室空調系統(原實驗室環境溫濕度改善)(250 萬元) 5.靜態膨脹真空標準系統(2,500 萬元)	共 915.8 萬元 1.完成 1 mg 至 1 kg 質量導引系統採購與驗收 2.完成整合型 XRF XPS 表層質量分析系統之真空樣品傳輸腔體測試，真空度小於 10^{-5} Pa 3.建立靜態膨脹真空標準系統與技術，壓力校正範圍 0.1 mPa 至 1 kPa
107 年度科發基金研發成果收入運用計畫	共 500 萬元 超高真空相容五軸矽晶球調整座(II)	共 575.2 萬元 1.完成 X 射線光電子頻譜與 X 射線螢光頻譜技術表層分析儀系統整合 2.完成矽晶球表層質量量測評估
合計經費	19,923.5 萬元	4,421.5 萬元
	2 億 4,345 萬	

【本年度目標】

(1)原級砵晶球質量標準建置

- 質量導引系統建置-完成 1 mg 至 1 kg 質量導引系統採購與驗收。

(2)砵晶球表層質量量測系統建置

- 整合型 XRF XPS 表層質量分析系統之真空樣品傳輸腔體測試-完成整合型 XRF XPS 表層質量分析系統之真空樣品傳輸腔體測試，真空度小於 10^{-5} Pa。

(3)原級真空標準建置

- 靜態膨脹真空標準系統與技術-完成靜態膨脹真空標準系統與技術建立，壓力校正範圍 0.1 mPa 至 1 kPa。

【執行成果】

1.質量導引系統建置-完成 1 mg 至 1 kg 質量導引系統採購與驗收。

質量的傳遞自砵晶球原級質量標準傳遞至 1 kg 不鏽鋼質量標準件，再藉由質量導引系統導引至各標稱值標準法碼，並傳遞至客戶端。質量導引為複雜的量測，執行一次 1 kg 至 1 mg 質量導引作業將進行至少 60 次校正比對，量測操作及方法為技術較高的組合式量測模式，量測過程易受人為因素干擾使量測不穩定且耗時，為改善此現象參考德國 PTB 及日本 NMIJ 設計建置全自動質量比較儀量測系統以精確穩定執行質量導引作業。質量導引系統已於 7 月 26 日完成採購作業，此系統包含 3 個質量範圍分別為 1 kg 至 100 g、100 g 至 10 g 及 10 g 至 1 mg，各範圍規劃建置一公斤全自動質量比較儀量測系統、一百克全自動質量比較儀量測系統及十克全自動質量比較儀量測系統，如圖 5-1-1 所示。



圖 5-1-1、各範圍全自動質量比較儀量測系統

全自動質量比較儀量測系統設計主要結構由天平、全自動機械手臂、法碼置放轉動匣、法碼懸臂移動載台及組合法碼調整平台所組成，如圖 5-1-2 所示。

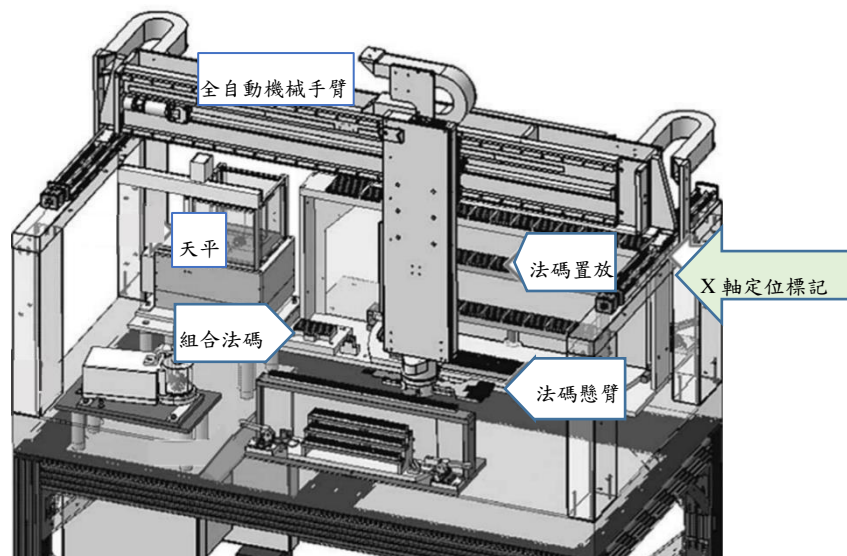


圖 5-1-2、全自動質量比較儀主要結構

全自動機械手臂可進行 XYZ 三軸方向移動以選取各標稱值法碼，傳送法碼至天平稱重室並精準對位至秤盤中心位置，為使此對位及量測過程能不受外界振動影響而偏移，實驗室設計地下獨立水泥基座及花崗岩防振平台，已於 7 月建置完成，如圖 5-1-3 所示。法碼置放轉動匣為置放所有參與導引量測法碼的區域，採柵欄設計可擺放不同形狀之法碼，如圖 5-1-4 所示。法碼懸臂移動載台設計為可同時擺放多顆法碼，承載不同法碼組合，包括同時擺放 5、2、2、1 組合之 4 顆法碼，執行量測模式符合 OIML R111:2004 國際規範之組合衡量法(Subdivision method)，如圖 5-1-5 所示。針對線狀小法碼，其置放匣及天平稱盤皆採用掛勾設計，以避免法碼移動時飄移，如圖 5-1-6 所示。



圖 5-1-3、全自動質量比較儀地下隔振設計示意圖

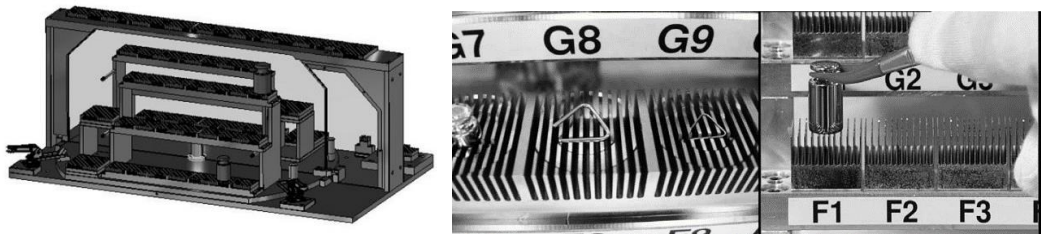


圖 5-1-4、法碼置放轉動匣

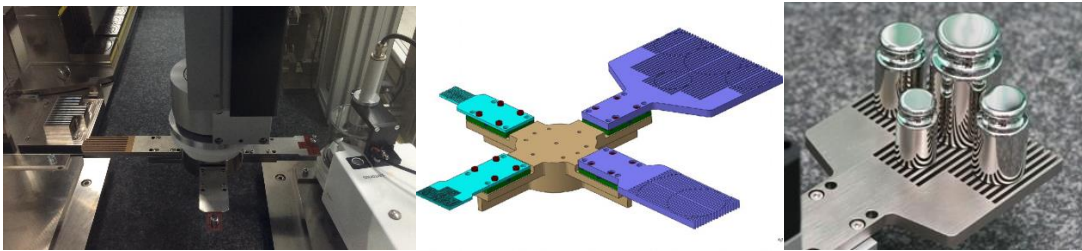


圖 5-1-5、法碼懸臂移動載台

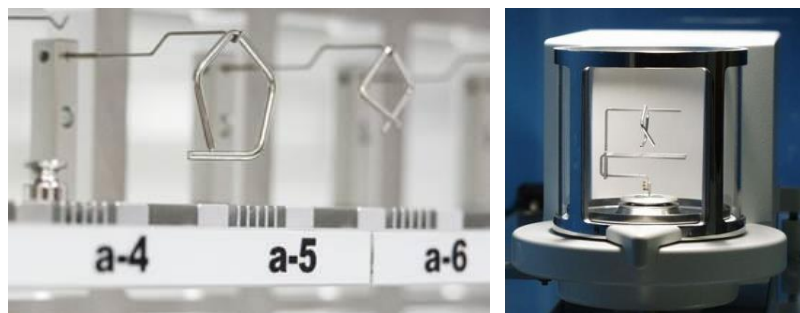


圖 5-1-6、線狀小法碼採用掛勾設計

質量導引系統各能量範圍所需之最小可讀數及重複性如下：

- 一公斤全自動質量比較儀量測系統
 - ✓ 能量範圍：1 kg 至 100 g
 - ✓ 最小可讀數(Readability)：1 μ g
 - ✓ 量測範圍 100 g：重複性 \leq 3 μ g
 - ✓ 量測範圍 1 kg：重複性 \leq 8 μ g
- 一百克全自動質量比較儀量測系統
 - ✓ 能量範圍：100 g 至 10 g
 - ✓ 最小可讀數(Readability)：0.1 μ g
 - ✓ 重複性(Repeatability)： \leq 1 μ g
- 十克全自動質量比較儀量測系統
 - ✓ 能量範圍：10 g 至 1 mg
 - ✓ 最小可讀數(Readability)：0.1 μ g

- ✓ 量測範圍 1 g：重複性 $\leq 0.15 \mu\text{g}$
- ✓ 量測範圍 5 g：重複性 $\leq 0.4 \mu\text{g}$
- ✓ 量測範圍 10 g：重複性 $\leq 0.6 \mu\text{g}$

2. 整合型 XRF XPS 表層質量分析系統之真空樣品傳輸腔體測試-完成整合型 XRF XPS 表層質量分析系統之真空樣品傳輸腔體測試，真空度小於 10^{-5} Pa 。

超高真空系統為德國聯邦物理技術研究院(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB)所設計之矽晶球表層質量量測系統之次系統，提供矽晶球表層量測所需之傳輸超高真空環境。超高真空系統訂購中，完成真空樣品傳送腔體與超高真空抽氣系統之整合，並測試三軸真空線性傳輸功能與驗證背景壓力。

3. 靜態膨脹真空標準系統與技術-完成靜態膨脹真空標準系統與技術建立，壓力校正範圍 0.1 mPa 至 1 kPa。

完成靜態膨脹系統(SES)之設計並發包採購，如圖 5-1-7 所示，系統包含完整支架及五個腔體、所需閥門及真空計，已完成各部件訂製腔體到貨驗收，腔體配合搭配之真幫浦可達真空度 $1 \times 10^{-7} \text{ torr}$ 以上之真空環境，腔體體積變化率預估可低於 0.5 %。

本系統參考 PTB 的靜態膨脹系統(SE3)設計，靜態膨脹部分包含三個初始腔體以及一主腔體，透過壓力控制器在初始腔體內產生一初始壓力(約一大氣壓)，初始腔體體積分別為 2 L、0.2 L 及 0.02 L，主腔體體積為 200 L，膨脹率、初始壓力及最終壓力之關係如下式，其中 p_i 為初始壓力， p_n 為最終壓力， f 為膨脹率。

$$p_n = p_i [1 - (1 - f)^n] \quad (5-1-1)$$

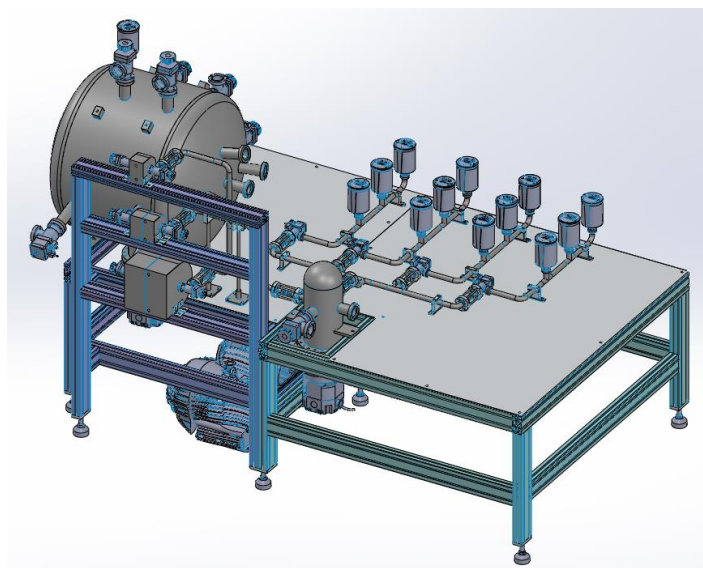


圖 5-1-7、靜態膨脹系統圖

靜態膨脹之操作流程如下:

- 將初始腔體與膨脹腔體抽置高真空狀態(真空度高於 1×10^{-7} Torr)。
- 透過壓力產生器填充氣體至初始腔體，產生一大氣壓以下之標準初始壓力。
- 待壓力穩定後透過角閥將初始腔體與壓力產生器隔絕。
- 透過角閥將初始腔體與主腔體連通，使初始腔體內之氣體膨脹至膨脹腔體內。
- 平衡後之最終壓力由初始壓力與膨脹率計算而得。

膨脹率、初始壓力及最終壓力之關係如式(5-1-1)所示，其中 p_i 為初始壓力， p_n 為最終壓力， f 為膨脹率，其中根據下式可知，膨脹率之不確定度對於最終壓力產生之不確定度有關鍵性之影響，因此其設計與計算至關重要，根據壓力量測需求範圍(0.1 mPa 至 1 kPa)及壓力產生器可產生之壓力範圍設計腔體體積，其關係如下表一所示，所需之最終壓力可透過表中之不同膨脹路徑直接或連續膨脹而得，膨脹率與各腔體間之關係式如下式(5-1-2)所示，其中 v_i 為初始腔體容積， n 為膨脹路徑腔體數量。

$$f = \frac{v_i}{v_i + \dots + v_n} \quad (5-1-2)$$

表 5-1-2、靜態膨脹系統膨脹率與壓力關係

初始壓力(Pa)	膨脹路徑	膨脹率	最後壓力(Pa)
1.00E+00	0.02L → 200L	1.00E-04	1.00E-04
1.00E+03	0.2L → 200L	9.99E-04	1.00E+00
1.01E+05	2L → 200L	9.90E-03	1.00E+03

當前靜態膨脹系統僅針對背景壓力進行測試，測試結果主腔體背景壓力可達 1×10^{-6} Pa，滿足腔體背景壓力需求。靜態膨脹系統已完成設計並發包製作組裝完成，未來將進行之工作包含膨脹率之測定實驗、系統不確定度評估以及透過靜態膨脹系統執行追溯校正。根據初期設計預估壓力校正範圍 0.1 mPa 至 1 kPa，系統實際校正能量須待後續工作完成始有詳細數據。

應用於中低真空度真空計追溯校正之直接比較式校正系統(DCS)業已完成設計及發包採購，如圖 5-1-8 所示，包含一主腔體與一緩衝腔體，DCS 同 SES 皆已完成到貨驗收並完成組裝，如圖 5-1-9，預計未來可取代當前 L01 真空比較校正系統之校正能力，並可與 SES 連接直接將標準件追溯至原級系統。

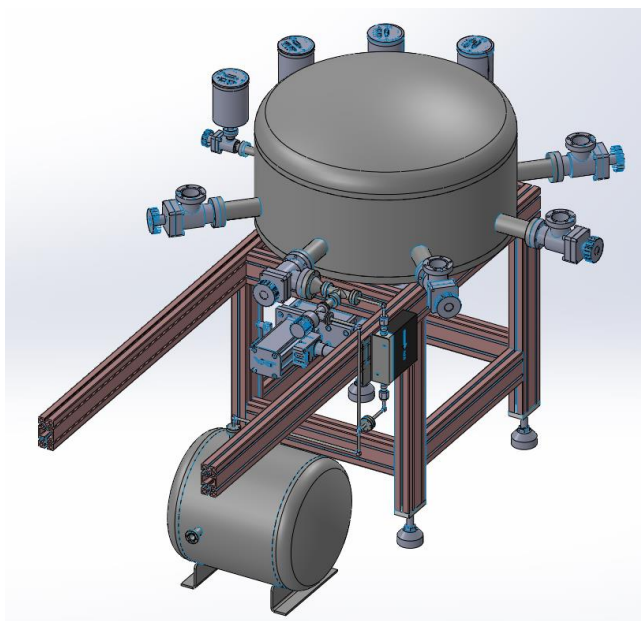


圖 5-1-8、中低真空度真空計追溯校正之直接比較式校正系統



圖 5-1-9、靜態膨脹系統與直接比較式校正系統

【設備採購說明】

單位：萬元

設備名稱	預算金額	採購金額	驗收規格	驗收結果
一公斤質量比較儀 全自動量測系統	1,500	1,428.5	<ul style="list-style-type: none"> • 校正範圍:100 g 至 1000 g ; • 最小可讀數:1 μg ; • 量測範圍 100 g , 重複性 ≤ 3 μg ; • 量測範圍 1000 g , 重複性 ≤ 	<ul style="list-style-type: none"> • 實測校正範圍為 100 g 至 1000 g • 實測最小可讀數 1μg • 量測範圍 100 g , 重複性 = 1.82 μg

設備名稱	預算金額	採購金額	驗收規格	驗收結果
			8 μg 。	<ul style="list-style-type: none"> 量測範圍 1000 g，重複性 = 1.55 μg 實測秤盤可同時擺放多顆法碼，承載不同法碼組合，符合需求。
一百克質量比較儀全自動量測系統	2,983.5	2,838	<ul style="list-style-type: none"> 校正範圍: 10 g 至 100 g； 最小可讀數: 0.1 μg； 重複性(Repeatability): $\leq 1 \mu\text{g}$ 秤盤設計(Weighing pan)：可同時擺放多顆及不同形狀法碼做不同法碼組合 	<ul style="list-style-type: none"> 實測校正範圍為 5 g 至 100 g 實測最小可讀數 0.1 μg 實測重複性小於 1 μg 實測秤盤可同時擺放多顆及不同形狀法碼做不同法碼組合，符合需求
十克質量比較儀全自動量測系統	1,590	1,514	<ul style="list-style-type: none"> 校正範圍: 1 mg 至 10 g； 最小可讀數: 0.1 μg； 量測範圍 1 g，重複性 $\leq 0.15 \mu\text{g}$； 量測範圍 5 g，重複性 $\leq 0.4 \mu\text{g}$； 量測範圍 10 g，重複性 $\leq 0.6 \mu\text{g}$。 	<ul style="list-style-type: none"> 實測校正範圍為 0.1 mg 至 10 g 實測最小可讀數 0.1 μg 實測 1 g，重複性 $\leq 0.15 \mu\text{g}$ 量測 5 g，重複性 $\leq 0.4 \mu\text{g}$ 量測 10 g，重複性 $\leq 0.6 \mu\text{g}$
靜態膨脹真空原級標準系統	2,500	2,500	<ul style="list-style-type: none"> 靜態膨脹系統背景壓力需小於 10^{-6} Pa 直接比較校正系統背景壓力需小於 10^{-5} Pa 真空計清洗系統背景壓力需小於 10^{-5} Pa 	<ul style="list-style-type: none"> 靜態膨脹系統背景壓力可達 $8.87 \times 10^{-7} \text{ Pa}$ 直接比較校正系統背景壓力可達 $9.46 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ 真空計清洗系統背景壓力可達 $8.84 \times 10^{-6} \text{ Pa}$
新質量實驗室空調系統	250	239	<ul style="list-style-type: none"> 恆溫恆濕空調箱 1 台 空調管路系統(冰、熱水管路及保溫、風管)配置工程 溫溼度控制系統 	<ul style="list-style-type: none"> 恆溫恆濕空調箱 1 台 空調管路系統(冰、熱水管路及保溫、風管)配置工程 溫溼度控制系統

【後續工作重點】

1. 矽晶球表面質量量測系統技術建立

由於高純度矽晶球內部組成與質量穩定，惟外部氧化層(二氧化矽與次級氧化物、碳化汙染層)質量需要長期監測評估，以建立與維持原級質量標準系統。目前已完成實驗室環境建置、表層質量量測系統各次系統之規格制訂與採購，並依據 PTB 提供之矽晶球表層質量數據完成擬合以及分析技術建立，確認表層質量量測範圍大於 10 μg ，相對標準不確定度 $\leq 30\%$ 。108 年度下半年進行質量表層量測系統之組裝測試，於 109 年度完成矽晶球表層質量再現性評估，相對標準不確定度 $\leq 30\%$ 。工作內容如下：

- 完成整合式 XPS XRF 表層質量系統組裝與真空度測試，真空樣品傳輸腔體測試部分真空度小於 10^{-5} Pa；超高真空分析腔體真空度小於 10^{-7} Pa。
- 完成系 XRF XPS 系統軟硬體整合：矽晶球與參考試片於大氣至真空之樣品更換程序、樣品校正對光流程、五軸移動座球面自動取樣控制等。
- 進行 X 光光電子頻譜(XPS)、X 光螢光頻譜分析儀系統與超高真空五軸控制座軟硬體系統整合。
- 建立 XRF 標準試片氧沉積量校正曲線。
- 使用光電子頻譜技術量測矽晶球各元素(C、Si、O)比例分布情形，並監控各元素隨時間之變化。
- 完成矽晶球表層質量再現性評估，每次量測皆使樣品回復至大氣環境，再度抽真空擷取 XRF 數據後分析 O/Si 強度比之變化情形。

(二)、新溫度標準建置

【全程規劃目標說明】

新溫度標準將以波茲曼常數為基準的方法，重新定義克耳文，取代原以水三相點定義之方式。NML 為因應 SI 克耳文(溫度)新定義，將建立聲學氣體溫度計技術與絕對輻射溫度量測技術，重新定義與修正水三相點以及各式定點囊的熱力學溫度與不確定度，並傳遞至接觸式熱電偶溫度計量測系統與非接觸式輻射溫度計量測系統，以實現符合新定義要求之溫度標準，並與未來國際新溫標 ITS-20xx 接軌。

新溫度系統的建立，分為三個主要項目，分別是：(1).聲學氣體溫度計量測系統建置，溫度範圍(213 ~ 505) K；(2).熱電偶高溫校正系統建置，溫度範圍(0.01 ~ 1492) °C；以及(3).絕對輻射溫度量測次系統建置。在有限的時間及經費規模 1 億 4,478.8 萬元的條件下，先以關鍵設備的建置與技術的建立為主。關鍵設備的建置與技術的引進，佔總經費的 79 %，包含購置準球型聲學共振腔、熱電偶高溫校正系統設備及輻射超高溫校正系統設備等關鍵設備，以建置完整追溯體系，確保我國溫度標準追溯不受新定義影響。表 5-2-1 為新溫度標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費。

表 5-2-1、新溫度標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費

計畫名稱	採購設備	技術研發
106 年度國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫	共 680 萬元 1.氣體分析儀(I)-H ₂ O 濃度分析(320 萬元) 2.溫度定點(I)-Ag、Al、Zn、In 定點(360 萬元)	-

計畫名稱	採購設備	技術研發
107 年度國家度量衡標準實驗室運作與發展計畫	共 690 萬元 準球型聲學共振腔	共 1,342.2 萬元 1.完成聲學氣體溫度計共振腔體採購與組裝 2.建立工作氣體純度分析技術
107 年度行政院第二預備金	共 3,430 萬元 1.熱電偶高溫校正系統設備(2,080 萬元) 2.輻射超高溫校正系統設備 (1,350 萬元)	共 927 萬元 1.建立聲學共振頻率量測與修正技術與共振腔於(213 ~ 373) K 溫度範圍之溫度穩定性評估技術:180 分鐘內 $\leq \pm 3$ mK 2.建立熱電偶高溫校正量測技術，溫度範圍涵蓋(0.01 ~ 1492) °C 3.建立絕對輻射溫度量測技術
107 年度科發基金研發成果收入運用計畫	共 6,630 萬元 1.圓柱型聲學共振腔及相關感測、聲學、微波、真空組件(3,300 萬元) 2.氣體分析儀 II(280 萬元) 3.溫度定點裝備 II-Sn、In、Ga 定點(200 萬元) 4.精密電阻電橋(550 萬元) 5. 輻射 超 高 溫 校 正 系 統 設 備 (I)-Co-C、Pd-C 等定點及高溫定點黑體爐、傳遞用高溫計(2,300 萬元)	共 779.6 萬元 1.建立(213 ~ 505) K 聲學氣體溫度計量測系統 2.完成高溫黑體爐設備(1000 ~ 3000) °C 與標準傳遞件採購及完成 Co-C(1324 °C)、Pd-C(1492 °C)、Re-C(2474 °C)及鎢碳(WC-C，2747 °C)高溫共晶定點囊設備採購 3.完成 Co-C(1324 °C)共晶定點囊短期重複性評估 4.完成建立絕對式輻射溫度計及相關參數追溯
合計經費	11,430 萬元	3,048.8 萬元
	1 億 4,478.8 萬	

【本年度目標】

(1)聲學氣體溫度計量測系統建置

- 聲學共振頻率量測與修正技術及共振腔於(213 ~ 373) K 溫度範圍之溫度穩定性評估技術。

(2)絕對輻射溫度量測系統建置

- 絕對輻射溫度量測技術-建立絕對輻射溫度量測技術。

(3)熱電偶高溫校正系統建置

- 熱電偶高溫校正量測技術-建立熱電偶高溫校正量測技術，溫度範圍涵蓋(0.01 ~ 1492) °C)。

【執行成果】

- 1.聲學共振頻率量測與修正技術及共振腔於(213 ~ 373) K 溫度範圍之溫度穩定性評估技術

根據 NPL 利用 Zeiss UPMC 550 座標量測儀(Co-ordinate Measuring Machine (CMM)) 所進行的量測結果，準球型共振腔的南半球和北半球之有效半徑僅相差 0.000002 mm (2 nm)。QSR 的 CMM 分析步驟如後：(1)在 Cranfield 大學完成鑽石切削(diamond turing)取回後就先在尺寸實驗室靜置一天 (2)將法蘭(flange)平面設為 $z=0$ (3)球表面所取數據若超過最佳擬合表面 $\pm 3 \mu\text{m}$ 時則移除，因為即使表面相當潔淨難免有落塵，故剔除與落塵相關之數據 (4)複製表面數據並旋轉複製的數據以創建由兩個“鏡像”半橢圓體組成的橢圓體數據集(5) 使用球諧振函數來描述形狀，最後分析的數據整理如表 5-2-2。

表 5-2-2、南、北半球半徑估計與形狀參數

半球	R_{av} (mm)	R_{eq} (mm)	e_1	e_2	標準不確定度 (mm)
北	62.029 829	62.029 833	0.00101	0.00051	0.00064
南	62.029 827	62.029 831	0.00101	0.00049	0.00052

由表 5-1 可發現南、北半球所的半徑估計差異小於 0.000002 mm (2 nm)； e_1 和 e_2 相當接近設計值 0.001 和 0.0005，而且這些量測參數的標準不確定度皆小於 0.001 mm (1 μm)。

麥克風與微波天線均安裝在栓塞(plug)上，安裝麥克風最重要的步驟係調整麥克風薄膜表面使與腔體內表面一致，利用墊片調整高度以光學顯微鏡觀測薄膜表面相對於栓塞表面之深度，若麥克風位置太低則奈米等級研磨墊片厚度，反覆以此法調整麥克風高度，直至表面齊一為止，然後才將安裝麥克風之栓塞鎖在共振腔上。

微波天線位置的高度調整原理和麥克風相仿，只是微波天線可以使用 epoxy 固定所以不需使用墊片而是先壓夾銅管固定深度。再者決定了安裝高度後尚需調整天線平面夾角，輔以微波分析儀判斷，裨以得到較高的訊號振幅。當深度與方位都確定了，在光學顯微鏡的輔助下慢慢將 epoxy 補滿，然後將安裝微波天線之栓塞鎖在共振腔上。

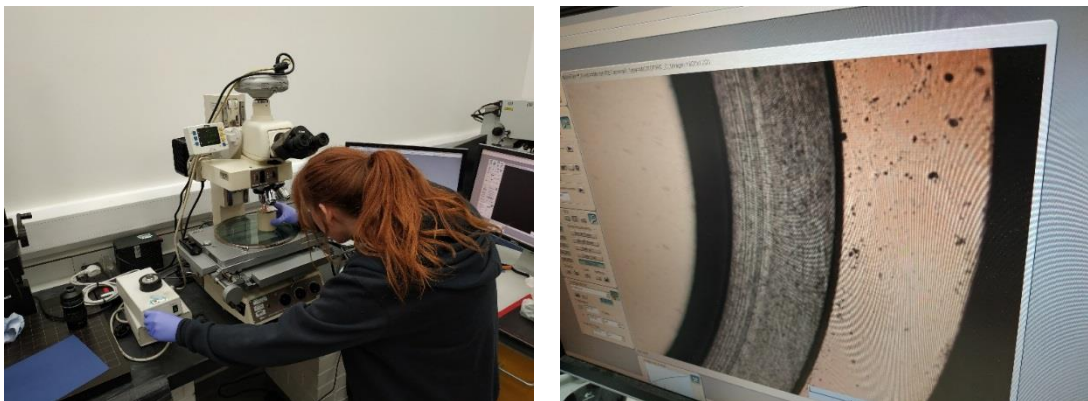


圖 5-2-1、以光學顯微鏡觀測麥克風薄膜的相對深度，從左至右分別是麥克風薄膜、麥克風邊緣、銅栓塞表面

進行共振腔體、聲學/微波量測次系統、冷卻裝置、含真空泵/壓力計之氣體處理次系統之規格討論，9/28 英國國家物理研究院(NPL)已回覆同意修改設計，將兩個次系統(準球型共振腔(213 - 373)K 與圓柱型共振腔(373 - 505) K)分開。

除了以 CMM 評估尺寸，NPL 進一步使用微波共振頻率法量測 QSR 的等效半徑 $a_{eq} = \frac{c/n\xi_m}{2\pi f_m}$ (f_m :微波共振頻率 c :光速 n :折射率 ξ_m :本徵值)，以 TM(1,2)-TM(1,7) & TE(1,1)-TE(1,7)等 13 個模態之共振頻率，分析所得到之等效半徑，顯示 13 模態所得等效半徑 a_{eq} 彼此差異小於 0.000005 mm (5 nm)。

上述微波共振頻率所得之等效半徑 a_{eq} 取得平均值，然後將幾乎同時所量測之聲學共振頻率 f_a ，利用 $u = \frac{2\pi f_a a_{eq}}{\xi_a}$ 和 $T = \frac{mu^2}{\gamma k}$ 即可得熱力學溫度 T 。量測這些參數的系統外觀如圖 5-2-2，當連續量測 3 小時所得之頻率變化 Δf_a ，即可對應求出溫度變化 ΔT ，相當於 3 小時內之溫度穩定度，整理如表 5-2-3 和圖 5-2-3，顯示溫度穩定度優於 $\pm 5\text{mK}$ 之規格。

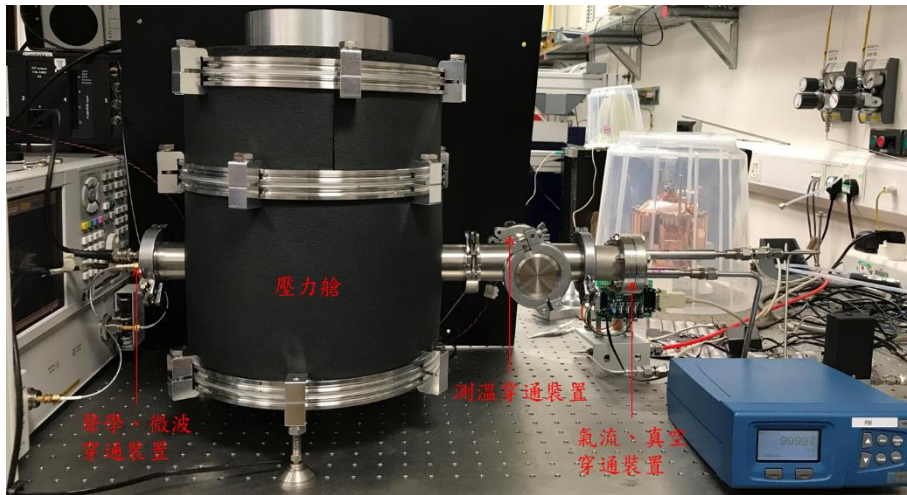


圖 5-2-2、量測共振頻率之系統外觀

表 5-2-3、Mode(0,2)-Mode (0,5) 3 小時內之溫度穩定度

Mode (0, 2)	Mode (0, 3)	Mode (0, 4)	Mode (0, 5)
0.78 mK	0.55 mK	0.55 mK	0.84 mK

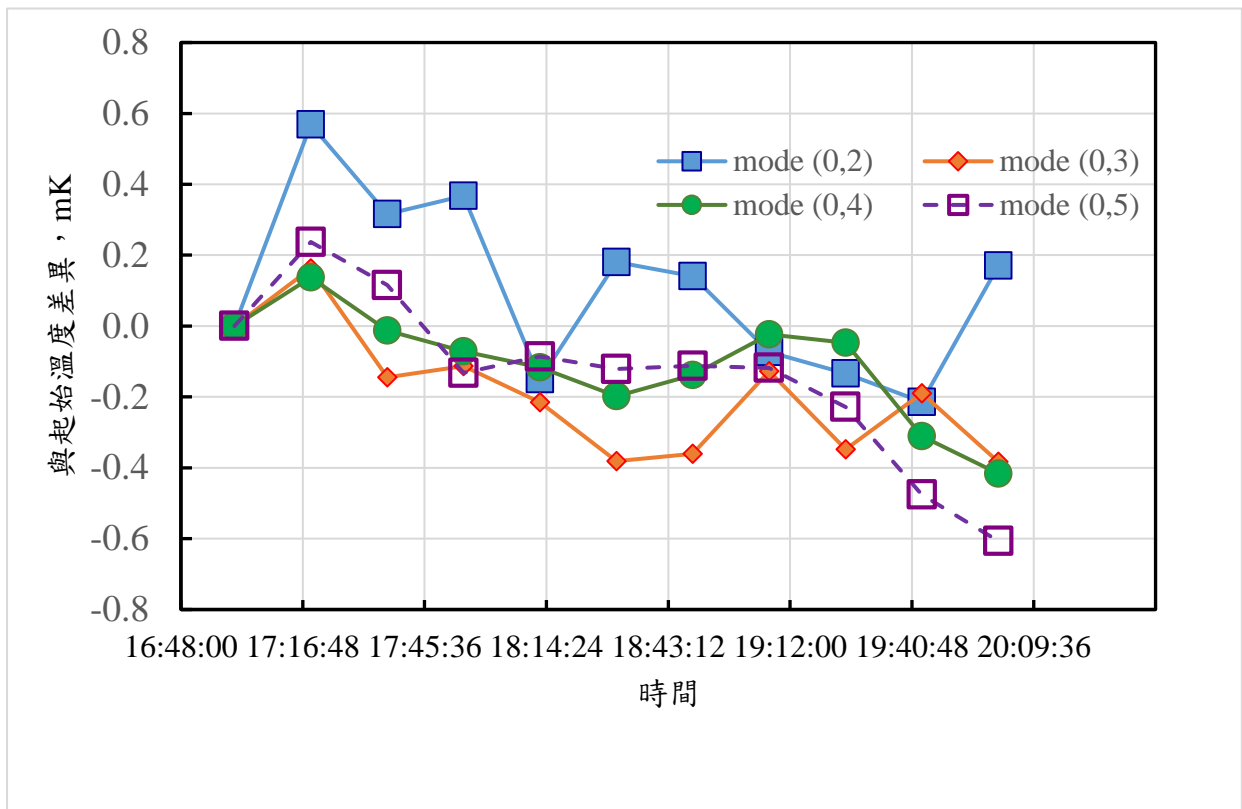
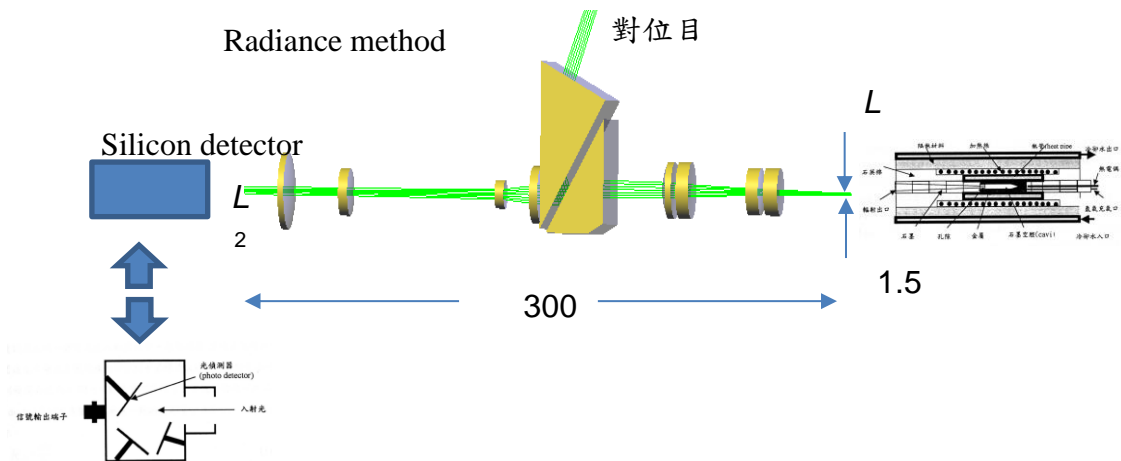


圖 5-2-3、Mode(0,2)-Mode (0,5) 3 小時內之溫度變化

2. 絕對輻射溫度量測技術-建立絕對輻射溫度量測技術，溫度點為銻碳合金(Re-C 2474 °C) 定點。確定高溫共晶點銻碳合金(Re-C ; 2474 °C)下熱力學溫度與現行國際溫標 ITS-90 之差小於 0.5 %

- A. 完成建立絕對輻射溫度(Absolute Radiation Thermometer, ART)量測技術，準確測定參數
 a. 偵測器含濾波片之絕對輻射響應，b. 輻射計孔徑尺寸、發射源的立體角與透鏡距離等幾何參數，c. 輻射計光學系統的穿透率。以待測物(共晶點黑體出光尺寸 = 3 mm) 及整體路徑需小於 1200 mm 之前提進行光路徑模擬，模擬設計結果如圖 5-2-6。



$$L_1 = \frac{dI_1(A_1)}{dA_1} = \frac{d\left(\frac{d\Phi_1}{d\Omega_1}\right)}{dA_1} = \frac{\partial^2 \Phi_1 \cdot l^2}{\partial A_1 \cdot \partial A_2} \stackrel{\Phi_1 = \Phi_2}{=} \frac{d\left(\frac{d\Phi_2}{d\Omega_2}\right)}{dA_2} = \frac{dI_2(A_2)}{dA_2} = L_2$$

$$L_1 = L_2 \quad \Phi_1 = \Phi_2$$

圖 5-2-4、光路徑模擬設計示意圖



圖 5-2-5、ART 量測黑體的架構示意圖

本計畫採用濾波式絕對輻射計，波長為 650 nm，此量測技術主要規格如下：

表 5-2-4、濾波式絕對輻射計主要規格

參數	規格	說明
操作波長	650 nm	追溯至 NPL
頻寬	60 nm	半頻寬
偵測器	S1337-21	矽偵測器追溯至 NML
最低量測溫度	900 °C	根據解析度為 0.01 °C 的條件
最高量測溫度	2900 °C	線性度 0.05 %
目標尺寸大小	1 mm	在孔徑尺寸 200 μm 條件下
量測距離	700 mm	固定焦距

本計畫建立符合新溫度定義之絕對熱力學輻射測溫法，用以決定金屬-碳高溫固定點(鈷-碳 Co-C；1324 °C、鈮-碳 Pd-C；1492 °C、銻-碳 Re-C；2474 °C)等熱力學溫度，再將此些定義好之國際溫標，傳遞至高穩定性之標準線性高溫計。最後，將導出輻射

溫度標準，作為 NML 輻射溫度之最高標準依據。首先利用 ART 量測高溫共晶點銻碳合金(Re-C；2474 °C)下的熱力學溫度，量測原理為：

$$R_T(\lambda, T) = \varepsilon \frac{2hc^2}{\lambda^5} \left[\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1 \right]^{-1} \quad (5-2-1)$$

式中 $R_T(\lambda, T)$ 為黑體輻射之頻譜亮度(spectral radiance)， T 為該黑體之熱力學溫度， λ 為波長， h 為普朗克常數， k 為波茲曼常數， c 為光速， ε 為黑體放射率。將式(5-2-1)之所有參數展開，可得到絕對輻射偵測器之光電流訊號輸出 I_{photo} 與溫度 T 、波長 λ 及相關因子，如式(5-2-2)所示：

$$I_{photo} = G \cdot \tau_{opt} \cdot \frac{2hc^2}{n^2} \cdot \varepsilon_{BB} \cdot \int_0^\infty \frac{A_{FR} \cdot R_{FR}(\lambda)}{\lambda^5 (e^{hc/n\lambda kT} - 1)} d\lambda \quad (5-2-2)$$

其中， G 為絕對輻射溫度計幾何參數項， τ_{opt} 為物鏡透射比， ε_{BB} 為定點黑體放射率， n 為折射率， A_{FR} 為濾波片光譜響應度， $R_{FR}(\lambda)$ 為偵測器光譜響應度， k 為波茲曼常數。依據式(5-2-1)與式(5-2-2)， I_{photo} 可改寫成式(5-2-3)，轉換成熱力學溫度並簡化後如式(5-2-4)所示：

$$I_{photo} = G \tau_{opt} \int_0^\infty A_{FR} \cdot R_{FR}(\lambda) \pi \cdot R_T(\lambda, T) d\lambda \quad (5-2-3)$$

$$T(\lambda, R_T) = \frac{\frac{hc}{k}}{n\lambda \ln \left\{ 1 + \frac{2\pi hc^2 \varepsilon}{R_T n \lambda^5} \right\}} \quad (5-2-4)$$

利用 ART 量測共晶點銻碳合金(Re-C；2474 °C)下的熱力學溫度與現行國際溫標 ITS-90(以銅定點 1084.62 °C 為基點，帶入普朗克公式外插到 2474 °C)之差，結果小於 0.5 %，可滿足本計畫之目標。

B. 為確保實驗室環境可滿足 ART 進行量測，於 107 年 10 月 9 日至 107 年 10 月 19 日進行實驗室環境測試，測試結果如圖 5-2-8 與圖 5-2-9。

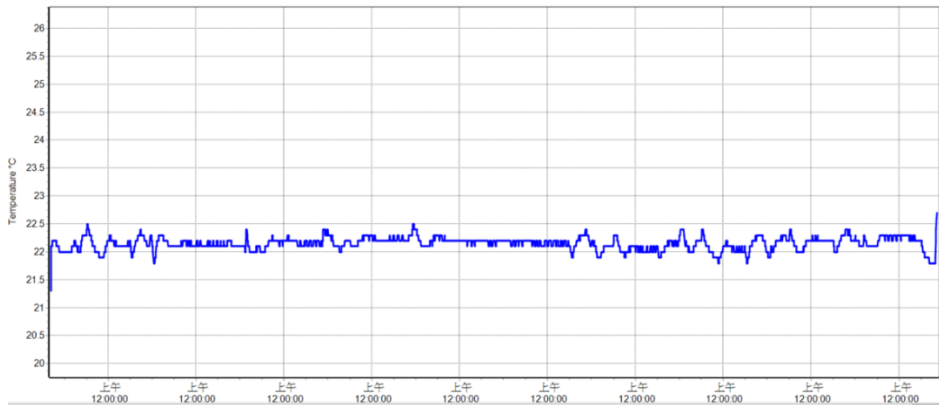


圖 5-2-6、實驗室環境溫度測試

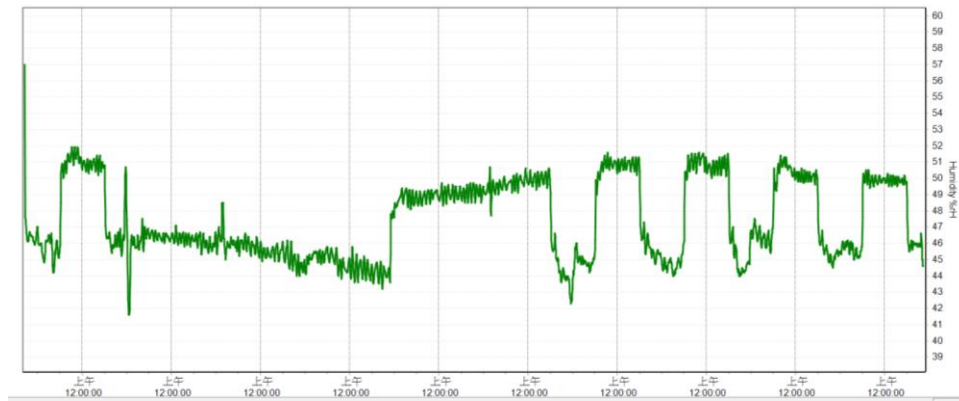


圖 5-2-7、實驗室環境濕度測試

測試結果溫度平均值為 $(22 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ ，符合空間環境規劃條件 $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 。濕度平均值為 $(47 \pm 5) \%$ 符合空間環境規劃條件 $(50 \pm 10) \%$ 。

3. 熱電偶高溫校正量測技術(建立熱電偶高溫校正量測技術，溫度範圍涵蓋 $(0.01 \sim 1492) ^\circ\text{C}$)

熱電偶高溫共晶點校正系統的硬體設備已於 8 月完成第二預備金採購程序與議價開標作業，並委託英國 NPL 製作熱電偶高溫鈷碳合金(Co-C; $1324 ^\circ\text{C}$)與鈀碳合金(Pd-C; $1492 ^\circ\text{C}$)共晶點囊，如圖 5-2-10 所示。10 月完成熱電偶高溫校正系統的實驗室空間與環境條件的整修，於 12 月完成熱電偶高溫系統的組裝、操作程序與測試。

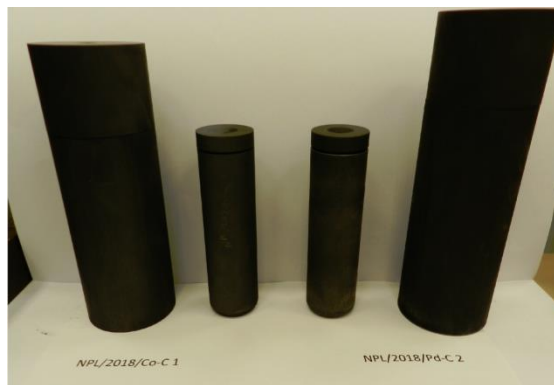


圖 5-2-8、Co-C 與 Pd-C 共晶點囊

執行成果如下，說明熱電偶高溫系統的安裝結構、操作程序、利用轉折點方法評估共晶點 Co-C 與 Pd-C 的熔化溫度與資料分析，以實現溫度高於 $1100 ^\circ\text{C}$ 以上的熱電偶高溫校正量測技術。

A. 安裝結構

在校正系統安裝結構上主要分為兩部分：開放式共晶點囊套管模組與熱電偶高溫共晶定點系統。

在開放式共晶點囊套管模組組裝方面，為了實現 Co-C($1324 ^\circ\text{C}$)與 Pd-C($1492 ^\circ\text{C}$)共晶點的熔化平台區用以校正熱電偶溫度計，因此該安裝結構需能耐高溫至 $1600 ^\circ\text{C}$ ，使共晶點囊能均勻受熱，並避免受汙染。如圖 5-2-11 所示，將 Co-C 與 Pd-C 共晶點囊小心地放入氧化鋁套管模組中，並利用氣封零件、隔熱石墨氈、熱分流片，與內/外保護套管組裝

成開放式共晶點囊模組。

在熱電偶高溫共晶定點系統安裝方面，如圖 5-2-9 所示，首先，將開放式共晶點囊模組與熱電偶溫度計小心地放入高溫爐內，並於模組與高溫爐口之間塞滿耐高溫隔熱棉，固定模組與熱電偶溫度計位置後，將熱電偶線連結至參考冷接點(冰點槽/水三相點囊)中，並透過熱電偶延長銅導線接於高精度電壓錶上，以讀取熱電偶線於不同溫度下的電動勢輸出。接著，把外部保護性氣體管路與開放式共晶點囊模組連結。最後，將高溫爐控制器、高精度電壓錶與個人電腦連線，其實際校正系統組裝圖如圖 5-2-13 所示。

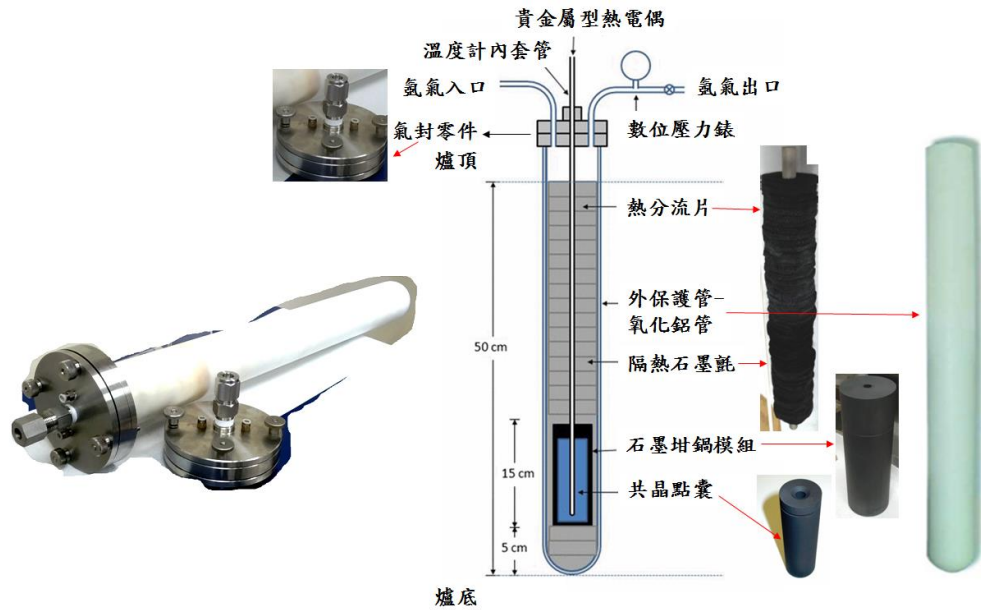


圖 5-2-9、開放式共晶點囊套管模組的組裝結構圖

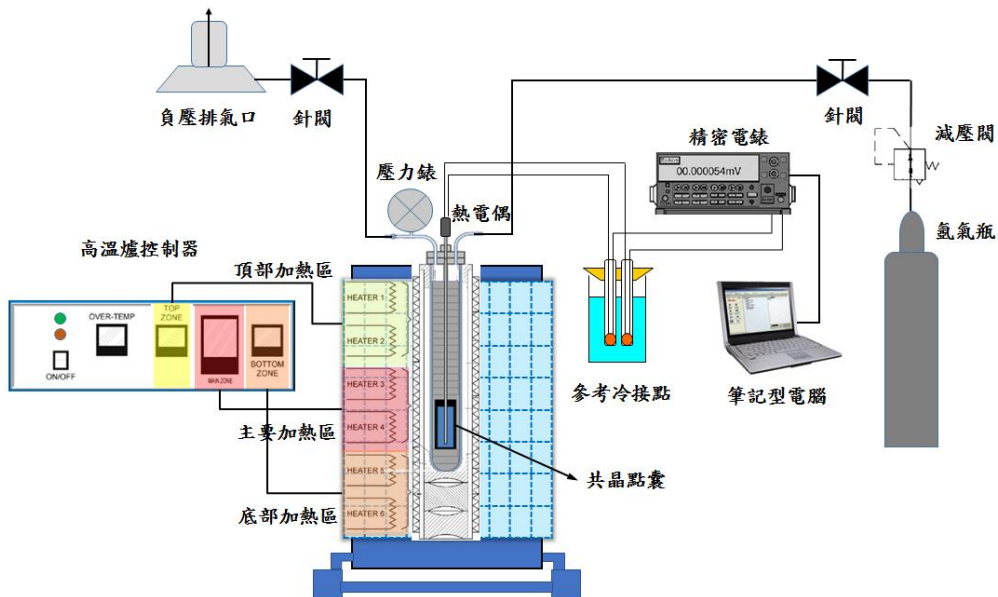


圖 5-2-10、熱電偶高溫開放式共晶定點系統的安裝結構示意圖

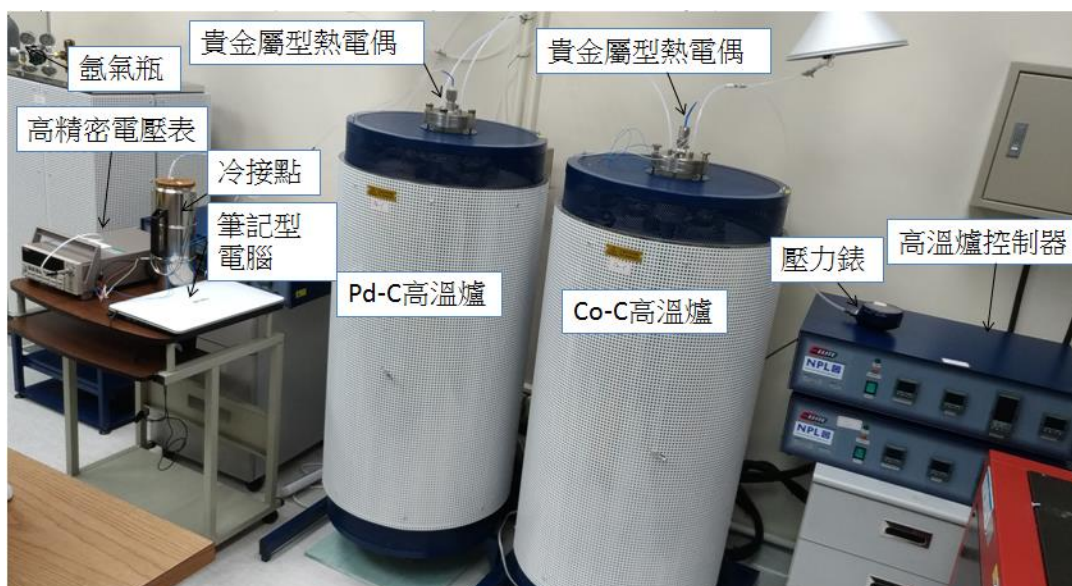


圖 5-2-11、開放式 Co-C 與 Pd-C 共晶定點系統的實體組裝圖

B. 操作程序

依序在 Co-C 熔化點與 Pd-C 熔化點溫度下，測試熱電偶溫度計。由於 Co-C 與 Pd-C 共晶點囊於凝固時所產生的過冷現象甚鉅，所以選擇方便實現熔化技術的轉折點 (Inflection Point) 作為定義定點。

- (a). 打開真空幫浦將開放式共晶點囊模組內的氣體抽至負壓狀態後關閉，然後再打開氫氣充填，並調節工作管路中的氫氣壓力設定為最小 1.02 atm。
- (b). 將共晶點囊放入高溫爐內，並將爐子預先加熱至約 1316 °C (Co-C) 或 1484 °C (Pd-C) (實際溫度，而不是設定點溫度)，使用 5 °C/min 的升溫速率直至設定點。此過程大約需要 4 小時。使用加熱爐中心區域指示器監測近似溫度。
- (c). 在共晶點囊熔化之前(或之後)，校正 DVM ("DVM"，高精密電壓表) 的兩根銅引線連接在一起，以測量引線本身和 DVM 本身產生的任何電動勢。等待 5 分鐘穩定後，記錄該值。然後重新連接熱電偶引線並開始量測程序。
- (d). 通過電腦記錄至少每 10 秒記錄一次熱電偶的電動勢輸出。
- (e). 為了開始熔化金屬-碳合金，將爐子加熱至 1332 °C (Co-C) 或 1500 °C (Pd-C)，升溫速率為 5 °C/min。熔化發生在約 1324.0 °C (Co-C) 或 1492 °C (Pd-C)，熔化範圍約為 0.2 °C，約可持續平衡 30 min。
- (f). 熔化完成後，溫度將升至與爐子設定點相對應的溫度平台，1332 °C (Co-C) 或 1500 °C (Pd-C)，並使系統平衡 30 min。
- (g). 然後將爐溫降至 1316 °C (Co-C) 或 1484 °C (Pd-C) 以快速凝固金屬-碳合金，降溫速率設定為 5 °C/min。
- (h). 當凝固結束時，允許系統在凝固設定點平衡 30 min，然後以 5 °C/min 的降溫速率將爐溫冷卻至環境溫度。

C. 接觸式高溫共晶固定轉折點熔化溫度的評估

由於 Co-C 與 Pd-C 共晶點囊於凝固時所產生的過冷現象甚鉅，所以選擇方便實現熔化技術的轉折點(Inflexion Point)作為定義定點。共晶固定點的電動勢由熔化曲線的轉折點提供，因此必需利用三階多項式來擬合熔化曲線，並評估多項式的二階導數等於 0 時的電動勢。轉折點熔化溫度評估的方法如下：

- (a). 選取熔化溫度相對對稱的一段原始數據，至少溫度平台長度為 15 分鐘，以進行三階多項式的擬合。

$$E = At^3 + Bt^2 + Ct + D \quad (5-2-5)$$

- (b). 對其三階多項式進行二次微分，並求出二次微分等於 0 時(反曲點)的轉折熔化電動勢值。

$$\frac{d^2E}{dt^2} = 0, t = \frac{-B}{3A} \quad (5-2-6)$$

- (c). 共晶固定點的電動勢值如下式：

$$E_{\text{inflexion-point}} = A(-B/3A)^3 + B(-B/3A)^2 + C(-B/3A) + D \quad (5-2-7)$$

- (d). 將所屬的熱電偶線電動勢值對應其 seeback 係數轉換成溫度。

D. 資料分析

熱電偶溫度與電動勢對照關係之計算如下所述。

假設熱電偶於定點溫度下量測所得之電動勢 E 和 NIST Monograph 175 參考表上之電動勢 E (NIST Monograph 175) 之差為 ΔE ，則表示如下：

$$E = E(\text{NIST Monograph 175}) + \Delta E \quad (5-2-8)$$

- (a). 0 °C 至 1084.62 °C 之熱電偶溫度與電動勢對照關係方程式

已知 NIST Monograph 175 熱電偶溫度與電動勢對照關係方程式為：

$$E(\text{NIST Monograph 175}) = a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + a_4T^4 + a_5T^5 + a_6T^6 + a_7T^7 + a_8T^8 \quad (5-2-9)$$

假設 $\Delta E = b_0 + b_1T + b_2T^2 + b_3T^3$ 以最小平方方法(Least Square Method)去擬合(Fit)此二次方程式，以求得 b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 等係數，最後可得此熱電偶溫度計之溫度與電動勢對照關係方程式(5-2-11)為：

$$\begin{aligned} E &= E(\text{NIST Monograph 175}) + \Delta E \\ &= (a_0 + b_0) + (a_1 + b_1)T + (a_2 + b_2)T^2 + (a_3 + b_3)T^3 + a_4T^4 + a_5T^5 + a_6T^6 + a_7T^7 + a_8T^8 \end{aligned} \quad (5-2-10)$$

- (b). 1084.62 °C 至 1492 °C 之熱電偶溫度與電動勢對照關係方程式

已知 NIST Monograph 175 熱電偶溫度與電動勢對照關係方程式為：

$$E(\text{NIST Monograph 175}) = a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + a_4T^4 \quad (5-2-11)$$

假設 $\Delta E = b_0 + b_1T + b_2T^2 + b_3T^3$

$$\frac{d(\Delta E)}{dT} = b_1 + 2b_2T + 3b_3T^2 \quad (5-2-12)$$

再假設 $\Delta E = d_0 + d_1T + d_2T^2$

$$\frac{d(\Delta E)}{dT} = d_1 + 2d_2T \quad (5-2-13)$$

因此，當 $T = 1084.62 \text{ }^\circ\text{C}$ 時， $d_1 = b_1 + 3b_3T^2 = b_1 + 3b_3(1084.62)^2$ ， $d_2 = b_2$ ，且 b_1 、 b_2 與 b_3 為已知係數，可以得到係數 d_1 與 d_2 。

$$\begin{aligned} d_0 = \Delta E - d_1T + d_2T^2 &= b_0 + b_1T + b_2T^2 + b_3T^3 - d_1T + 2d_2T^2 = b_0 + \\ &b_1(1084.62) + b_2(1084.62)^2 + b_3(1084.62)^3 - d_1(1084.62) + \\ &2d_2(1084.62)^2 \end{aligned} \quad (5-2-14)$$

且 b_0 、 b_1 、 b_2 與 b_3 ，及 d_1 與 d_2 為已知係數，可以得到係數 d_0 。最後可得此熱電偶溫度計之溫度與電動勢對照關係方程式為：

$$E = E(\text{NIST Monograph 175}) + \Delta E = (a_0 + d_0) + (a_1 + d_1)T + (a_2 + d_2)T^2 + a_3T^3 + a_4T^4 \quad (5-2-15)$$

E. 測試結果

圖 5-2-14 為使用 R 型熱電偶的參考函數與 ITS-90 所規定的純金屬凝固點 Sn (231.928 $^\circ\text{C}$)、Zn (419.527 $^\circ\text{C}$)、Al (660.323 $^\circ\text{C}$)、Ag (961.78 $^\circ\text{C}$)、Cu (1084.62 $^\circ\text{C}$) 與高於 1100 $^\circ\text{C}$ 以上的 Co-C (1324 $^\circ\text{C}$) 與 Pd-C (1492 $^\circ\text{C}$) 合金熔化點的溫度與電動勢量測偏差值(3 次平均)之比較圖，藉由上述資料分析的方式即可完成溫度範圍(0 ~ 1492) $^\circ\text{C}$ 的熱電偶高溫校正量測技術。

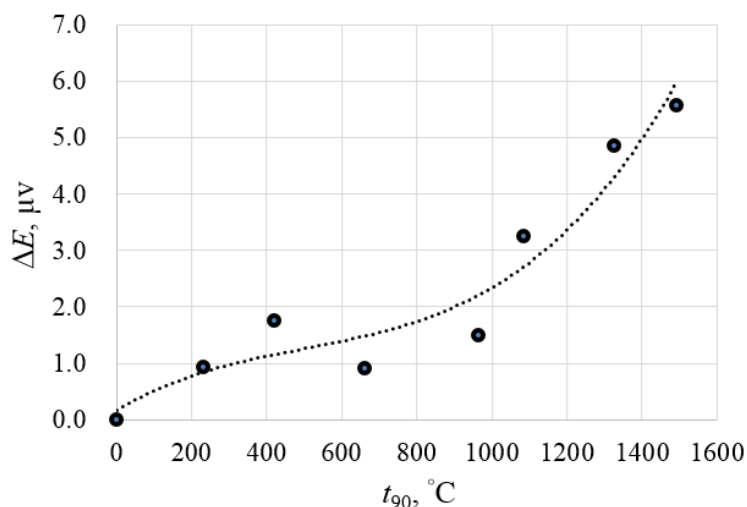


圖 5-2-12、R 型熱電偶的參考函數與於 Sn, Zn, Al, Ag, Cu 純金屬凝固點與 Co-C 與 Pd-C 合金熔化點的溫度與電動勢量測偏差值(3 次平均)之比較

【設備採購說明】

單位：萬元

設備名稱	預算金額	採購金額	驗收規格	驗收結果
熱電偶高溫校正系統設備	2,080	2,080	<ul style="list-style-type: none"> • Pd-C 共晶定點囊的熔化轉折點溫度為 1492 °C，其不確定度≤ 1 °C • Co-C 共晶定點囊的熔化轉折點溫度為 1324 °C，其不確定度≤ 1 °C • 金屬-碳共晶點囊超高溫加熱裝置溫度範圍在 1200 °C 到 1600 °C 之間 • 銅定點高溫加熱裝置、銀定點高溫爐、鋁定點高溫爐、鎳定點加熱爐、高溫退火爐 	<ul style="list-style-type: none"> • Pd-C 共晶定點囊已提供 NPL 校正報告，在信賴水準 95 % 下，涵蓋因子 $k = 2$，其擴充不確定度 0.66 °C。 • Co-C 共晶定點囊已提供 NPL 校正報告，在信賴水準 95 % 下，涵蓋因子 $k = 2$，其擴充不確定度 0.44 °C。 • 金屬-碳共晶點囊超高溫加熱裝置溫度範圍可從室溫加熱到 1600 °C。 • 銅定點高溫加熱裝置(溫度範圍 500 °C 到 1200 °C)、銀定點高溫爐(溫度範圍 550 °C 到 1100 °C)、鋁定點高溫爐(溫度範圍 550 °C 到 1000 °C)、鎳定點加熱爐(溫度範圍 15 °C 到 35 °C)、高溫退火爐。
輻射超高溫校正系統設備	1,350	1,340	<ul style="list-style-type: none"> • 精密輻射溫度黑體熱源 4 組 • 共晶點黑體定點組 • 液體式恆溫槽 • 濾波式輻射計 • 線性高溫計 	<ul style="list-style-type: none"> • 放射率規格:A、$\epsilon > 0.99$,@(0.6 to 1.8) μm; B、$\epsilon > 0.99$,@(0.65 to 15) μm; C、$\epsilon > 0.97$,@(8 to 14) μm; D、$\epsilon > 0.97$,@(8 to 15) μm。 • 鈷碳(Co-C)共晶點:1324 °C、鎢碳(WC-C)共晶點:2747 °C。 • 液體式恆溫槽溫度顯示解析度:至少 0.01 °C。 • 濾波式輻射計波長範圍: 715 nm \pm 70 nm。 • 線性高溫計放射率:0.100 to 1.000 in 1/1000 steps，解析度:0.01 °C @T < 1000 °C。

【後續工作重點】

1.聲學氣體溫度計量測次系統建置

後續將依規劃完成(213 K ~ 373 K)聲學氣體溫度計量測系統評估，量測不確定度 $u(T) \leq 2.0$ mK (涵蓋因子 $k = 1$)，工作內容如下：

- 精進雜質氣體分析/量測技術，並自建/委外完成工作氣體同位素分析/量測。
- 精進共振頻率量測技術、精進擾動因子與半寬修正技術，裨以原級測溫法將 ITS-90 連結

至新定義。

- 建立熱力學溫度量測不確定度評估技術，聲學氣體溫度計量測系統之熱力學溫度量測能量。
- 執行熱力學溫度之國際比對，實現符合克耳文新定義之國際等同溫度標準。
- 精進(213 K ~ 373 K)共振頻率量測技術、建立相關擾動因子與半寬修正技術。
- 解析準球型共振腔不確定度來源、設計最適量化評估方式，建立(213 K ~ 373 K)熱力學溫度量測不確定度評估技術。

2.絕對輻射溫度量測次系統建置

建立絕對輻射溫度量測次系統，完成高溫爐穩定性/均溫性評估、定點黑體之再現性評估、定點黑體之溫度散失評估、定點黑體之溫度平台評估溫度點與量測不確定度：

- $< 0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 於 Co-C 共晶點 (1324 $^{\circ}\text{C}$)
- $< 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 於 Pd-C 共晶點 (1492 $^{\circ}\text{C}$)
- $< 1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 於 Re-C 共晶點 (2474 $^{\circ}\text{C}$)

建立線性高溫計性能研究技術，完成單頻線性高溫計等效波長、光源尺寸效應以及線性度等不確定度評估，實現克耳文新定義之熱力學輻射測溫量測技術。

(三)、新電流標準建置

【全程規劃目標說明】

新電流標準將以量化霍爾電阻原級標準搭配約瑟夫森電壓原級標準，根據歐姆定律來間接實現新的電流定義。NML 為因應 SI 電流新定義，將建置高準確度之免液氦 QHR 原級系統以搭配約瑟夫森電壓原級系統，以歐姆定律導出電流標準。此外，根據歐姆定律，當電壓值固定，電流值與電阻值成反比，因此，為了導出符合產業界需求之大電流標準(100 A 以上)以及微電流標準(10^{-12} A 等級)，需藉由精密高阻電橋量測技術與大電流電阻電橋量測技術的建立，將量化霍爾電阻標準傳遞至高電阻與低電阻標準，建立與新定義接軌之電流標準。

新電流系統的建立，分為三個主要項目，分別是：(1).免液氦量化霍爾電阻系統(量測標準不確定： $< 3 \times 10^{-8} \Omega/\Omega$ ，即擴充不確定度 $< 6 \times 10^{-8} \Omega/\Omega$)；(2).用於大電流標準之低電阻電橋系統(低電阻量測範圍 0.1 m Ω to 1 Ω ，大電流量測範圍 100 A to 1000 A，電阻校正之標準不確定： $< 25 \mu\Omega/\Omega$ ，即擴充不確定度 $< 50 \mu\Omega/\Omega$)；以及(3).用於微電流標準之高電阻電橋系統(高電阻量測範圍:100 k Ω to 1 T Ω ，電阻校正之標準不確定： $< 50 \mu\Omega/\Omega$ ，即擴充不確定度 $< 100 \mu\Omega/\Omega$)，未來搭配微電流系統量測技術與相關設備精進後，微電流量測範圍最小可達 1 pA。在有限的時間及經費規模 2,753.8 萬元的條件下，先以關鍵設備的建置與技術的建立為主。關鍵設備的建置與技術的引進，佔總經費的 82%，包含購置免液氦量化霍爾電阻系統、高精度多通道高阻電橋及低電阻電橋設備等關鍵設備，以建置完整追溯體系，確保我國電流標準追溯不受新定義影響。表 5-3-1 為新溫度標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費。

表 5-3-1、新電流標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費

計畫名稱	採購設備	技術研發
107 年度行政院 第二預備金	共 1,842 萬元 1.免液氦量化霍爾電阻系統(800 萬元) 2.高精度多通道高阻電橋(450 萬元) 3.精密標準電阻器及其恆溫儲存槽(242 萬元) 4.新電流標準建置之精密電阻校正器(350 萬元)	共 297.2 萬元 1.建立免液氦量化霍爾電阻系統原級標準系統 2.建立用於微電流標準之高電阻電橋系統，高電阻量測範圍 100 k Ω to 1 T Ω ，電橋之比率量測準確度 $< 5 \times 10^{-6}$ 3.完成高電阻校正之重複量測變異性評估($< 80 \mu\Omega/\Omega$)，高電阻量測範圍為 100 k Ω to 1 T Ω
107 年度科發基金研發成果收入運用計畫	共 420 萬元 低電阻電橋	共 194.6 萬元 完成低電阻電橋標準校正程序建立，電阻量測範圍 0.1 m Ω to 1 Ω ，電流量測範圍 100 A to 1000 A
合計經費	2,262 萬元	491.8 萬元
	2,753.8 萬	

【本年度目標】

(1) 量化霍爾電阻系統精進

- 免液氦量化霍爾電阻原級標準系統-建立免液氦量化霍爾電阻系統原級標準系統，電阻校正之量測不確定度： $< 6 \times 10^{-8} \Omega/\Omega$ 。

(2) 微電流標準建置

- 高電阻電橋系統建置-建立用於微電流標準之高電阻電橋系統，高電阻量測範圍 100 k Ω to 1 T Ω ，電橋之比率量測準確度 $< 5 \times 10^{-6}$ 。
- 高電阻校正之重複量測變異性評估-完成高電阻校正之重複量測變異性評估 $< 80 \mu\Omega/\Omega$ ，高電阻量測範圍為 100 k Ω to 1 T Ω 。

【執行成果】

1. 免液氦量化霍爾電阻原級標準系統-建立免液氦量化霍爾電阻系統原級標準系統，電阻校正之量測不確定度： $< 6 \times 10^{-8} \Omega/\Omega$

免液氦量化霍爾電阻(QHR)原級標準系統於 7 月 11 日完成採購規範書之規格制訂及系統請購，並於 7 月 31 日完成系統訂購。該系統已於 12 月 14 日到貨，並實機測試確認系統皆符合相關規格要求，包含：(1)最高磁場可達 14 Tesla、(2)溫度範圍為 1.6 K to 300 K、(3)系統冷卻至 1.6 K 時間為 60 分鐘、(4)系統量測變異範圍小於 $\pm 0.04 \mu\Omega/\Omega$ 。免液氦 QHR 系統實體照片如圖 5-3-1 所示，系統主要設備包含：低溫超導磁鐵、低溫探棒、低溫冷凍頭、磁場輸出源、溫度控制器、氦氣儲存桶、與空壓機。

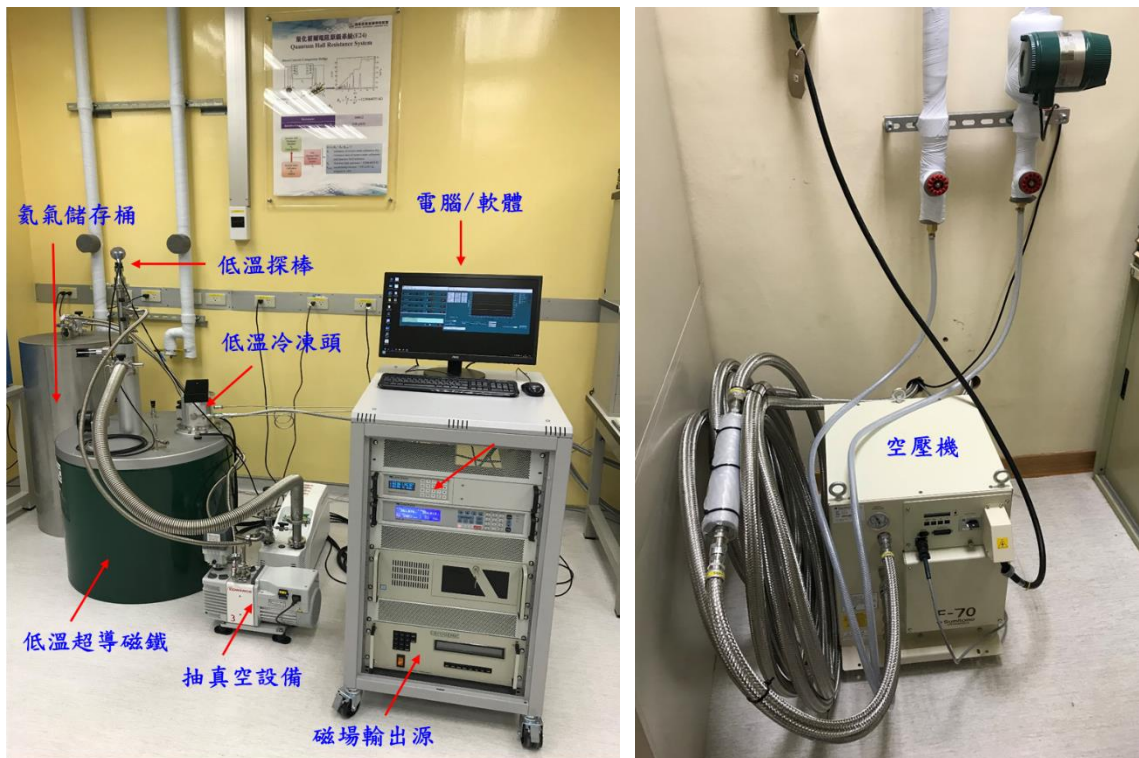


圖 5-3-1、免液氦 QHR 系統實體照片

在免液氮 QHR 系統製作期間，亦與英國原廠(Cryogenic Ltd.)工程師多次討論低溫探棒設計事宜，並於 8 月 24 日完成設計圖面最終版本確認。低溫探棒設計圖面如圖 5-3-2 所示。另外，9 月 4 日英國原廠指派日本分公司工程師 Dr. David Rees 到訪 NML，如圖 5-3-3 所示，並討論後續系統建置時之相關事宜，包含確認系統空壓機所需之冷卻冰水設施與電力配置情況、空壓機高壓氮氣傳輸管路之架設位置、以及系統執行電阻傳值量測時所需之電壓表與電流源等相關搭配儀器等等，並依其建議參訪國立交通大學林志忠教授實驗室之免液氮低溫量測系統，藉此評估 NML 建置免液氮 QHR 系統時之空壓機高壓氮氣傳輸管路裝置事宜，英國原廠提供之免液氮低溫系統與空壓機之連接示意圖如圖 5-3-4 所示。

本計畫亦完成免液氮 QHR 系統量測架構設計，並規劃以直流電流比較器(Direct Current Comparator, DCC)電橋量測 QHR 標準電阻($R_H = 12.9064035 \text{ k}\Omega$)與待校直流電阻($1 \text{ k}\Omega$)之比率值，每組實驗數據之重覆量測次數將規劃為 50 次，取後 30 筆數據作均值計算，共需量測 4 組實驗數據，以估算系統整體量測變異性。

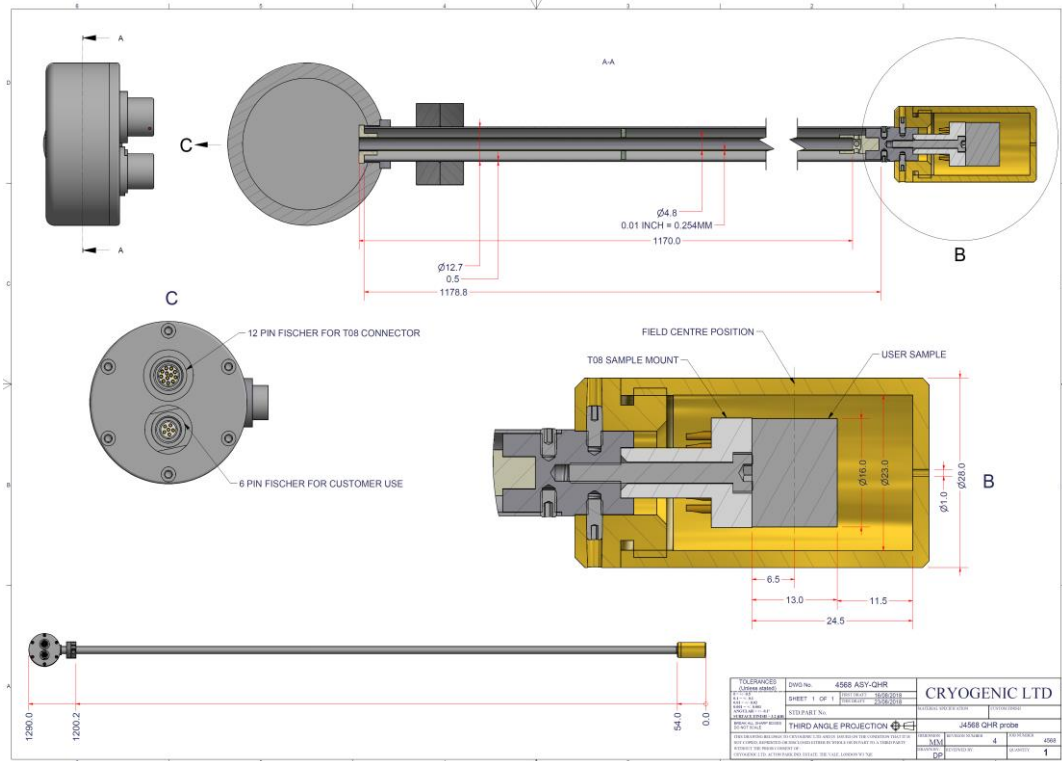


圖 5-3-2、免液氮 QHR 系統之低溫探棒設計圖面



圖 5-3-3、Cryogenic Ltd. 日本分公司工程師 Dr. David Rees 到訪 NML

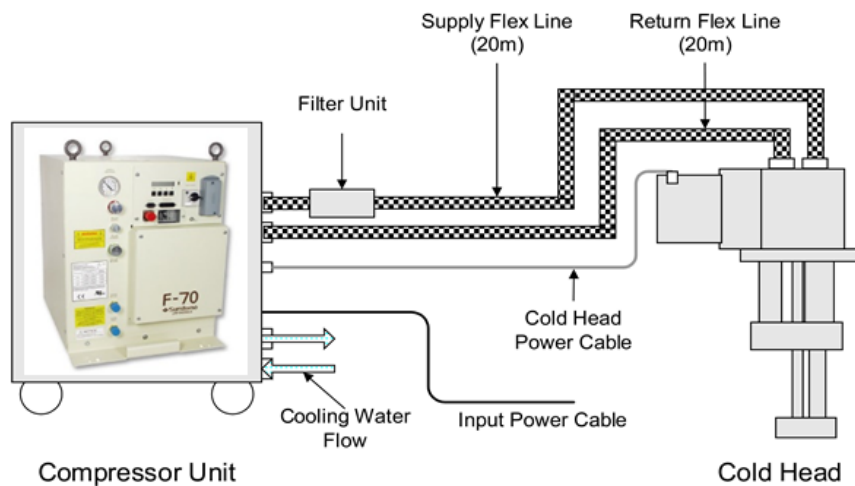


圖 5-3-4、免液氦低溫系統與空壓機的连接示意圖

免液氦 QHR 系統於 12 月 14 日到貨後，依據實驗室實測結果確認系統不需外界額外補充液氦即可降至 1.3 K 的低溫，工作磁場可達 14.003 Tesla (如圖 5-3-5)，且溫度範圍為 1.3 K to 300 K，符合規格與量測需求。

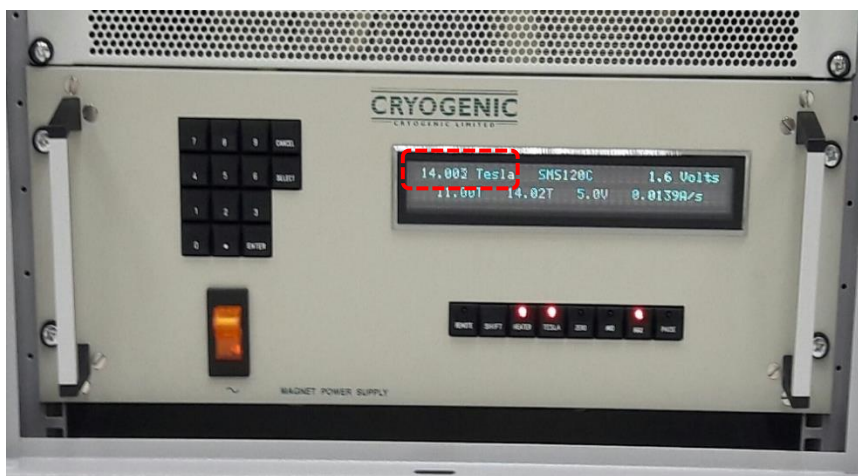


圖 5-3-5、免液氦 QHR 系統之工作磁場達 14.003 Tesla 的實體照片

依據圖 5-3-6 之實測數據可知，系統溫度從常溫降到 1.6 K 僅需 50 分鐘，優於規格需求(須少於 1 小時)。當系統降溫完成後，系統所使用之低溫探棒(Probe)，其溫度可維持在 1.3 K 至 1.5 K 之間，符合量測需求。另外，依據實測結果確認，電阻量測範圍為 1 Ω to 13 k Ω (如圖 5-3-7)，每組實驗數據之重覆量測次數為 50 次，取後 30 筆數據作均值計算，共取 4 組實驗數據，並估算得到系統量測變異範圍為 $\pm 0.036 \mu\Omega/\Omega$ ，如表 5-3-2，符合規格需求(須小於 $\pm 0.04 \mu\Omega/\Omega$)。本次實驗採用德國 PTB 製作的 QHR 樣品(編號：P137-22)，其磁場變化範圍為(0 至 12) Tesla，從 QHR 晶片特性曲線圖(圖 5-3-7)可以得知，在磁場範圍為(10 至 11)

Tesla 的區間，系統可以產生量化標準電阻值，即 $R_H = 12.9064035 \text{ k}\Omega$ 。

此外，英國原廠再次指派日本分公司工程師 Dr. David Rees 到訪 NML，並於 12 月 17 日至 20 日提供本實驗室 3 人每天 8 小時訓練，總訓練時數 96 人時，符合需求。免液氮 QHR 系統亦於 12 月 21 日完成驗收，驗收時現場確認量測軟體為 Window 10，符合量測需求。各項參數之驗收結果列於表 5-3-3 驗收規格及測試結果對照一覽表。

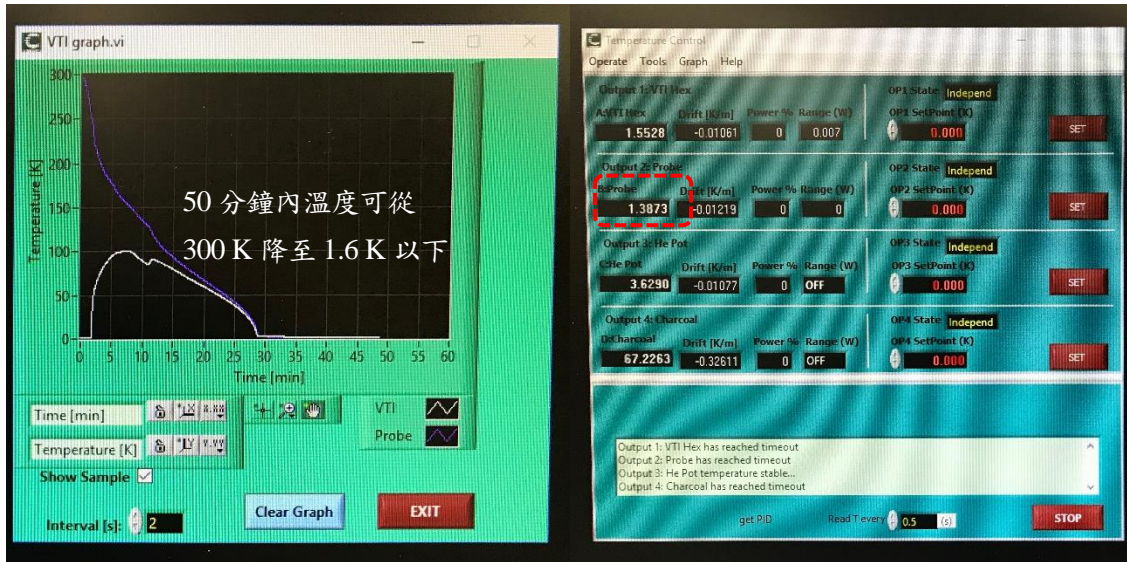


圖 5-3-6、免液氮 QHR 系統之降溫監控數據圖

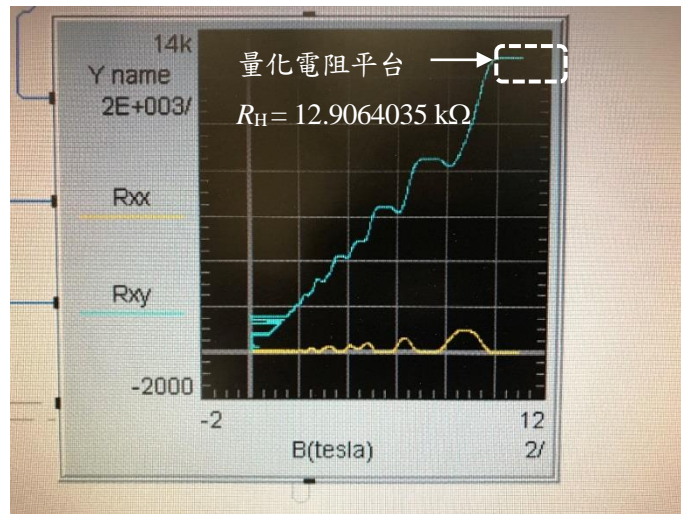


圖 5-3-7、免液氮 QHR 系統之 QHR 晶片特性量測圖

表 5-3-2、免液氮 QHR 系統之量測變異性估算結果

Item	比例 (Ratio)	Resistance ()	量測變異性 (/)
1	12.906298752	12906.298751880	0.036
2	12.906298719	12906.298718607	
3	12.906298589	12906.298589204	
4	12.906298653	12906.298653365	

表 5-3-3、免液氦 QHR 系統驗收規格及測試結果對照一覽表

項目內容 (依序詳列採購規範書項次及其名稱)	契約驗收規格 (依序詳列該項次契約規格內容)	實測值/測試結果 (填寫實際測試/樣品分析/丈量/清點數量/檢驗報告等方式獲得的數值)	合格/ 不合格 (判定是否合格)	備考 (附註說明)
1.	System cool-down without Liquid-Helium.	現場確認系統不需外界額外補充液氦即可降至 1.3 K 的低溫	合格	
2.	Maximum magnetic field Range : 14 Tesla	實測工作磁場可達 14.003 Tesla	合格	實驗室測試結果(圖 5-3-5)
3.	Sample space : 30 mm	實際確認 Sample space : 30 mm	合格	
4.	Temperature range : 1.6 K to 300 K extended	實測溫度範圍 : 1.3 K to 300 K	合格	實驗室測試結果(圖 5-3-6)
5.	Sample cool-down time to 1.6 K : 60 minutes	實際確認系統溫度從常溫降到 1.6 K 需 50 分鐘	合格	實驗室測試結果(圖 5-3-6)
6.	500 cm of measurement wire to connect the output of probe of CFM-QHR system to DCC.	實點 500 cm 量測線材 1 條	合格	
7.	2 off probes (1 for general research and 1 to mount QHR platform)	實點低溫探棒(Probe) 2 組	合格	
8.	Using 220 V of 3-phase mains.	實際確認系統 220 V 三相電力	合格	
9.	Software : Windows 7 compatible	實際確認使用軟體為 Window 10	合格	
10.	Other options			
(1)	40 m ³ Turbo vacuum pump (1 Set), including mandatory installation.	實點 40 m ³ Turbo 真空幫浦一台	合格	
(2)	Compressor Molecular Sieve Adsorber to suit compressor (1 Set).	實點空壓分子篩吸附器一組	合格	
(3)	VTI Pump Spares kit Tip Seal Scroll pump (1 Set).	實點 VTI Pump Spares kit Tip Seal Scroll pump 一組	合格	
(4)	Ultragrade 19 oil, 4 liters, for Airlock pump (1 Set).	實點 Ultragrade 19 oil 共 4 liters	合格	
(5)	Rotary oil mist filter element for airlock pump (1 Set).	實點 Rotary oil mist filter element 1 組	合格	
(6)	Rotary odour removal element for airlock pump (5 pack).	實點 Rotary odour removal element 5 組	合格	
其他	其他項目經檢查結果均符合契約規範(屬規格部分)		合格	
文件	廠商應提供: 1. Factory specification	廠商已提供下列文件,符合需求: 1. Factory specification validating	合格	

	validating report 2. Operating manual	report 2. Operating manual		
安裝試車	Onsite installation and functional testing	已於 12 月 20 日完成 Onsite installation and functional testing	合格	
訓練	Onsite training at least 72 man hours (For 3 persons, each person 8 hours/day, at least 3 days)	廠商已於 12 月 17 日至 20 日提供 3 人每天 8 小時訓練，總訓練時數 96 人時，符合需求	合格	訓練紀錄

此外，為維持 NML 之量化霍爾電阻原級標準，NML 與德國 PTB 於 10/2 日完成量化霍爾計量(Quantum Hall Metrology)之雙方合作協議簽署，如圖 5-3-8 所示，由 PTB 提供一個量化霍爾電阻標準元件給 NML，該量化霍爾電阻元件已於 11/16 日收到，雙方將針對該量化霍爾電阻元件於 NML 的量測結果共同作長期分析與研究，藉此精進量化霍爾電阻標準的計量技術。

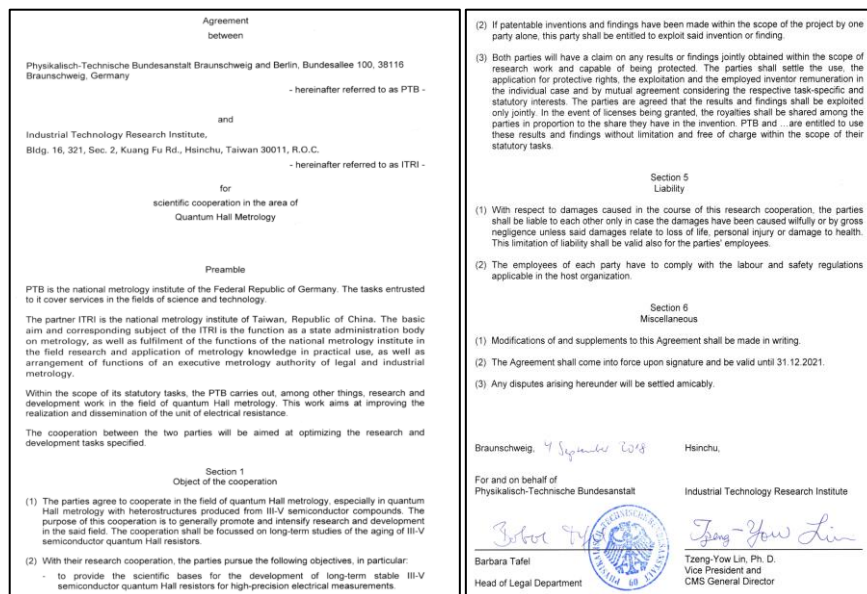


圖 5-3-8、NML 與德國 PTB 簽署之量化霍爾計量雙方合作協議

新電流實驗室空間與相關設施重新佈局與改裝作業於 7 月下旬展開，實驗室相關設施需求及配置圖如圖 5-3-9 所示。主要項目為：(1).新裝配 5 組 3 相 220 V 電源、(2).電源箱汰舊換新、(3).加裝冷卻冰水管道，並須確認流量須大於 7 L/min，溫度須低於 15 °C。

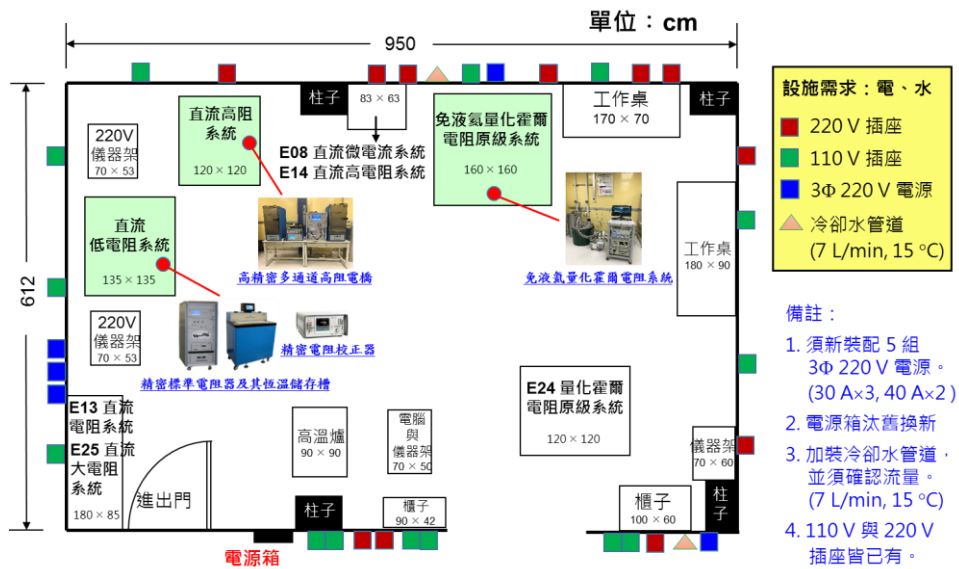


圖 5-3-9、新電流實驗室相關設施需求及配置圖

首先，7月20日起陸續進行實驗室設備搬移與清除作業，並於7月29日完成實驗室新地板鋪設，8月2日完成相關量測設備重新佈局與歸位作業，實驗室空間與相關設施改善過程詳如圖 5-3-10 所示。最後，9月17日完成冷卻冰水循環管路與相關電源設施之裝配。



圖 5-3-10、新電流實驗室空間與相關設施改善過程

2.高電阻電橋系統建置-建立用於微電流標準之高電阻電橋系統，高電阻量測範圍 100 kΩ to 1 TΩ，電橋之比率量測準確度 $< 5 \times 10^{-6}$

應用於微電流標準之高電阻電橋系統於 7 月 11 日完成採購規範書之規格制訂及系統請購，並於 8 月 7 日完成系統訂購。該系統已於 12 月 20 日到貨，並實機測試確認系統皆符合相關規格要求，包含：(1)高阻電橋量測範圍為 100 kΩ 至 10 PΩ、(2)比例量測範圍為 1:1，10:1，100:1，1000:1、(3)電橋比例量測準確度小於 5×10^{-6} 。免液氦 QHR 系統實體照片如圖 5-3-11 所示，系統主要設備為高精密多通道高阻電橋高阻電橋系統(MI 6600A)。



圖 5-3-11、高電阻電橋系統實體照片

依據出廠報告確認(如圖 5-3-12 所示)，高阻電橋之最高輸入電壓為 DC 1000 V，符合規格需求。另外，依據實測結果確認，高阻電橋量測範圍為 100 kΩ to 10 PΩ，且比例量測範圍為 1:1，10:1，100:1，1000:1。同時，高阻電橋系統內建之量測軟體已含可控制共 20 組量測通道之功能，且通道絕緣阻值大於 $10^{16} \Omega$ ，符合量測需求。依據實測數據可知，以標準高阻器(廠牌型號為：MI 4310HR)作為待校件，選用電阻標稱值為 100 MΩ。當系統量測比例為 10:1 時，每組實驗數據之重覆量測次數設定為 25 次，共取 4 組實驗數據作平均而得到電阻量測值為 100.0013 MΩ。該電阻量測值再與電阻追溯標準值(100.0012 MΩ)作比較與估算，可得電橋比例(10:1)準確度為 1.4×10^{-6} ，優於規格需求(須小於 1.5×10^{-6})。

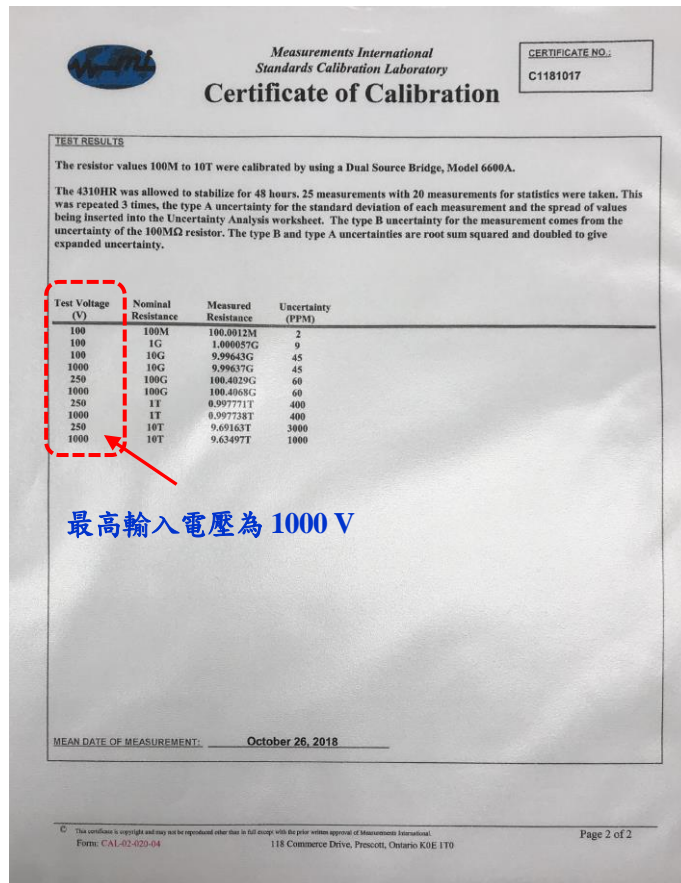


圖 5-3-12、高阻電橋系統出廠報告

表 5-3-4、高電阻電橋系統之比例量測準確度測試結果

標準件名稱	標準高電阻器
標準件序號	20301851050B
標準值(M)	10.00040
待校件名稱	標準高電阻器
廠牌型號	MI 4310HR
序號	1103465
校正日期	2018/12/20
標稱值	100 M
比例值	10 : 1
比率平均值	9.999733706
量測值	100.0013
追溯標準值	100.0012
比例準確度	1.4×10^{-6}

此外，MI 原廠工程師於 12 月 18 日至 20 日提供本實驗室 3 人操作維護訓練共 3 天，符合需求。高電阻電橋系統亦於 12 月 21 日完成驗收，驗收時現場確認控制介面符合 IEEE 488.2 標準 GPIB 介面，且軟體與 Window 7 相容，符合規格需求。各項參數之驗收結果列

於表 5-3-5 驗收規格及測試結果對照一覽表。

表 5-3-5、高電阻電橋系統驗收規格及測試結果對照一覽表

項目內容 (依序詳列 採購規範 書項次及 其名稱)	契約驗收規格 (依序詳列該項次契約規格內容)	實測值/測試結果 (填寫實際測試/樣品分析/丈量/清點 數量/檢驗報告等方式獲得的數值)	合格/ 不合格 (判定是 否合格)	備 考 (附註 說明)
1.	廠牌：Measurement International (MI) 型號：6600A (Automated Dual Source High Resistance Ratio Bridge) 搭配 6099-5I (Organized Test, Onsite Installation)	實點高精密多通道高阻電橋 1 台 現場檢視廠牌：MI 6600A (Automated Dual Source High Resistance Ratio Bridge)	合格	
2.	最高輸入電壓：DC 1000 V	實測最高輸入電壓：DC 1000 V	合格	出廠報 告 (圖 5-3-12)
3.	高阻電橋量測範圍： 100 kΩ to 10 PΩ	現場實測高阻電橋量測範圍： 100 kΩ to 10 PΩ	合格	
4.	比例量測範圍： 1:1, 10:1, 100:1, 1000:1	現場實測比例量測範圍： 1:1, 10:1, 100:1, 1000:1	合格	
5.	比例量測準確度： $< 5 \times 10^{-6}$	實測比例量測準確度： 1.4×10^{-6}	合格	實驗室 測試數 據(表 5-3-4)
6.	軟體：Window 7 相容	現場檢視軟體與 Window 7 相容	合格	
7.	控制介面：符合 IEEE 488.2 標準 GPIB 介面	現場檢視控制介面：符合 IEEE 488.2 標準 GPIB 介面	合格	
文件	廠商應提供： 1.使用手冊 2.儀器出廠報告	廠商已提供： 1.使用手冊 2.儀器出廠報告	合格	
訓練	廠商應提供本院 3 人操作維護訓練至 少 3 天	廠商已於 12 月 18 日至 20 日提 供 3 人操作維護訓練 3 天	合格	訓練紀 錄

3.高電阻校正之重複量測變異性評估(完成高電阻校正之重複量測變異性評估($< 80 \mu\Omega/\Omega$)， 高電阻量測範圍為 100 kΩ to 1 TΩ)

本計畫已完成高電阻電橋量測架構設計，並規劃將工作標準高電阻器與待校高電阻器
置於空氣式恆溫儲存槽，再透過高精密高電阻電橋，採用比較式量測法(Comparison Method)

作電阻值校正，高電阻量測範圍 100 kΩ to 1 TΩ，重覆量測次數將規劃為 25 次，藉此完成高電阻校正之重複量測變異性評估(< 80 μΩ/Ω)，並提高系統整體的量測準確度。高電阻電橋量測架構設計如圖 5-3-6 所示。

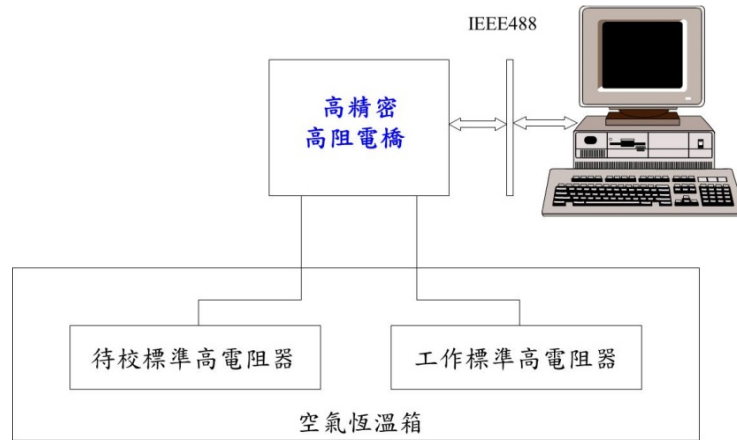


圖 5-3-13、高電阻電橋量測架構

【設備採購說明】

單位：萬元

設備名稱	預算金額	採購金額	驗收規格	驗收結果
免液氦量化霍爾電阻系統	800	751.4	<ul style="list-style-type: none"> • 最高磁場: 14 Tesla • 溫度範圍: 1.6 K to 300 K • 系統冷卻至 1.6 K 時間: 60 分鐘 • 最低冷卻溫度: 1.6 K 	<ul style="list-style-type: none"> • 實測工作磁場可達 14.003 Tesla。 • 實測溫度範圍: 1.3 K to 300 K。 • 實際確認系統溫度從常溫降到 1.6 K 需 50 分鐘。 • 現場確認系統不需外界額外補充液氦即可降至 1.3 K 的低溫。
高精密多通道高阻電橋	450	444.8	<ul style="list-style-type: none"> • 高阻電橋量測範圍: 100 kΩ to 10 PΩ • 比例量測範圍: 1:1, 10:1, 100:1, 1000:1 • 比例量測準確度: $< 5 \times 10^{-6}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 現場實測高阻電橋量測範圍: 100 kΩ to 10 PΩ。 • 現場實測比例量測範圍: 1:1, 10:1, 100:1, 1000:1。 • 實測比例量測準確度: 1.4×10^{-6}。
精密標準電阻器及其恆溫儲存槽	242	239	<ul style="list-style-type: none"> • 空氣式恆溫儲存槽溫度穩定度【溫控範圍】: < 15 mK [(15 to 40)°C] • 矽油恆溫儲存槽溫度穩定度【溫控範圍】: < 2 mK [(15 to 30)°C] • 標準電阻器阻值範圍: 100 MΩ to 10 TΩ 	<ul style="list-style-type: none"> • 空氣式恆溫儲存槽 3 台, 廠牌 MI, 型號 9300A、矽油恆溫儲存槽 1 台, 廠牌 MI, 型號 9400、10 Channel Interconnect Panel 1 台, 廠牌 MI, 型號 9400-I、標準電阻器 1 台, 廠牌 MI, 型號 4310HR。 • 實測空氣式恆溫儲存槽溫度穩定度: < 15 mK; 溫控範圍: (15 to 40)°C。

設備名稱	預算金額	採購金額	驗收規格	驗收結果
				<ul style="list-style-type: none"> 實測矽油恆溫儲存槽溫度穩定度：$< 2 \text{ mK}$；溫控範圍：$(15 \text{ to } 30)^\circ\text{C}$。 依據原廠校正報告確認標準電阻器阻值範圍：$100 \text{ M}\Omega$ to $10 \text{ T}\Omega$。
精密電阻校正器	350	328	<ul style="list-style-type: none"> 電阻量測範圍：$0 \text{ }\Omega$ to $100 \text{ M}\Omega$ 電阻準確度：$< \pm 100 \text{ ppm}$ 自動化介面：GPIB/IEEE-488 	<ul style="list-style-type: none"> 電阻值之準確度皆小於$\pm 20 \text{ }\mu\Omega/\Omega$，優於規格需求(須小於$\pm 100 \text{ }\mu\Omega/\Omega$)。 具自動化介面：$\text{GPIB/IEEE-488}$。

【後續工作重點】

- 以新購的低電阻大電流電橋對系統的精密標準電阻器或直流大電流分流器進行 A 類不確定度量測與評估。
- 建立高精密低電阻電橋之大電流標準校正程序，我們規劃低電阻在執行校正時，使用兩個標準電阻器與一個待校電阻器以比較式量測法(Comparison Method)作電阻值校正，重覆量測次數規劃為 25 次。
- 針對低電阻電橋執行標準電阻器量測時所衍生之量測變異性作深入分析與評估，以完成低電阻電橋(低電阻量測範圍 $0.1 \text{ m}\Omega$ to $1 \text{ }\Omega$ ，電流量測範圍 100 A to 1000 A)之標準校正程序。

(四)、新物質量標準研究

【全程規劃目標說明】

莫耳是一個特定基本實體的物質量單位，該實體可以是一個原子、分子、離子、電子、任何其他粒子，或是該等粒子的特定群組。其大小將藉由固定亞佛加厥常數之數值等於 $6.02214076 \times 10^{23}$ ，以 SI 單位表示為 mol^{-1} 。莫耳質量在莫耳新定義實現(亦即亞佛加厥常數量測)上為四大量測參數之一，莫耳質量透過元素同位素比例量測技術得以估算，進而運用於進行參考物質的莫耳濃度量測，也因此影響各類參考物質之原級追溯標準。為了確保 SI 新單位制中物質量「莫耳」的定義可完整實現，將建置一"新物質量標準系統"，發展同位素比例量測能力，以準確量測物質莫耳質量，除可銜接 XRCD 方法進行亞佛加厥常數的量測，亦可擴充執行關鍵元素的莫耳質量量測，將莫耳質量之不確定度納入原級標準物質之濃度計算，完備驗證參考物質之追溯鏈。

新物質量系統的建立，分為二個主要項目，分別是：(1).感應耦合電漿質譜量測技術建置；(2).同位素比例量測技術建置。在有限的時間及經費規模 9,830 萬元的條件下，先以關鍵設備的建置與技術的建立為主。關鍵設備的建置與技術的引進，佔總經費的 87 %，包含購置多接收器感應耦合電漿質譜、同位素比例量測設備及高解析感應耦合電漿質譜等關鍵設備，以建置完整追溯體系，確保我國新物質量標準追溯不受新定義影響。下表 5-4-1 為新物質量標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費。

表 5-4-1、新物質量標準建置於各計畫之計畫目標與投入經費

計畫名稱	採購設備	技術研發
107 年度行政院 第二預備金	<u>共 8,565.2 萬元</u> 1.多接收器感應耦合電漿質譜 (3,100 萬元) 2.同位素比例量測設備(2,000 萬元) 3.高解析感應耦合電漿質譜 (1,800 萬元) 4.新物質量無塵實驗室(原高潔淨度環境設施)(200 萬元) 5.新物質量實驗室全自動滅火系統(原實驗室消防設施建置) (385.2 萬元) 6.新物質量實驗室空調系統(原實驗室恆溫恆濕環境建置) (1,080 萬元)	<u>共 1,264.8 萬元</u> 1.建立高濃度四甲基氫氧化銨試劑純度分析技術 2.建立高濃度硝酸試劑純度分析技術 3.建立四甲基氫氧化銨溶解矽晶體之前處理技術 4.建立質譜法自然豐度 Si 同位素稀釋量測技術 5.建立質譜法高純度 ^{28}Si 富集晶體之莫耳質量量測技術 6.建立光學法同位素比例量測技術
合計經費	8,565.2 萬元	1,264.8 萬元
	9,830 萬	

【本年度目標】

(1)感應耦合電漿質譜量測技術建置

- 高濃度四甲基氫氧化銨試劑純度分析技術。
- 高濃度硝酸試劑純度分析技術。
- 四甲基氫氧化銨溶解矽晶體之前處理技術。

(2)同位素比例量測技術建置

- 質譜法自然豐度 Si 同位素稀釋量測技術。
- 高純度 ^{28}Si 富集晶體之莫耳質量量測技術。
- 光學法同位素比例量測技術

【執行成果】

1.感應耦合電漿質譜量測技術建置

(1)高濃度四甲基氫氧化銨試劑純度分析技術

目前參考日本 NMIJ 的運作模式建置無塵室進行溶劑純度的管控與後續的純度分析。CCQM-IAWG (CCQM Working Group on Inorganic Analysis) 針對同位素比例的量測技術，建構 measurement space 的觀念，說明不同樣品條件之各量測參數的重要性，所包含的參數:原子量(Atomic number)，精密度(Precision)及純度(Purity)，如圖 5-4-1。依據此圖顯示，就矽晶塊材而言，其不純物的含量量測並不是很重要，用以進行矽晶塊材溶解的溶劑-四甲基氫氧化銨(Tetramethylazanium Hydroxide, TMAH)中的矽含量會直接影響所量測的矽同位素比例，但因 TMHA 具急毒性，純度分析不易，因此目前各國執行矽同位素比例量測的實驗室均沒有針對此溶劑進行純度分析，反之針對所使用的樣品瓶會建立嚴格的清洗程序。

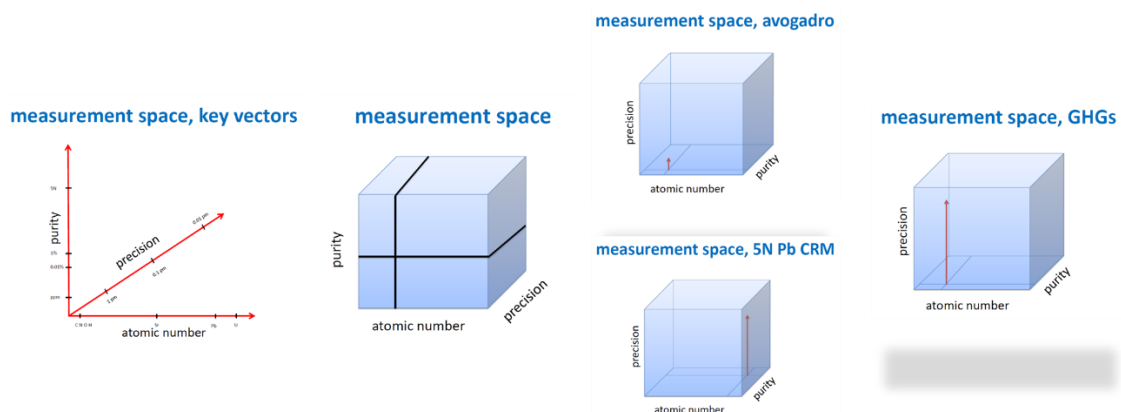


圖 5-4-1、精密度與物質純度在不同量測標的所代表的影響量示意圖

(2)高濃度硝酸試劑純度分析技術

本計畫所使用的酸性溶劑包含氫氟酸(HF)及硝酸(HNO_3)。依據 PTB 的執行方法，酸

性溶劑使用前需進行純化，PTB 使用美國化學協會標準試藥(American Chemical Society, ACS)等級硝酸與氫氟酸進行純化作業，非直接購買電子級。純化器材設置狀況如圖 5-4-2。

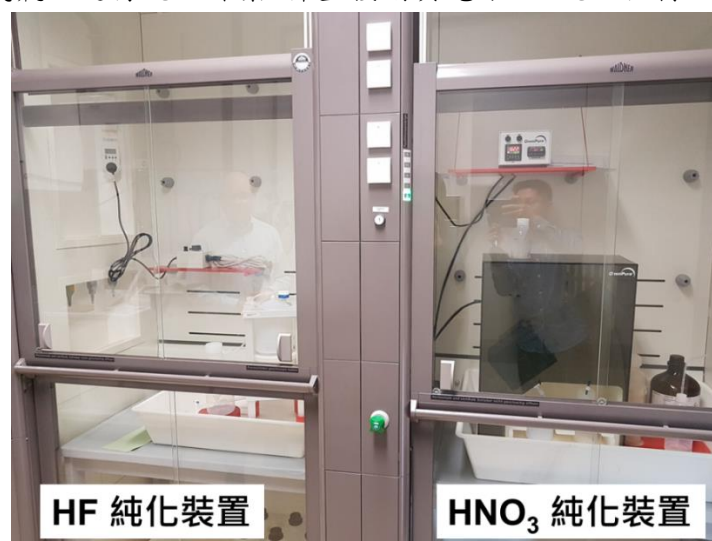


圖 5-4-2、酸性溶劑純化器材設置現況(資料來源：德國 PTB)

(3) 四甲基氫氧化銨溶解矽晶體之前處理技術

A. 四甲基氫氧化銨 TMAH 安全儲放與操作使用設施

使用的 TMAH 與相關酸液必須放置於抽氣櫃內(圖 5-4-3)，此為德國的設施設置狀況，鹼液與酸液分別放置於獨立與相互隔絕的空間，抽氣系統中安裝去除酸性氣膠或鹼性氣膠的 scrubber。臺灣的設置方式則是統一設置廢氣去除設施在建築物屋頂(沒有冬天下雪設施無法運作的問題)。

TMAH 使用的抽氣櫃可同時存放樣品(用塑膠盒)，並設置加熱式超音波震盪器用以溶解矽塊材。25 % TMAH 存放在抽氣櫃下方。清洗瓶子時會用到 shaker，清洗時液體會到 7 分滿，然後搖動一陣子後再上下顛倒瓶子後繼續搖動。使瓶蓋與瓶身都有清洗完全。進行配製前的乾淨樣品瓶是置於攝氏八十度的烘箱。



圖 5-4-3、酸性溶劑與鹼性溶劑擺放與操作設施設置現況(資料來源:德國 PTB)

B. 矽晶塊材秤重

秤矽晶塊材可使用七位數天平或是五位數天平，依據 PTB 的經驗，此並非主要不確定度貢獻來源，矽晶塊材的秤重質量約為 500 mg。但秤重時需明確記錄秤重時的環境溫度，濕度與大氣壓力，以便進行浮力效應修正。配製使用物品皆會放在靜電移除板上，並使用靜電移除噴槍去除靜電。地板使用導電地板，座椅滾輪皆用碳導電滾輪，避免靜電產生。進行樣品秤重配製時則是基於溶劑操作的安全考量使用 Nitrile 類手套。

於德國 PTB 所分析的樣品裁切自圖 5-4-5 左圖中的 N 與 Q 切塊(臺灣購買 P 位置之矽晶球)，塊材約 0.5 g。該塊材目前 PTB 以特殊鑽石刀切割，之前使用榔頭敲碎晶材)，秤重程序比照一般質量秤重常採用的 ABA 模式。



圖 5-4-4、樣品秤重區所使用樣品瓶與溶劑去除靜電設施設置現況(資料來源：德國 PTB)

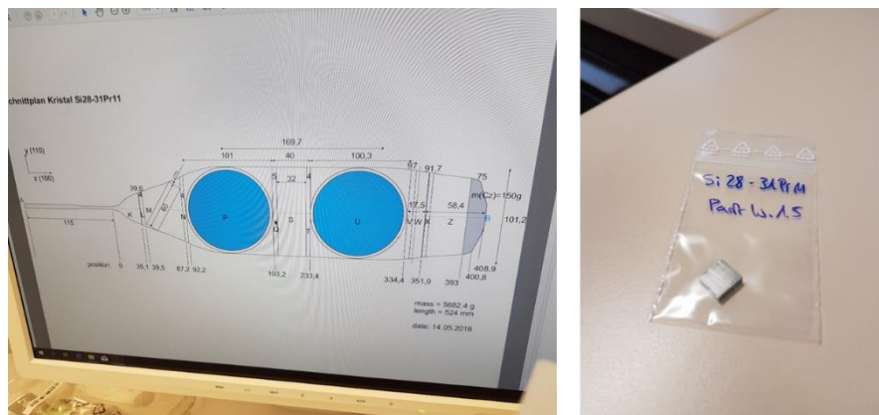


圖 5-4-5、矽晶塊材分析樣品示意圖(資料來源:德國 PTB)

矽的塊材進行秤重之前必須以如下程序進行表面有機物質的去除：清洗步驟一 Acetone (99.8 %)；清洗步驟二：Ethanol (99.9 %)；清洗步驟三：Water。其後再使用如下組成的溶液進行塊材表面二氧化矽的去除，去除方式為塊材泡在溶液後，將溶液瓶放入超音波振盪器中以攝氏 70 度進行五十分鐘的超音波震盪清洗。

(a). 0.38 g/g HF (Fluka TraceSELECT Ultra 0.49 g/g)。

- (b). 0.070 g/g H₂O₂ (Merck Ultrapur 0.31 g/g)。
- (c). 0.086 g/g HNO₃ (Merck Ultrapur 0.60 g/g)
- (d). 0.464 g/g H₂O

分析所需的塊材使用如下表 5-4-2 進行質量秤重，與標準法碼進行總計六次循環的重複測試。量測使用的是七位數天平。質量量測後的塊材是以 0.25 % 的 TMAH 進行溶解(TMAH 的取用質量約為 26 g)，溶解後再加入去離子水(silicon free)稀釋溶液至 0.06 % 進行 MC-ICP-MS 的分析(去離子水的加入質量約為 108 g)。上述說明均為估計值，在每一個塊材或是溶劑的添加步驟後，均需利用 ABA 模式進行質量的精密秤重，以評估實際在溶液中的矽材質量與溶液質量。

表 5-4-2、矽晶塊材質量量測程序記錄表(資料來源：PTB 範例檔)

weighing scheme	w/g	w _{cal} /g	T _{room} /°C	p/hPa	h	ρ _{air} /(kg/m ³)	ρ _{cal} /(kg/m ³)	ρ/(kg/m ³)	K _i	m/g	reference weighing		
											ρ _{Kal_gew} /(kg/m ³)	K _j	m _{ref} /g
P	0.4945330		21.60	1017	0.484	1.1967	8000.000	2320.071	1.00037	0.4947142			
KG		0.40001	23.10	1000	0.387	1.1713	8000.000				8000.000	1.0000	0.40001
P	0.4945334		21.60	1017	0.485	1.1967	8000.000	2320.071	1.00037	0.4947146			
KG		0.40011	23.20	1000	0.386	1.1708	8000.000				8000.000	1.0000	0.40011
P	0.4945333		21.70	1017	0.484	1.1962	8000.000	2320.071	1.00037	0.4947144			
KG		0.40004	23.10	1000	0.385	1.1713	8000.000				8000.000	1.0000	0.40004
P	0.4945332		21.70	1017	0.482	1.1963	8000.000	2320.071	1.00037	0.4947143			
KG		0.40024	23.00	1000	0.388	1.1717	8000.000				8000.000	1.0000	0.40024
P	0.4945335		21.70	1017	0.486	1.1962	8000.000	2320.071	1.00037	0.4947146			
KG		0.40012	23.10	1000	0.389	1.1712	8000.000				8000.000	1.0000	0.40012
P	0.4945333		21.60	1017	0.484	1.1967	8000.000	2320.071	1.00037	0.4947145			
KG		0.40003	22.90	1000	0.39	1.1721	8000.000				8000.000	1.0000	0.40003
mean	0.4945333		21.65000	1017.00	0.48417	1.19647	8000.000	2320.071	1.00037	0.4947144			

$m_i = K_i \cdot w_i$	$K_i = \frac{\left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{cal}}\right)}{\left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_i}\right)}$ $\rho_{air} = \frac{0.34844 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\text{hPa}} \cdot p - h \cdot \left(0.252 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{C}} \cdot T_{room} - 2.0582 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$ $273.15 + 1 / \text{C} \cdot T_{room}$
	H. Kochsiek (ed.): Handbook of weighing, Vieweg, Braunschweig 1989

用來盛裝與溶解矽晶塊材的樣品瓶需經歷十餘道清洗步驟進行無污染控制。目前日本 NMIJ 與德國 PTB 的清洗程序稍有差異，如下分別說明以利後續技術執行運用參考。

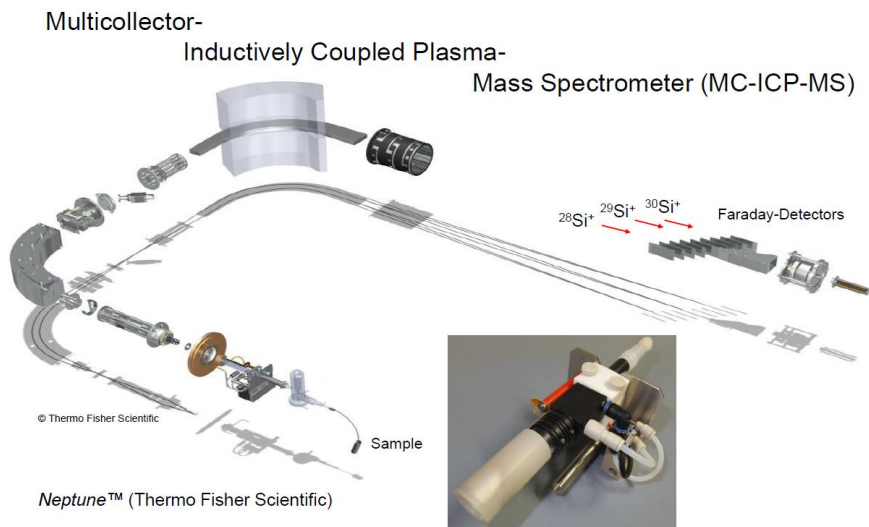
表 5-4-3、日本 NMIJ 與德國 PTB 樣品瓶清洗程序

樣品瓶清洗程序	
日本 NMIJ (在 class 1000 無塵室)	德國 PTB
(1) 10 % HNO ₃ (重量比) 24 小時	(1) 乾燥 6 小時
(2) 去離子水沖洗(DI-water rinse)	(2) 0.15% HNO ₃ (重量比) 6 小時
(3) % HF (重量比) 2 小時	(3) 去離子水(DI-water) 6 小時
(4) 去離子水沖洗(DI-water rinse)	(4) 乾燥 6 小時
(5) 0.001 % TMAH (重量比) 24 小時	(5) 10 % HF (重量比) 30 分鐘
(6) 去離子水沖洗(DI-water rinse)	(6) 去離子水(DI-water) 1 天
(7) 乾淨正壓之工作檯上乾燥	(7) 1 % TMAH (重量比) 24 小時
	(8) 去離子水(DI-water) 6 小時
	(9) Cabinet 乾燥 6 小時

2.同位素比例量測技術建置

(1)質譜法自然豐度 Si 同位素稀釋量測技術

在德國 PTB 用來分析矽同位素比例量測的儀器是多接收器感應耦合電漿質譜儀 (MC-ICP-MS)，構造主要分為進樣端、靜電分析器、磁場分析器與偵測端四大區塊(如圖 5-4-6)。MC-ICP-MS 進樣端包含霧化器、霧化室與火炬系統，透過約 8000 °C 的電漿將分析的元素進行游離，游離的元素會透過離子透鏡引入靜電分析器 (Electrostatic Analyzer, ESA)，透過電場的選擇可讓特定動量的離子通過靜電分析器，其後進入扇形磁場分析器 (Magnetic Sector)，此時具有相同動能不同質荷比(m/z)值的離子會產生不同的轉折角度，



m/z 越小的轉折角度越大，反之則轉折角度越小，最後在偵測端安裝多組法拉第杯接收離子訊號，由於法拉第杯的特性是當離子束進入法拉第杯時會產生電流，因 $V = IR$ ，安裝相同電阻，電流與電壓成正比，因此電壓強度與離子數成正比，因此透過同時分析不同法拉第杯的電壓強度值計算同位素間的比例關係。此次主要分析的樣品為矽同位素，為避免系統中矽污染物導入，所有材質需避免使用石英玻璃，如火炬需更換為藍寶石材質，霧化器與霧化室則需更換為鐵氟龍材料之製品以避免污染。

圖 5-4-6、多接收器感應耦合電漿質譜儀內部室示意圖與藍寶石火炬照片

圖 5-4-7 為放置 MC-ICP-MS 的房間，PTB 十分注意此機台的環境需求，該房間室溫控制在 $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，濕度控制為 $50\% \pm 10\%$ (圖 5-4-8 (a))，空氣經過濾處理，過濾效



率為 $0.3\ \mu\text{m}$ 顆粒能去除 99.9%，為確保室內潔淨度，室內為正壓空調，室內壓力會比室外壓力大 1 mbar 以避免粉塵吸入。MC-ICP-MS 的進樣端為避免汙染導入，增設正壓無塵操作台，使用的是不含矽之高效濾網，顆粒過濾效率為 99.9995% (圖 5-4-8 (b))。人員管控部分，進出時需更換鞋套以避免灰塵帶入操作空間(圖 5-4-8 (c))。這些所有的一切都是為了避免在實驗過程中有其他汙染源的導入，造成分析偏差。

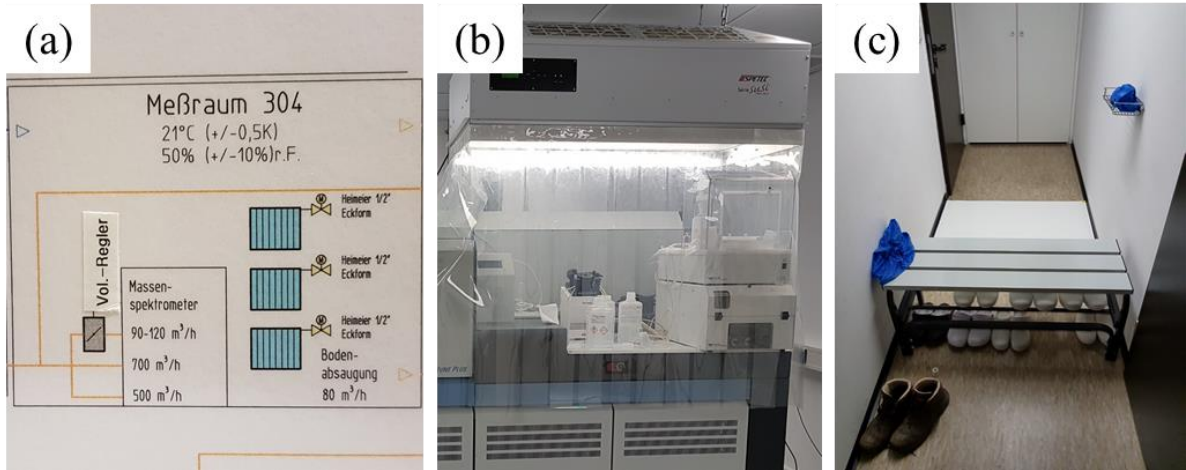


圖 5-4-7、多接收式感應耦合電漿質譜儀

圖 5-4-8、(a)實驗室溫溼度與進氣控制盤面、(b)正壓無塵操作台、(c)鞋套更換處

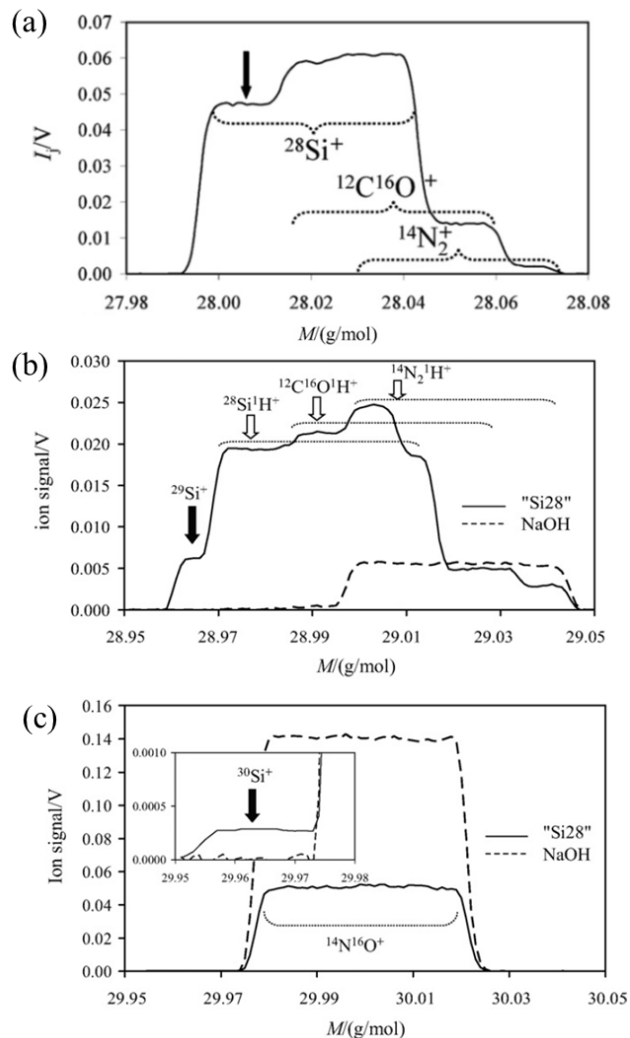


圖 5-4-9、(a) 28Si 與干擾元素 (b) 29Si 與干擾元素 (c) 30Si 與干擾元素

在進行矽同位素分析的過程中，第一步是找出真正矽的訊號，其原因是質譜儀的量測方式主要看的是質荷比，因此只要有接近的質荷比時就會造成干擾，如 $^{28}\text{Si}^+$ 會受到 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^+$ 與 $^{14}\text{N}_2^+$ 等複合離子的干擾(圖 5-4-9 (a))， $^{29}\text{Si}^+$ 則會有 $^{28}\text{Si}^1\text{H}^+$ 、 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^1\text{H}^+$ 與 $^{14}\text{N}^{21}\text{H}^+$ 的干擾(圖 5-4-9 (b))， $^{30}\text{Si}^+$ 與 $^{14}\text{N}^{16}\text{O}^+$ 的訊號非常接近(圖 5-4-9 (c))。因此提高 MC-ICP-MS 的訊號解析度與訊號判定是矽同位素分析流程的第一步，為將矽的訊號與干擾訊號進行分離，需將解析度設定為高解析度 (High Resolution)，MC-ICP-MS 的相關分析條件參數如表 5-4-4 所示。

表 5-4-4、MC-ICP-MS 操作參數

Operating Conditions (PTB)			
■ Instrument settings		■ Data acquisition	
• RF power	1200 W	• Operation mode	Static
• Coolant Ar gas flow rate	16.0 L min ⁻¹	• Cup configuration	L3 (²⁸ Si)
• Auxiliary Ar gas flow rate	0.8 L min ⁻¹		C (²⁹ Si)
• Sample Ar gas flow	1.2 L min ⁻¹		H3 (³⁰ Si)
• Additional Ar gas flow	0.02 L min ⁻¹	• Resolution M/ΔM	8000 (high resolution)
• Sampler cone (nickel)	1.1 mm	• Integration time	17 s
• Skimmer cone (nickel)	0.8 mm	• Number of integrations	1
• Lens settings	Optimized for intensity	• Number of cycles per block	3
• Torch system	Sapphire	• Number of blocks	6

由於電漿將矽同位素游離後導入取樣錐 (Sample Cone) 與削減錐 (Skimmer Cone) 時，離子本身皆帶正電，因此會產生相互排斥，輕的元素會被往外擠出，導致量測到的訊號會比真實的訊號來的低，此現象稱為空間電荷效應。

為解決此問題，需透過量測步驟求得元素比例修正項 (K factor)。K factor 的主要目的是為了將量測的同位素比例修正為真實的同位素比例一個修正項，公式如下：

$$K_2 = \frac{R_{30,29}^{\text{true}}}{R_{30,29}^{\text{meas}}} = \frac{R_{z,2}^{\text{true}}}{R_{z,2}^{\text{meas}}} = \frac{M_1 \cdot E}{M_2 \cdot D} = \frac{M_{\text{Si}29} \cdot N_2}{M_{\text{Si}30} \cdot D}$$

$$K_3 = \frac{R_{28,29}^{\text{true}}}{R_{28,29}^{\text{meas}}} = \frac{R_{z,3}^{\text{true}}}{R_{z,3}^{\text{meas}}} = \frac{M_1 \cdot E}{M_3 \cdot D} = \frac{M_{\text{Si}29} \cdot N_3}{M_{\text{Si}28} \cdot D}$$

$$D = m_{z1} m_{z2} \cdot (R_{z,2}^{\text{m}} - R_{b1,2}^{\text{m}}) \cdot (R_{b2,2}^{\text{m}} - R_{z,2}^{\text{m}}) \cdot (R_{y,2}^{\text{m}} R_{w,3}^{\text{m}} - R_{y,3}^{\text{m}} R_{w,2}^{\text{m}}) \\ + m_{z1} m_{w2} \cdot (R_{z,2}^{\text{m}} - R_{b1,2}^{\text{m}}) \cdot (R_{b2,2}^{\text{m}} - R_{w,2}^{\text{m}}) \cdot (R_{z,3}^{\text{m}} R_{y,2}^{\text{m}} - R_{z,2}^{\text{m}} R_{y,3}^{\text{m}}) \\ + m_{z2} m_{y1} \cdot (R_{y,2}^{\text{m}} - R_{b1,2}^{\text{m}}) \cdot (R_{b2,2}^{\text{m}} - R_{z,2}^{\text{m}}) \cdot (R_{z,2}^{\text{m}} R_{w,3}^{\text{m}} - R_{z,3}^{\text{m}} R_{w,2}^{\text{m}})$$

$$\begin{aligned}
N_2 &= m_{z1}m_{z2} \cdot (R_{w,3}^m - R_{y,3}^m) \cdot (R_{b1,2}^m - R_{z,2}^m) \cdot (R_{b2,2}^m - R_{z,2}^m) \\
&\quad + m_{z1}m_{w2} \cdot (R_{z,3}^m - R_{y,3}^m) \cdot (R_{b1,2}^m - R_{z,2}^m) \cdot (R_{b2,2}^m - R_{w,2}^m) \\
&\quad + m_{z2}m_{y1} \cdot (R_{w,3}^m - R_{z,3}^m) \cdot (R_{b1,2}^m - R_{y,2}^m) \cdot (R_{b2,2}^m - R_{z,2}^m) \\
N_3 &= m_{z1}m_{z2} \cdot (R_{w,2}^m - R_{y,2}^m) \cdot (R_{b1,2}^m - R_{z,2}^m) \cdot (R_{b2,2}^m - R_{z,2}^m) \\
&\quad + m_{z1}m_{w2} \cdot (R_{z,2}^m - R_{y,2}^m) \cdot (R_{b1,2}^m - R_{z,2}^m) \cdot (R_{b2,2}^m - R_{w,2}^m) \\
&\quad + m_{z2}m_{y1} \cdot (R_{w,2}^m - R_{z,2}^m) \cdot (R_{b1,2}^m - R_{y,2}^m) \cdot (R_{b2,2}^m - R_{z,2}^m)
\end{aligned}$$

由於 K_2 修正的是 $^{30}\text{Si}/^{29}\text{Si}$ ，通常量測值會大於實際值，因此 K_2 比例修正項會 < 1 ，而 K_3 修正的是 $^{28}\text{Si}/^{29}\text{Si}$ ，通常量測值會小於實際值，因此 K_3 比例修正項會 > 1 。可由此判定計算的 K 值是否有問題，在求出 K factor 後，即可針對自然豐度矽同位素進行量測並計算，其公式如下：

$$R_{30,29}^{\text{true}} = K_2 \cdot R_{30,29}^{\text{meas}}$$

$$R_{28,29}^{\text{true}} = K_3 \cdot R_{28,29}^{\text{meas}}$$

使用 MC-ICP-MS 量測自然豐度矽同位素，一次量測過程會進行 18 次重複量測以減少偏差，並同時利用三個法拉第杯(L3、C、H4)進行訊號的擷取得到矽 28、矽 29 與矽 30 的電壓值(圖 5-4-10)，因電壓強度會正比於莫耳數，將矽 30/矽 29 之電壓比乘上 K_2 等於實際矽 30/矽 29 的莫耳數比，同理可計算出矽 28/矽 29 的莫耳數比，其結果如表 5-4-5 所述。

Cycle	Time	矽28	矽29	矽30
1	14:35:53:815	2.9709337e+001	1.5639302e+000	1.0826196e+000
2	14:35:58:013	3.0437727e+001	1.6019758e+000	1.1096922e+000
3	14:36:02:210	3.0175783e+001	1.5885667e+000	1.0997620e+000
4	14:36:11:308	2.9143032e+001	1.5340546e+000	1.0622056e+000
5	14:36:15:505	2.9596578e+001	1.5580057e+000	1.0788176e+000
6	14:36:19:702	2.9495756e+001	1.5530631e+000	1.0748641e+000
7	14:36:29:309	2.9484238e+001	1.5522480e+000	1.0746851e+000
8	14:36:33:506	3.0115603e+001	1.5856297e+000	1.0977910e+000
9	14:36:37:703	2.9123230e+001	1.5332543e+000	1.0614525e+000
10	14:36:47:312	2.9455472e+001	1.5507308e+000	1.0736463e+000
11	14:36:51:509	3.0247118e+001	1.5921684e+000	1.1028215e+000
12	14:36:55:707	2.9321785e+001	1.5439880e+000	1.0681222e+000
13	14:37:05:309	2.9164158e+001	1.5353735e+000	1.0631792e+000
14	14:37:09:506	2.9088595e+001	1.5313630e+000	1.0604452e+000
15	14:37:13:703	2.9674492e+001	1.5623131e+000	1.0817428e+000
16	14:37:22:312	2.9811333e+001	1.5694424e+000	1.0867367e+000
17	14:37:26:509	2.9870871e+001	1.5725684e+000	1.0891905e+000
18	14:37:30:707	2.9423040e+001	1.5493684e+000	1.0724092e+000
***	Cup	L3	C	H4

圖 5-4-10、自然豐度矽同位素量測訊號值

表 5-4-5、天然矽同位素莫耳數比值

Quantity	Unit	valve
$R_{28,29}^{meas}$	(V/V)	18.76381071
$R_{30,29}^{meas}$	(V/V)	0.693177753
K_3	1	1.05360088
K_2	1	0.937907393
$R_{28,29}^{true}$	(mol/mol)	19.76956748
$R_{30,29}^{true}$	(mol/mol)	0.650136539

透過矽 28/矽 29 與矽 30/矽 29 的莫耳數比例關係，可計算求得矽 28、矽 29 與矽 30 的莫耳分率，將莫耳分率乘上矽同位素質原子質量，即可求得矽的莫耳質量，其結果如表 5-4-6，自然豐度矽同位素的莫耳質量為 28.0844，與文獻值天然矽莫耳質量會介於 28.084 至 28.086，結果相符合。

表 5-4-6、天然矽同位素莫耳質量

Natural Si	^{28}Si	^{29}Si	^{30}Si
isotope ratio	0.92281	0.04681	0.03038
Isotopic mass	27.9769	28.9765	29.9738
Molar mass	28.0844		

(2)光學法同位素比例量測技術

CO_2 是大氣中最重要之溫室氣體之一，總體溫室效應中二氧化碳的作用約占一半以上。自然界中碳的穩定性同位素有 2 種， ^{12}C 和 ^{13}C ，分別占到 98.89% 和 1.11%。由於氧元素存在 3 種穩定性同位素(^{16}O ， ^{17}O 和 ^{18}O)，因此， CO_2 分子存在 12 種穩定性同位素形式，分子量分佈在 44 到 49 之間而超過 99.98% 的 CO_2 分子以 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ (98.42%)， $^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ (1.09%)， $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$ (0.4%) 和 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{17}\text{O}$ (0.075%) 這 4 種同位素形式存在。本計畫針對大氣中二氧化碳濃度以及同位素比例量測執行完成以下項目：

A. 大氣基質二氧化碳標準氣體配製

大氣中二氧化碳濃度測量需要使用具追溯性的標準氣體，量測數值才具有可信度，大氣空氣主要組成成分氣體 CO_2/air 的配製方法主要根據 ISO 17034 與 ISO 6142-1 國際標準文件，配製程序依照原級參考氣體製備流程，如圖 5-4-12 所示。首先針對混合氣配

製的需求，先執行可行性確認及製程安全評估(依工研院工安部門要求執行)。製程安全評估部分需考量環境的廢氣處理設備及排氣系統是否可執行客戶需求之混合氣配製。生產方法確認是利用靜態重力法進行氣體質量充填，充填之前需進行配製氣體之充填質量的估算，再由估算結果評估不同濃度氣體之配製程序與稀釋步驟。原則上單次充填氣體質量需大於 10 g，始可稱為有效衡量，確保量測不確定度可達系統規格。此外，配合參考物質之濃度不確定度不同的規格需求，配製用物料需參照 ISO 19229 中物質純度測試程序進行純度分析；此需求應在配製生產工作執行前完成規劃，並取得符合純度規格的原物料。配製完成後的原級參考氣體依照 ISO 17034 進行濃度檢驗，並依照氣體充填量所計算之濃度 C_w 以及濃度檢驗分析數值 C_{anal} ，依照下列方程式確認收所生產的原級參考氣體是否符合規格。

$$|C_w - C_{anal}| \leq 2 \times \sqrt{u_w^2 + u_{anal}^2} \quad (5-4-1)$$

濃度驗證報告所給予原級參考氣體濃度值，是以氣體充填量所計算之濃度 C_w 加上濃度量測不確定度(U)，其中 U 是包含充填質量之量測不確定度以及濃度檢驗分析之量測不確定度。

$$U = 2 \times \sqrt{u_w^2 + u_{anal}^2} \quad (5-4-2)$$

配製用物料 CO_2 是利用氣相層析儀搭配放電離子偵測器(GC-DID)進行純度分析，層析圖譜如下所示，其中黑色為 $2 \mu\text{mol/mol}$ 標準氣體，含 H_2 、 Ar 、 O_2 、 N_2 等物種，藍色為待測 CO_2 之層析圖，藉由標準氣體與待測待測 CO_2 層析圖中相同滯留時間的層析峰面積比例，求得待測 CO_2 中不純物的濃度，如表 5-4-7 所示。

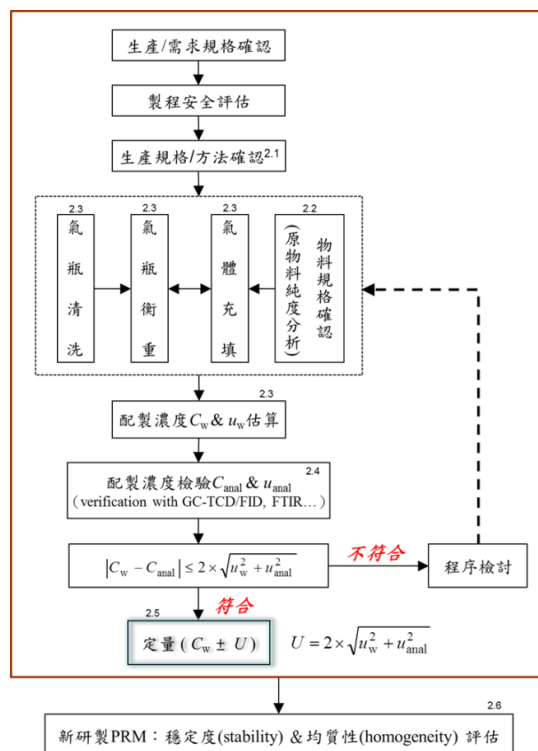


圖 5-4-11、原級參考氣體製備流程

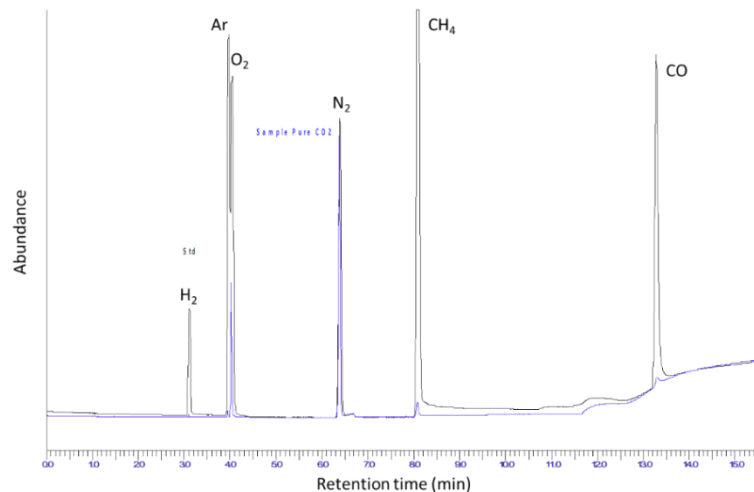


圖 5-4-12、配製用原物料 CO₂ 層析圖譜

表 5-4-7、配製用原物料 CO₂ 不純物濃度分析結果

氣體成分	濃度 ($\mu\text{mol/mol}$)	量測不確定度 ($\mu\text{mol/mol}$)
H ₂	0.009	0.006
Ar	0.010	0.001
O ₂	0.007	0.001
N ₂	0.852	0.001
CH ₄	0.017	0.001
CO	0.074	0.001

以 1 mol/mol 扣除上述 6 種氣體成分的總和濃度則為 CO₂ 之氣體純度，CO₂ 純度驗證結果如表 5-4-8 所示。最終配製濃度為 $(399.38 \pm 0.28) \mu\text{mol/mol}$ ，配製量測不確定度為 0.07 %。

表 5-4-8、配製用物料 CO₂ 純度分析結果

氣體成分	濃度 (mmol/mol)	量測不確定度 (mmol/mol)	涵蓋因子
CO ₂	999.99903	0.00002	2.00

B. 大氣二氧化碳同位素比例量測

二氧化碳(CO₂)碳同位素比值檢測的傳統方法是同位素質譜(Isotope ratio mass spectrometer, IRMS)法，同位素質譜法量測同位素的基本原理是依據分子量不同所造成的彎曲路徑不同而區分同位素分子。該方法具有較高精確度和準確度的優勢，但是該方法卻無法分辨分子量相同的異構物，比如：分子量同為 45 的 ¹³C¹⁶O₂ 和 ¹²C¹⁶O¹⁷O 將無法利用同位素質譜法進行分辨。另外，同位素質譜法檢測需要進行樣品前處理，且儀器

系統龐大、操作複雜，不適合用於即時的連續測量。光譜技術是 CO₂ 碳同位素比檢測的重要方法，檢測 CO₂ 碳同位素比的主要光譜方法有非分散紅外光譜法、雷射光譜法和傅立葉轉換紅外光譜法等。本計畫規劃利用雷射光譜法和傅立葉轉換紅外光譜法進行 CO₂ 碳同位素比例的量測。在傅立葉轉換紅外光譜法部分，採用德國 Bruker 公司的 Vertex 70v 真空型式傅立葉轉換紅外光譜儀，掃描次數為 32 次，解析度為 0.4 cm⁻¹，樣品腔選擇使用不鏽鋼內拋光型式以減少吸附效應，降低氣體殘留影響，光徑長為 10 m，樣品腔腔置於密封箱內，實驗進行時使用幫浦將密封箱內的壓力抽至低於 0.2 mbar，以確保整個光徑上沒有多餘的水氣和 CO₂ 氣體造成光譜干擾，紅外光譜儀內部示意圖如圖 5-4-14 所示。

在雷射光譜法部分，採用 LGR 所生產的偏軸集成腔輸出光譜儀(OA-ICOS)設備，LGR 於 1988 年首次開發了腔增強吸收作為超靈敏檢測方法，稱為腔衰盪光譜(CRDS)，但這種第一代技術需要對其內部光學元件進行亞奈米(sub nano meter)對準，因此生產成本較高，且可靠性以及易受振動和溫度/壓力變化影響的限制。為了克服這些缺點，LGR 開發出了第四代腔增強型雷射吸收技術 OA-ICOS，這種方法與 CRDS 方法一樣靈敏，但是對於元件的內部對準以及局部溫度和壓力的變化較不敏感。因此，OA-ICOS 也適合於偏遠地區嚴格環境條件下的使用。

待測樣品氣體由進氣口進入樣品腔，在進入樣品腔之前經過化學乾燥劑(無水過氧酸鎂)去除樣品中水氣，氣體進樣流速為 0.5 L/min，利用溫度與壓力感測器即時監測樣品腔內氣體溫度以及壓力變化，並作為定量分析的原始資料。

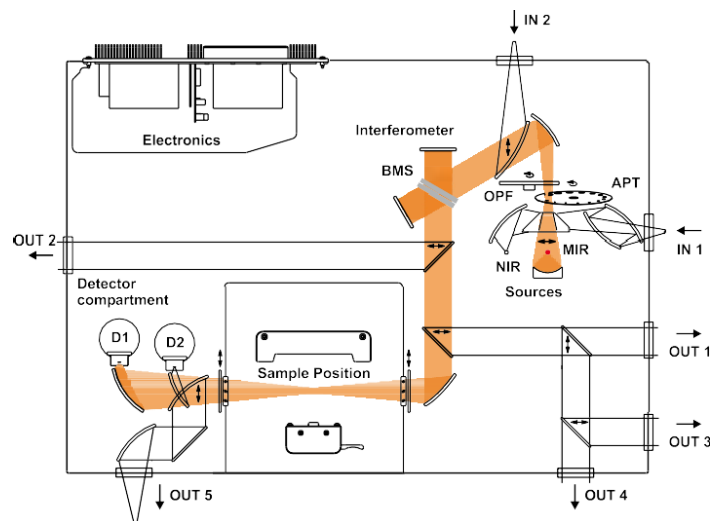


圖 5-4-13、傅立葉轉換紅外光譜儀內部示意圖

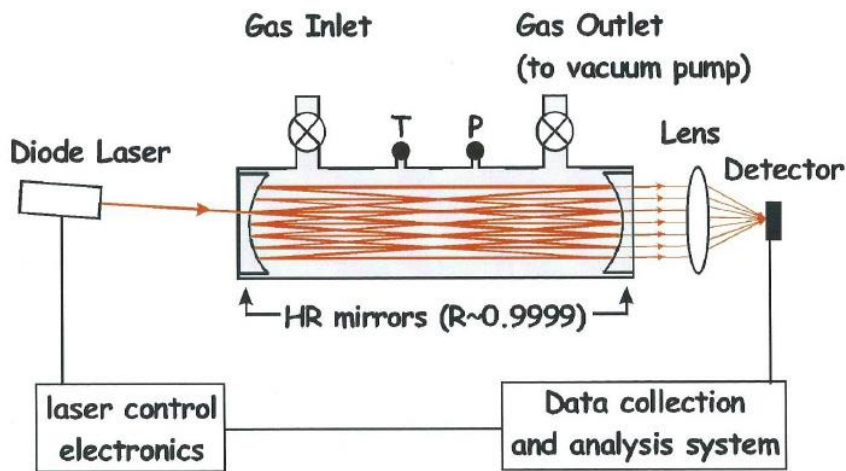


圖 5-4-14、OA-ICOS 設備內部示意圖

碳同位素比的定義在國際上通常用 $\delta^{13}\text{C}$ 來表示碳同位素比：

$$\delta^{13}\text{C} = [(R^{13}\text{sample} / R^{13}\text{standard}) - 1] \times 1000 \quad (5-4-3)$$

其中 $R^{13} = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ ， $R^{13}\text{sample}$ 表示被測樣品的 ${}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ 同位素比， $R^{13}\text{standard}$ 表示標準參考物質的 ${}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ 同位素比， $\delta^{13}\text{C}$ 的單位為‰。對於 $\delta^{13}\text{CO}_2$ 量測，實驗設備所使用的標準參考值可追溯至國際原子能機構保存在維也納的箭石屬(V-PDB)。樣品的 $\delta^{13}\text{C}$ 值大小表示該樣品中的 ${}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ 同位素比與標準參考物質的差異程度，比如 $\delta^{13}\text{C} < 0$ ，則表示樣品中 ${}^{12}\text{C}$ 所占比重高於標準物質中 ${}^{12}\text{C}$ 所占比重。在利用 OA-ICOS 測量時，主要是利用幫浦主動採集環境大氣樣品，樣品會經過一個除水裝置，該除水裝置的原理以內外管型式的 nefion 透析膜，內管通入樣品氣體，外管則是通入除水過的乾燥氣體，利用擴散交換方式，將樣品中的水氣經由 nefion 透析膜擴散至外管後去除，連續測量光譜，並同時記錄下測量光譜時的氣體溫度和壓力。之後內部程式會按照上述定量分析演算法，由測得的光譜與即時溫度壓力資料計算得到 $\delta^{13}\text{CO}_2$ 值，如圖 5-4-15。

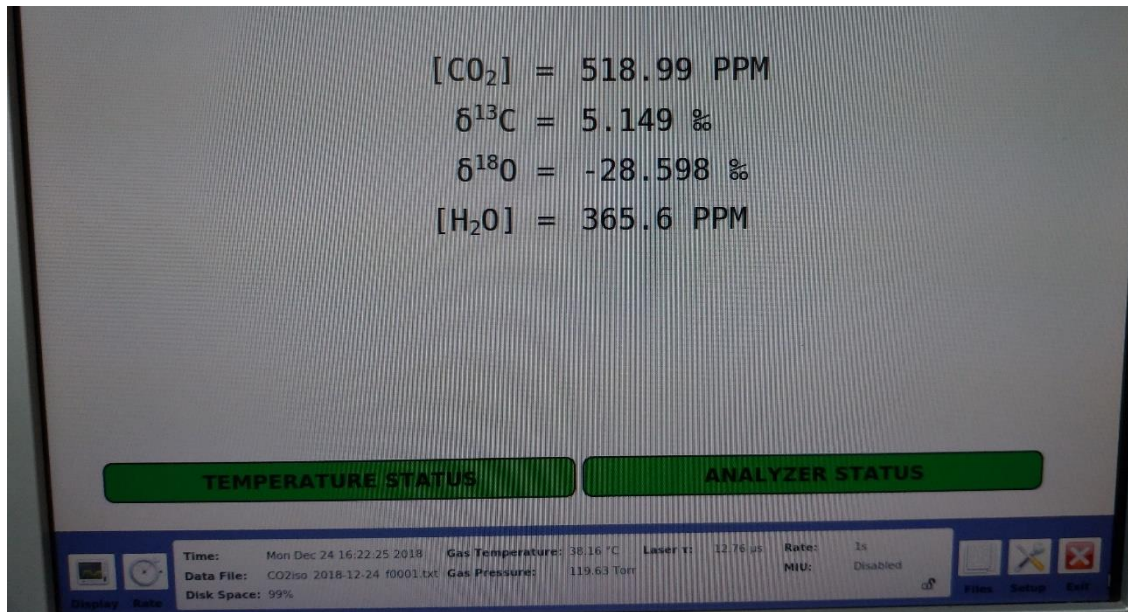


圖 5-4-15、OA-ICOS $\delta^{13}CO_2$ 量測值

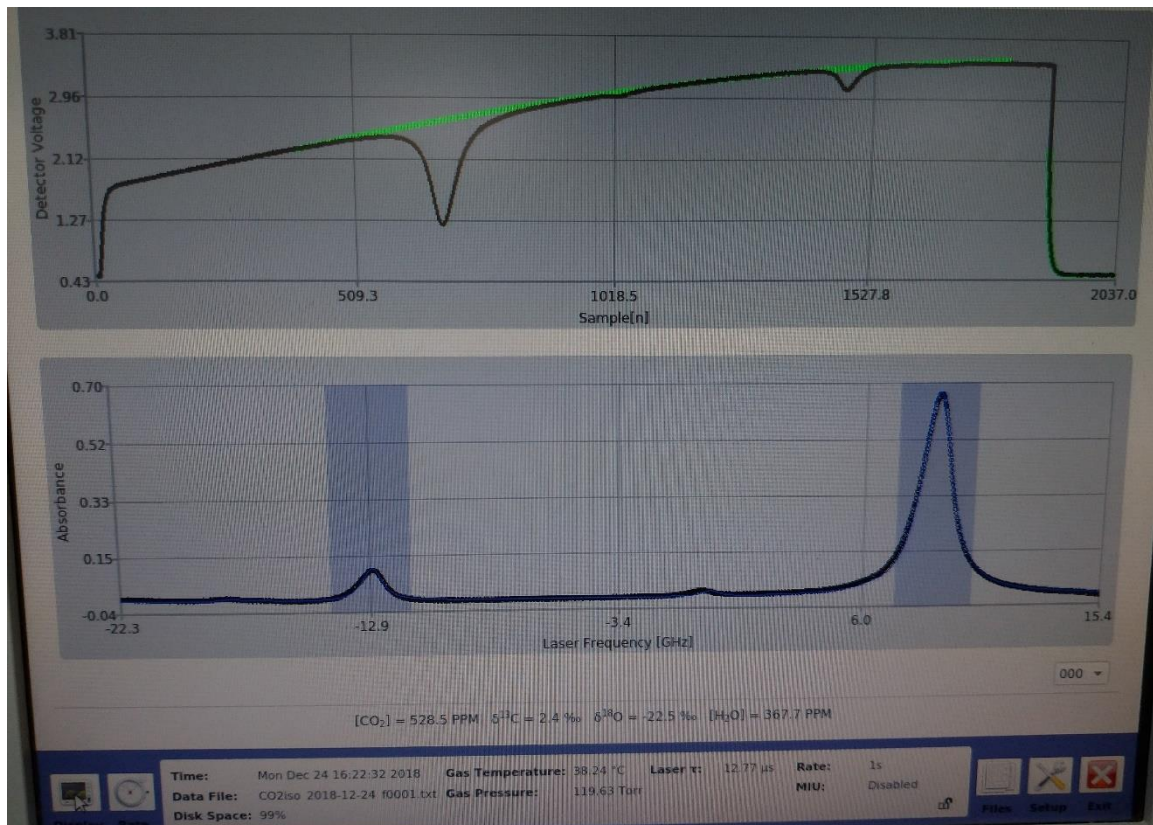


圖 5-4-16、OA-ICOS CO_2 量測雷射頻率

【設備採購說明】

單位：萬元

設備名稱	預算金額	採購金額	驗收規格	驗收結果																
多接收器感應耦合電漿質譜	3,100	3,085	<ul style="list-style-type: none"> • Vacuum System (Multicollector region): $\leq 5 \times 10^{-8}$ mbar (with ion beam)。 • 靈敏度：$^{88}\text{Sr} > 20$ V/ppm, $^{142}\text{Nd} > 10$ V/ppm, $^{178}\text{Hf} > 10$ V/ppm, $^{238}\text{U} > 40$ V/ppm • Signal Stability: $< 2\%/h$。 	<ul style="list-style-type: none"> • Vacuum System (Multicollector region): $= 4 \times 10^{-9}$ mbar (with ion beam) • 靈敏度：$^{88}\text{Sr} = 45$ V/ppm, $^{142}\text{Nd} = 17.5$ V/ppm, $^{178}\text{Hf} = 17$ V/ppm, $^{238}\text{U} = 60$ V/ppm • Signal Stability: $= 1.5\%/h$ 																
同位素比例量測設備	2,000	1,970	<ul style="list-style-type: none"> • 光譜範圍:350 cm^{-1} 至 8000 cm^{-1}，並可擴充包含遠紅外光(50 cm^{-1} 至 680 cm^{-1})及近紅外光(4000 cm^{-1} 至 12800 cm^{-1})。 • 光譜解析度:$\leq 0.2\text{ cm}^{-1}$。 • OA-ICOS CO_2 同位素分析速度:$\geq 1\text{ Hz}$。 • $\delta^{13}\text{C}$ 準確度$\leq 2.0\%$, $\delta^{18}\text{O}$ 準確度$\leq 10\%$, $^{12}\text{CO}_2$ 準確度$\leq 0.5\text{ ppm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 光譜範圍:350 cm^{-1} 至 12800 cm^{-1} (包含近、遠紅外光擴充套件) • 光譜解析度為 0.16 cm^{-1} • OA-ICOS CO_2 分析速度 1 Hz • $\delta^{13}\text{C}$ 準確度 1.5%, $\delta^{18}\text{O}$ 準確度 8%, $^{12}\text{CO}_2$ 準確度 0.4 ppm 																
高解析感應耦合電漿質譜	1,800	1,765	<ul style="list-style-type: none"> • 靈敏度：^7Li or $^9\text{Be} \geq 200$ Mcps/ppm, ^{89}Y or $^{115}\text{In} \geq 1200$ Mcps/ppm, ^{205}Tl or $^{232}\text{Th} \geq 450$ Mcps/ppm • 雜訊背景:$\leq 0.2\text{ cps}$ (amu = 9 or 238) • 氧化物離子(CeO^+/Ce^+) $\leq 3\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 靈敏度：^7Li: 338.3 Mcps/ppm, ^{89}Y: 2177.9 Mcps/ppm, ^{205}Tl: 846.6 Mcps/ppm • 雜訊背景:$= 0.0\text{ cps}$ (amu = 9 & 238) • 氧化物離子(CeO^+/Ce^+)=2.538% 																
新物質量無塵實驗室	497	497	<ul style="list-style-type: none"> • 洩漏測試: Filter 及 Frame 不得有洩漏、燈具及其他開口接縫處不得有洩漏。 <table border="1" data-bbox="619 1563 1034 1648"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>As-Built</th> <th>At-Rest</th> <th>Operation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>40~50</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • 潔淨度測試: 其粒徑 0.5μ 之粒子數(pcs /ft³)上限值須符合以下表標準: • 風速檢測: 風速 $0.40\text{ M/S} \pm 20\%$ 且誤差$\pm 20\%$。 	Class	As-Built	At-Rest	Operation	100	40~50	NA	NA	<ul style="list-style-type: none"> • 利用 Particle Counter 於 Filter 下約 50mm 處掃描測試。其結果顯示 Filter、Frame、燈具與其他接孔接縫處皆無洩漏。 • 利用 Particle Counter 於地面 120 公分高處量測粒子數。其結果如下表。 <table border="1" data-bbox="1050 1720 1465 1805"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>As-Built</th> <th>At-Rest</th> <th>Operation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>46</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • 利用風速計於每一 Filter 下方各取兩點之 20~50mm 處量測，量測值為：$0.38\text{ M/S} \pm 18\%$，且其誤差為 4%。 	Class	As-Built	At-Rest	Operation	100	46	NA	NA
Class	As-Built	At-Rest	Operation																	
100	40~50	NA	NA																	
Class	As-Built	At-Rest	Operation																	
100	46	NA	NA																	
新物質量	1,080	980	<ul style="list-style-type: none"> • 恆溫恆濕空調箱，溫溼度控 	<ul style="list-style-type: none"> • 恆溫恆濕空調箱 6 台，溫溼度 																

設備名稱	預算金額	採購金額	驗收規格	驗收結果
實驗室空調系統			制系統、熱泵主機 1 台、冷卻水塔 1 台等設置 • 冰、熱水管路及保溫材設置 • 冰水主機及備機系統管路切換系統	控制系統、熱泵主機 1 台、冷卻水塔 1 台等設置冰、熱水管路及保溫材設置冰水主機及備機系統管路切換系統 • 冰、熱水管路及保溫材設置 • 冰水主機及備機系統管路切換系統
新物質量實驗室全自動滅火系統	385.2	370	• 自動滅火系統	• 自動滅火系統

【後續工作重點】

- 完成質譜法自然豐度 Si 同位素稀釋量測技術及光學法同位素比例量測技術。
- 完成質譜法高純度 ^{28}Si 富集晶體之莫耳質量量測技術。

【分項技術成果效益】

- 發展符合 SI 單位新定義之標準，確保我國計量標準技術自主能量

1. 發展 X 光晶體密度法(矽晶球法)技術，實現以普朗克常數定義之公斤

◇ 發展整合式 X 光螢光頻譜與光電子頻譜(XRF XPS)表層質量分析技術，目前完成系統整體設計與個別次系統規格訂定與採購。XRF XPS 表層質量分析技術乃針對膜厚在 2、3 nm 之薄膜之成份與含量分析，以 XRF 頻譜所得氧元素沉積量作為參考標準，再以 XPS 頻譜評估其它元素之含量，進而計算整體表層之質量，為表層質量分析之最新發展技術。此系統完成建置後，NML 將成為亞太地區唯一具備此技術之國家計量實驗室，相關技術亦有機會應用至半導體製程之超薄膜厚度量測方面。

2. 因應國際基本單位 SI 之定義改變，建構我國新溫度計量標準技術自主能量

◇ 發展以微波共振頻率決定即時尺寸量測技術、結合微波&聲學共振頻率之聲速量測技術、因應干擾效應之共振頻率修正技術，及發展最終熱力學溫度計量技術。實現以波茲曼常數聯繫原子/量子尺度的熱能量測與巨觀尺度的熱力學溫度量測，裨以自然規則提供長期的穩定性，鞏固持續精進提昇準確度之可行性。

◇ 新溫度計量標準建置主要由聲學氣體溫度計量測系統、絕對輻射溫度計量測系統、熱電偶高溫校正系統組成，前兩套系統主要依據 MeP-K 文件建議，建立不同溫度範圍的熱力學測溫法，以修正目前 ITS-90 測溫法下所定義的不確定度，

後一套系統在於實現銀凝固點(961.78 °C)溫度以上的接觸式高溫範圍的校正。在聲學氣體溫度計量測系統方面，溫度量測範圍由-60 °C到 232 °C，量測不確定度控制於 4 mK 以內。在絕對輻射溫度計量測系統方面，溫度量測範圍由 1085 °C到 2748 °C，量測不確定度控制於 0.33 °C到 2 °C之間。在熱電偶高溫校正系統方面，溫度量測範圍由原本 961.78 °C擴充至 1492 °C，量測不確定度控制於 1.0 °C以內。總體而言，不但可解決目前國際溫標 ITS-90 以內插法導出定點值間溫度之誤差問題，更能進一步降低銀凝固點(961.78 °C)以上溫度的量測不確定度之使用需求，使不確定度比當前國際溫標低 5 至 10 倍。滿足半導體矽晶圓高溫的重要加熱製程校正、智慧型手機藍寶石長晶良率的關鍵溫度生產、航空零組件產業高溫熱處理良率等，實現和傳播高溫下的接觸式/非接觸式溫度標準，提供國內產業追溯並與國際接軌。

3. 精進新電流標準計量技術，滿足半導體、材料及能源、電機產業之校正與追溯需求
 - ◇ NML 採用新世代免液氦量化霍爾電阻原級標準系統(不確定度 $< 6 \times 10^{-8} \Omega/\Omega$)，並將量化霍爾電阻標準傳遞至低電阻與高電阻標準，再搭配高準確度之約瑟夫森電壓標準系統，以導出符合新定義之電流標準。不但能滿足半導體、材料、通訊等產業於製程或產品特性檢測常用的微電流標準(10^{-12} A 等級)，以及能源、電機產業之大電流(100 A 以上)標準等需求，更可使我國電流標準之準確度及量測範圍(最大量測電流可提升至 1000 A)於新定義實施後與國際一致。
4. 精進標準氣體配製技術，擴增同位素計量能力，滿足環境變遷等議題之量測需求
 - ◇ 建立大氣二氧化碳加壓採樣技術，以利利用既有分析系統與新採購之光學儀器進行二氧化碳濃度計量與同位素比例量測。
 - ◇ 建立二氧化碳同位素量測技術後，未來持續與環保署相關溫室氣體監測技術單位進行技術交流，藉以仿效 CCQM-GAWG 與 WMO 合作模式，傳遞計量觀念於國內環境變遷研究機構。
5. 新建同位素比例量測技術，擴增金屬元素分析之微污染控制與量測技術
 - ◇ 搭配無塵室之建置與微污染控制技術，建立氣體與溶劑中微量金屬元素分析技術輔助臺灣電子科技產業發展。
 - ◇ 與國際同步精進同位素稀釋法，建立同位素比例計量技術，在沒有參考物質的條件下，利用 VE method 方法作為原級標準的實現方法，降低同位素量測不確定度，使相關標準傳遞達國際等同。

【分項結論】：

四項新標準系統之硬體建置將於 108 年 6 月以前完成，但後續各系統仍需進行系統評估、查驗及國際比對等工作後方可對外開放服務，如圖 5-4-18。在新質量部分，整體將完成 3 套系統之更新，包括公斤質量量測系統(M02)、小質量量測系統(M01)及真空比

較校正系統(L01)，各系統之評估及查驗時程預估時間為 1~1.5 年，並規劃參加兩項國際比對，確保量測系統之能力與全球量測能力一致。為配合引用新技術實現新質量標準，參考新質量標準實施後之校正追溯練(至客戶端)，前述三套系統更新後之規格及系統。在新溫度部分，整體將完成 1 套系統(T05 白金電阻溫度計定點量測系統)之更新及 2 套系統(T01 輻射溫度計量測系統、T03 熱電偶溫度計量測系統)之擴建，各系統之評估及查驗時程預估時間為 1~1.5 年，並規劃參加三項國際比對，確保在量測能力擴充的範圍內與全球量測能力一致。此三套系統主要係配合新溫度標準量測方法的更新，進行系統能量之擴充。在新電流部分新電流標準建置整體將完成 3 套系統之更新，包括 E24 量化霍爾電阻量測系統、E13 直流電阻量測系統及 E14 直流高電阻量測系統，各系統之評估及查驗時程預估時間為 0.5 年~1 年，並規劃參加雙邊國際比對，以確保量測系統之能力與全球量測能力一致。在新物質部分，主要工作即是將完成 1 套系統之新建，新增“同位素標準品”之服務，關鍵技術目標為建立質譜法高純度 ^{28}Si 富集晶體之莫耳質量量測技術，其不確定度 $< 10^{-7}$ 。系統之評估及查驗時程預估時間為 1.5 年，並規劃於完成系統評估後，參加雙邊國際比對。

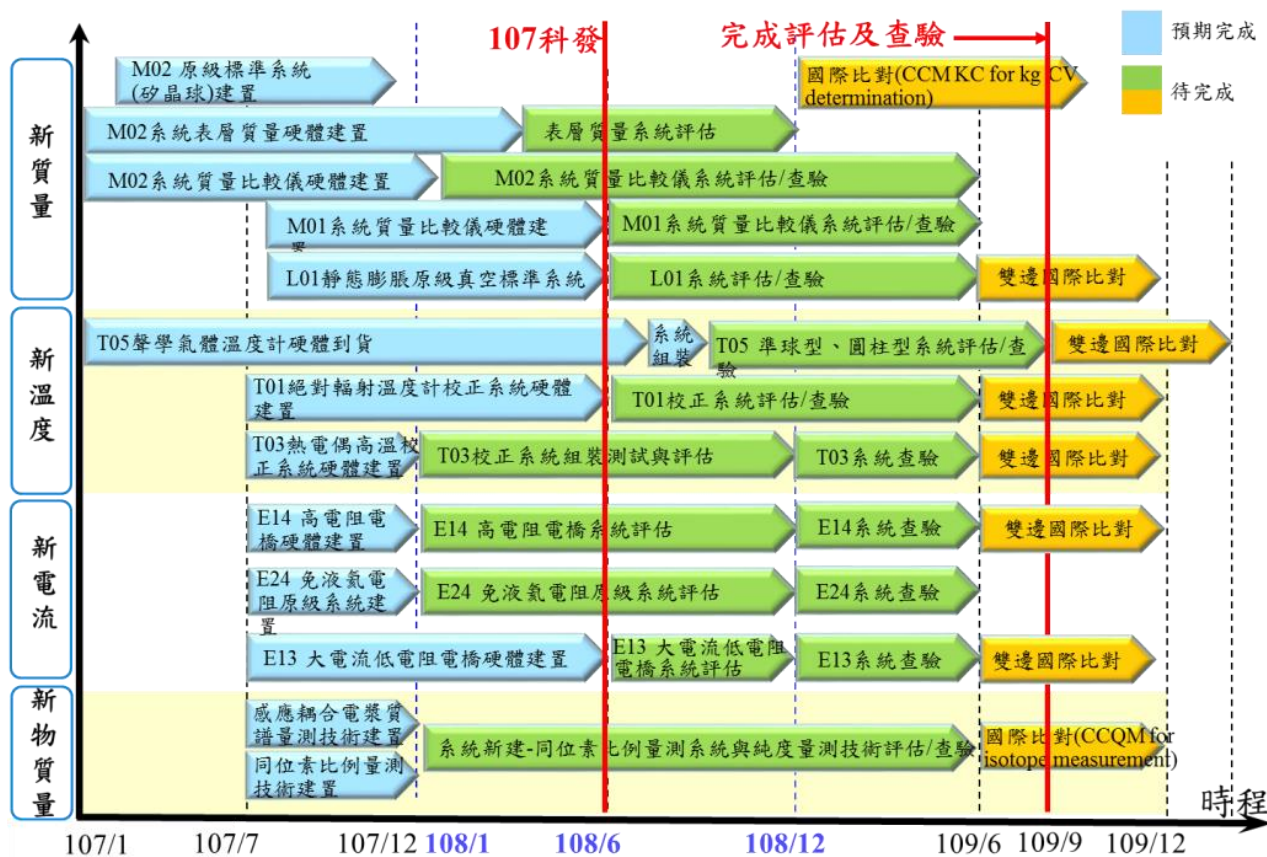


圖 5-4-17、四項新標準系統後續系統評估/查驗及國際比對時程

- 新質量標準之及時建置，將可持續維持我國已登錄於國際度量衡局校正與量測能量 (CMC)資料庫中 28 項與質量相關之國家量測標準有效性，確保國家自主計量標準。

- 新溫度標準之建置，不但可解決目前國際溫標 ITS-90 以內插法導出定點值間溫度之誤差問題，更能進一步降低銅凝固點(1084.62 °C)以上溫度的量測不確定度之使用需求，使不確定度比當前國際溫標低 5 至 10 倍，滿足長期以來在半導體矽晶圓 1415 °C 的重要加熱製程校正、智慧型手機藍寶石螢幕所需的 2100 °C 長晶良率關鍵溫度生產、航空零組件產業高溫真空爐溫控與渦輪葉片新型合金熱處理良率在 1300 °C 至 1400 °C 之低不確定度 1 °C 內之要求，以及工具機產業中成型刀具的 2100 °C 高溫燒結之品質控制等。實現和傳播高溫下的接觸式/非接觸式溫度標準，提供國內產業追溯並與國際接軌。同時，新溫度標準之建置亦能維持溫度相關之國際度量衡局校正與量測能力(CMC)資料庫中 40 項標準的有效性，確保國家計量標準的最高追溯標準、協助強化產業的競爭力並降低產業外銷的貿易障礙。
- 透過 NML 建立免液氦量霍爾電阻原級標準系統及其應用於微電流與大電流標準之高電阻電橋系統與低電阻電橋系統的相關校正技術並完成系統不確定度評估，搭配高準確度之約瑟夫森電壓原級標準，可建立完整且符合半導體、材料、通訊、能源、電機等產業於製程或產品特性檢測需求並與新定義接軌之電流標準，使我國電流標準之準確度及量測範圍於新定義實施後與國際一致。
- 建置發展同位素比例量測能力，以準確量測物質莫耳質量，除可銜接 XRCD 方法進行亞佛加厥常數的量測，亦可擴充執行關鍵元素的莫耳質量量測，完備驗證參考物質之追溯鏈。穩定同位素比例量測系統主要為進行物料鑑識，在本計畫因同位素樣品處理亦同時建立氣體純度分析技術與溶劑純度分析技術，其產業應用以半導體產業而言，所使用的電子級材料與特殊氣體均需要進行 ppb 至 ppt 等級的不純物分析，並同時包含氣狀不純物及粒狀物金屬元素的分析。此類技術目前已有多家氣體廠(如：夫翔氣體、林德聯華等)與電子級試劑廠(如：宏廣新技、臺灣德亞瑪等)與 NML 洽談技術運用，此外在行政院環境保護署正在執行的新世代空氣品質監測設備汰換更新計畫中，均使用 NML 所建置之純度鑑識技術進行儀器的性能驗證規劃，可見於 SI 計畫所進行的技術持續深化，可強化且拓展計量標準與產業及環保政策的連結。

附 件

附件一、計畫購置儀器設備彙總表.....	297
附件二、出國暨赴陸會議人員一覽表.....	300
附件三、專利成果一覽表.....	305
附件四、技術/專利應用一覽表.....	306
附件五、論文一覽表.....	308
附件六、技術報告一覽表.....	315
附件七、研討會/技術推廣說明會/訓練課程一覽表	322
附件八、國家度量衡標準實驗室校正服務成果統計表.....	324
附件九、研究成果統計表.....	325
附件十、107 年度國家度量衡標準實驗室大事紀要(分類排序).....	326
附件十一、名詞索引表.....	330
附件十二、107 年度結案審查委員意見回覆表.....	335
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.....	342
附件十四、國家度量衡標準實驗室標準系統整合評估說明.....	383

附件一、計畫購置儀器設備彙總表

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	優先 順序	儀器廠牌及型號
1	1000 kg 質量比較儀 (1000 kg Mass Measurement System)	工研院量測中心	1	1	5,397,000	1	Mettler Toledo/XPE1003KMC
2	超高真空系統 (Ultra-High Vacuum System)	工研院量測中心	1	1	5,900,000	1	笙瑞科技/組裝
3	超高真空相容五軸矽晶球調整座 (Ultra-High Vacuum Compactable Five-axis Manipulator for Silicon Sphere)	工研院量測中心	1	1	5,405,468	1	Technische Beratung / 組裝
4	吸附效應參考法碼組 (Sorption artefacts.)	工研院量測中心	1	1	4,835,000	1	Häfner/組裝
5	準球型共振腔 (AGT resonant)	工研院量測中心	1	1	4,660,600	1	NPL//組裝
6	一公斤質量比較儀全自動量測系統 (1 kg Mass Comparator Fully Automated Measurement System)	工研院量測中心	1	1	15,000,000	1	Sartorius/CCR10-1000
7	一百克質量比較儀全自動量測系統 (100 g Mass Comparator Fully Automated Measurement System)	工研院量測中心	1	1	29,800,000	1	Mettler Toledo/a107XL
8	十克質量比較儀全自動量測系統 (10 g Mass Comparator Fully Automated Measurement System)	工研院量測中心	1	1	15,900,000	1	Mettler Toledo/a10XL
9	靜態膨脹真空原級標準系統 (Static expansion primary)	工研院量測中心	1	1	25,000,000	1	笙瑞科技/組裝

編號	儀器名稱 (英文名稱)	使用 單位	單位	數量	單 價	優先 順序	儀器廠牌及型號
	vacuum standard system)						
10	新質量實驗室空調系統 (New mass laboratory air conditioning system)	工研院量 測中心	1	1	2,390,000	1	捷鴻 /JAUA0806H4A54LJ0
11	熱電偶高溫校正系統設備 (High-temperature Calibration System of Thermocouples)	工研院量 測中心	1	1	20,800,000	1	NPL/組裝
12	輻射超高溫校正系統設備 (Ultra High-temperature Calibration System of Radiation Thermometers)	工研院量 測中心	1	1	13,400,000	1	LUMASENSE/M390S
13	免液氦量化霍爾電阻系統 (Liquid-Helium-Free Cryocooler System for Quantum Hall Resistance System)	工研院量 測中心	1	1	7,492,515	1	Cryogenic/ CFMS-14T-30-H3
14	高精度多通道高阻電橋 (High-precision multi-channel high-resistance bridge)	工研院量 測中心	1	1	4,448,000	1	MI/6600A
15	精密標準電阻器及其恆溫 儲存槽(Precision standard resistor and its constant temperature storage tank)	工研院量 測中心	1	1	2,390,000	1	MI/9400
16	精密電阻校正器 (Precision resistance calibrator)	工研院量 測中心	1	1	3,280,000	1	Fluke/5730A
17	多接收器感應耦合電漿質 譜 (Multi-Collector ICP Mass Spectrometer)	工研院量 測中心	1	1	30,850,000	1	Thermo Fisher Scientific/Neptune plus
18	同位素比例量測設備 (Isotope ratio mass spectrometer)	工研院量 測中心	1	1	19,700,000	1	BRUKER/VERTEX 70V
19	高解析感應耦合電漿質譜 (High resolution ICP mass spectrometer)	工研院量 測中心	1	1	17,650,000	1	Agilent/ 8900

編號	儀器名稱 (英文名稱)	使用 單位	單位	數量	單 價	優先 順序	儀器廠牌及型號
	spectrometer)						
20	新物質量無塵實驗室 (New amount of substance clean laboratory)	工研院量 測中心	1	1	4,920,000	1	瑞立亞/組裝
21	新物質量實驗室空調系統 (New amount of substance laboratory air conditioning system)	工研院量 測中心	1	1	9,800,000	1	力菱/CHWL24-020P
22	新物質量實驗室全自動滅 火系統 (New amount of substance laboratory automatic fire extinguishing system)	工研院量 測中心	1	1	3,700,000	1	SECOM/TO-M0060

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。*惟運用行政院二備金款項(第 6~22 項)之 SI 新標準系統建置分項，不受限於前述之編列原則。

附件二、出國暨赴陸會議人員一覽表

短期訓練

計畫書項次	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
27(1)	參加 1.質量及相關量諮詢委員會流量工作小組(CCM-WGFF)會議 2.流體流量量測國際研討會(ISFFM)	墨西哥/科羅特洛	2018.03.17~03.26 / 10 天	楊正財	流量領域計量技術發展規劃	與 WGFF 各國成員代表互動，持續建立與強化彼此關係，並增加國際能見度。
27(2)	參加 1. 質量及相關量諮詢委員會流量工作小組(CCM-WGFF)會議 2. 流體流量量測國際研討會(ISFFM)	墨西哥/科羅特洛	2018.03.17~03.26 / 10 天	江俊霖	流量系統負責人	發表論文，分享 NML 研究成果、技術交流。
9	參加 1.質量及相關量諮詢委員會流量工作小組(CCM-WGFF)會議 2.流體流量量測國際研討會(ISFFM)3.拜訪鳳凰城 FlowMD 公司	墨西哥/科羅特洛	2018.03.17~03.28 / 12 天	蕭俊豪	流量領域計量技術發展規劃	代表 NML 參加 CCM-WGFF 會議及發表論文，瞭解各國家實驗室在流量領域的發展現況。
35(1)	全球計量學院(Global Metrology Academy, GMA)- 光量及光輻射計量課程	韓國/大田市	2018.03.25 ~ 04.06 / 13 天	蕭金釵	光輻射系統負責人	蒐集光輻射相關計量標準追溯之設備與標準技術。
28(1)	參加 CCQM 氣體分析及拜訪德國 PTB、荷蘭 VSL 實驗室	法國/塞伏爾、德國/布倫瑞克、荷蘭/戴夫特	2018.04.14~04.25 / 12 天	林采吟	化學領域計量技術發展規劃	瞭解國際標準發展現況、系統量測能力評估與宣告方法、國際比對計畫，強化人脈連結，洽談技術合作。
受邀	受邀參加研討會，由德國 Sartorius 公司與 Ilmenau 科技大學聯合舉辦的質量計量研討會。	德國/哥廷根	2018.05.13~05.19/7 天	陳思絮	質量領域新 SI 計量技術研究	瞭解公斤重新定義相關的原理、技術以及實施方法，助於落實質量的重新定義。
5	參加 Euspen 2018 國際研討會、訓練課程、企業參訪活動。及參訪義大利國家實驗室 INRIM。	義大利/杜林、威尼斯	2018.05.30 ~ 06.10 / 12 天	陳文仁	長度力質量領域規劃與推廣	蒐集量測設備、量測技術發展趨勢與長度領域量測技術布局，作為推動精密量測標準、技術參考。
30	參加 Euspen 2018 國際研討會發表論文及參與訓練課程、企業參訪活動、參訪義大利國家實驗室 INRIM。	義大利/杜林、威尼斯	2018.05.30 ~ 06.10 / 12 天	何炳林	長度領域技術開發	發表論文並蒐集幾何尺寸量測及自由曲面量測等長度領域技術發展資訊。
3	參加 New SI Symposium 參加國際 SI 單位新定義研討會及泰國國家計量研究院 20 週年慶特展	泰國/曼谷	2018.06.05 ~ 06.09 / 5 天	彭國勝	發展策略規劃	與國際計量組織出席人員交流 SI 單位新定義之國際動態資訊。
8	參加國際度量衡局(BIPM)長度諮詢委員(CCL)會議及工作小組會議	法國/塞伏爾(Sèvres)	2018.06.09~2018.06.17/9 天	傅尉恩	工業分項計畫主持人	瞭解國際間長度計量領域關鍵比對、量測與校正能量(CMC)等相互認可技術活動與未來趨勢。
35(2)	參加全球計量學院(Global Metrology Academy, GMA)氣體分析	韓國/大田市	2018.06.15 ~ 06.28 / 14 天	劉李牧心	化學領域技術開發	蒐集氣體分析計量標準追溯之設備與技術發展資

計畫書 項次	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
	計量課程					訊，以為未來系統精進之參考。
17(1)	參加光度與光輻射諮詢委員會工作小組(CCPR WG)會議	法國/塞伏爾	2018.07.01 ~ 07.06 / 6 天	吳貴能	光輻射領域技術規劃	以觀察員身分與會及與各會員國代表互動，維持NML之國際能見度。
10(1)	參加 2018 亞太計量組織年中會議及相關活動	中國大陸/香港	2018.07.02~ 07.07/6 天	藍玉屏	協同計畫主持人	APMP 執行委員身分，出席 APMP 執行委員會會議並參與 APMP 決策。
11	參加 2018 亞太計量組織年中會議及相關活動	中國大陸/香港	2018.07.03~ 07.06/6 天	黃宇中	代表 NML 擔任 TCAUV 主席	以委員會主席身分與會，了解 APMP 決策，同時與亞太其他國家交流互動。
29	參加 CPEM 2018 研討會發表論文、衛星會議與參觀實驗室	法國/巴黎	2018.07.04~ 07.15/12 天	陳生瑞	力質量系統負責人及領域規劃	論文發表並以委員會主席身分與會，瞭解各國 SI 重新定義之發展。
1(1)	參加 2018 精密電磁量測(CPEM)研討會及其參訪活動	法國/巴黎	2018.07.07~ 07.15/9 天	林增耀	計畫主持人	與各國家標準實驗室主管進行技術交流與建立關係，尋求合作之機會。
4(1)	參加 2018 精密電磁量測(CPEM)研討會及其參訪活動	法國/巴黎	2018.07.07~ 07.15/9 天	許俊明	科學計量分項主持人	蒐集精密電子與電磁計量技術資訊及發展趨勢，助於未來規劃。
4(2)	參加 2018 精密電磁量測(CPEM)研討會發表論文及其參訪活動	法國/巴黎	2018.07.07~ 07.15/9 天	陳士芳	電磁領域發展規劃	展現我國可編輯式約瑟夫森電壓標準與校正技術能量及前瞻研究成果。
受邀	受邀至 NMIJ 光量實驗室擔任第三者認證之技術評審。	日本	2018.07.22~ 07.27/6 天	吳貴能	光輻射領域技術規劃	技術能力受肯定，受邀同儕評鑑，提升 NML 形象。
受邀	受邀擔任印尼 RCM-LIPI 振動實驗室同儕評鑑	印尼	2018.07.30~ 08.03	涂聰賢	振動聲量領域技術規劃	技術能力受肯定，受邀同儕評鑑，提升 NML 形象。
31	參加美國化學學會全國會議暨論文發表	美國/波士頓	2018.08.17 - 08.25/9 天	劉益宏	化學系統負責人及技術研發	發表論文及經驗交流，增長分析領域新知，增加 NML 的能見度
26	參加國際噪音控制工程研討會 (Inter-Noise 2018)及拜訪 MOOG 及 TMS 公司	美國/水牛城、辛辛那提、芝加哥	2018.08.21 ~08.31/ 11 天	涂聰賢	聲音/振動領域規劃	瞭解國際間振動噪音量測控制技術之發展、與國際間相關之專家交流聯繫。
1(2)	參加 2018 年美國國家標準實驗室大會國際研討會(NCSLI 2018)暨論文發表會	美國/波特蘭	2018.08.24 ~ 09.01/9 天	洪辰昀	品質管理	論文發表及參加訓練課程，掌握符合性聲明之決定規則，強化品質管理。
受邀	受邀擔任日本 NMIJ 振動實驗室同儕評鑑	日本	2018.08.27~ 08.31	黃宇中	振動聲量領域技術規劃	技術能力受肯定，受邀同儕評鑑，提升 NML 形象。
7(1)	以主席身分出席並主持 APMP 醫學計量焦點工作組(MMFG)焦點工作組促進合作計畫(FGI)計畫啟動會議及實驗室參觀	韓國/大田	2018.09.05-09.08/4 天	陳生瑞	質量領域新 SI 計量技術規劃	討論 FGI 計畫之執行草案與未來規劃。

計畫書 項次	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
32	參加尖端光學及雷射科學(FIO+LS)研討會及發表論文	美國/華盛頓特區	2018.09.14-09.22/9 天	莊宜蓁	光量與頻率計量研究	宣傳所發展之全保偏光纖雷射技術及各領域專家、學者們交流及討論。
25	參加兩岸計量研討會發表論文並拜訪中國計量研究院	中國大陸/長春、北京	2018.09.15 - 09.21/7 天	徐瑋宏	SI 新溫度計量技術研究	發表溫度領域研究成果，及進行溫度計量技術討論及國際比對量測
28(2)	參加 CCQM-IAWG 無機分析工作小組會議及與與會專家洽談技術合作	加拿大/渥太華	2018.09.29 - 10.07 / 9 天	林采吟	化學領域計量技術發展規劃	瞭解無機計量領域的發展現況、系統量測能力評估及國際比對計畫
13	參加第 53 屆國際法定計量委員會 (CIML) 會議及相關會議	德國/漢堡	2018.10.06 - 10.14 / 9 天	楊正財	法定計量分項主持人	瞭解國際法定度量衡局年度工作、國際建議規範的修訂進度、項目提議，及各法定計量項目的國際性調和
36	德國 PTB 進行「同位素比例量測標準技術」合作研究	德國/布朗斯威克	2018.10.30-11.18 / 20 天	劉益宏	SI 新物質計量技術研發	瞭解並熟悉同位素量測及評估程序，增加同位素量測能力。
24(1)	參加 ITRI-CSIR Seminar、拜訪印度科技部、科技部科學及工業研究委員會及相關單位。	印度/新德里	2018.10.30-11.04 / 6 天	彭國勝	新 SI 計量技術 規 劃 及 NML 業務推廣	配合政府新南向政策，了解印度研發現況與產業科技合作需求，開拓印度商機。
12	參加 APLMF 年會及工作小組相關會議	紐西蘭/基督城、新加坡	2018.11.05 ~11.11/ 7 天	洪溱川	壓力系統負責人及壓力計量領域技術開發	蒐集最新法定計量法規制定方向，協助主管機關主導之醫療器材工作小組展現工作成果。
2(1)	參訪國際度量衡局(BIPM)及參加第 26 屆國際度量衡大會(CGPM)及相關活動	法國/賽伏爾、凡爾賽	2018.11.10-11.18/9 天	林增耀	計畫主持人	瞭解國際度量衡局及計量相關國際組織合作發展現況，建立國際互動關係。
2(2)	參訪國際度量衡局(BIPM)及參加第 26 屆國際度量衡大會(CGPM)及相關活動	法國/賽伏爾、凡爾賽	2018.11.10-11.18/9 天	藍玉屏	協同計畫主持人	瞭解各計量技術領域的進展與策略及國際度量衡局未來工作計畫。
受邀	受邀至日本 NMIJ 溫度實驗室擔任同儕評鑑之技術評審	日本	2018.11.12-11.16/5 天	蔡淑妃	溫度領域研發規劃	技術能力受肯定，受邀同儕評鑑，提升 NML 形象。
7(2)	參加 APMP 2018 年會(含會員大會(GA)、技術研討會(TC workshop)及會議、綜合技術研討會及國家計量機構負責人會議等)，拜訪新加坡科技研究局、南洋理工大學及博通(Broadcom)公司	新加坡	2018.11.20-11.29/10 天	林增耀	計畫主持人	與各會員國代表進行會務討論、建立關係強化與亞太各國計量合作。
14	參加 APMP 2018 電磁技術委員會 (TCEM) 會議、TCEM 技術研討會及綜合技術研討會等。	新加坡	2018.11.22-11.29/8 天	陳士芳	電量等校正與量測技術室主任	與亞太各國電量領域實驗室主管及專家交流，並瞭解計量標準發展現況。

計畫書 項次	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
15	參加 APMP 2018 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。	新加坡	2018.11.22-1 1.29/8 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。
16(2)	參加 APMP 2018 聲量/超音波/振動 技術委員(TCAUV) 技術研討會、 TCAUV 會議及綜合技術研討會等。	新加坡	2018.11.22-1 1.29/8 天	涂聰賢	聲音/超音波/ 振動領域技術 規劃	蒐集、交流聲音/超音波/ 振動(AUV)領域之研究技 術，與亞太地區專家進行 經驗分享。
17(2)	參加 APMP 2018 光度與光輻射技術 委員(TCPR)會議、TCPR 研討會及 綜合技術研討會等	新加坡	2018.11.22-1 1.29/8 天	莊宜蓁	光量領域研發	蒐集技術發展、討論光輻 射國際比對及技術資訊交 流，維持國際等同。
18	參加 APMP 2018 溫度技術委員 (TCT)會議、TCT 研討會及綜合技術 研討會等	新加坡	2018.11.22-1 1.29/8 天	葉建志	溫濕度領域發 展規劃	與亞太各國溫濕度領域實 驗室主管及專家交流，瞭 解技術發展現況。
21	參加 APMP 2018 流量技術委員 (TCFF)會議及綜合技術研討會等。	新加坡	2018.11.22-1 1.29/8 天	江俊霖	流量領域發展 規劃	蒐集、交流流量領域計量 技術發展、討論國際比 對，維持國際等同。
23	參加質量計量技術委員(TCM)會 議、材料計量技術委員(TCMM)會 議、TCMM 研討會及綜合技術研討 會等。	新加坡	2018.11.22-1 1.29/8 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，討論材 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。
24(2)	參加質量計量技術委員(TCM)會 議、材料計量技術委員(TCMM)會 議、TCMM 研討會及綜合技術研討 會等。	新加坡	2018.11.22-1 1.29/8 天	何柏青	奈米、材料技 術領域發展規 劃	瞭解亞太奈米、材料技術 發展及規劃，並與專家進 行 X 光計量與奈米粒子尺 寸量測技術交流。
16(1)	參加 APMP 2018 會員大會(GA)、聲 量/超音波/振動技術委員(TCAUV) 會議及綜合技術研討會等。	新加坡	2018.11.22-1 1.30/9 天	黃宇中	聲音/振動領 域技術規劃	以 TCAUV 主席身分參 加，討論國際比對進度， 協助亞太地區計量技術交 流與合作。
20	參加 APMP 2018 會員大會(GA)，主 持醫學計量工作組會議及研討會、 TCM 會議及綜合技術研討會等。	新加坡	2018.11.22-1 1.30/9 天	陳生瑞	系統負責人及 質/力領域發 展規劃	擔任 APMP 技術委員及焦 點工作組主席，協助亞太 地區計量事務之推動。
19	參加 APMP 2018 品質系統技術委員 (TCQS)會議、TCQS 研討會及綜合 技術研討會等	新加坡	2018.11.23-1 1.29/7 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。
10(2)	參加 APMP 2018 會員大會(GA)、執 行委員會會議(EC)、焦點工作組研 討會及綜合技術研討會等。	新加坡	2018.11.23-1 2.1/9 天	藍玉屏	協同計畫主持 人	擔任 EC 委員參與 APMP 決策、焦點工作組之運作 及協調，建立亞太計量追 溯體系之互信與量測標準 之一致性。

計畫書項次	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
22	參加 APMP 2018 物量技術委員 (TCQM)會議及綜合技術研討會等。	新加坡	2018.11.24-11.29/6 天	劉信旺	化學領域發展規劃	蒐集、交流化學領域計量技術發展、討論國際比對，維持國際等同。
6	參加 APMP 2018 會員大會(GA)及綜合技術研討會等。	新加坡	2018.11.26-12.1/6 天	姚斌誠	國際事務連絡	強化與亞太各國計量合作與連繫，累積的人脈與資料庫。

長期訓練

計畫書項次	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
33	赴德國 PTB 進行「原級矽晶球質量標準技術」合作研究	德國/布朗斯威克	2018.01.13~04.17/95 天	曹琳	SI 新質量研究	瞭解並熟悉矽晶球質量的量測及評估程序，加速建立我國質量新定義之標準系統
37	赴荷德進行穩定同位素分析技術之國際合作研究與研討微量濃度標準參考物質生產技術於環境應用	荷蘭/台夫特、德國/布朗斯威克	2018.10.13-11.18 / 37 天	林采吟	SI 新物質量計量技術規劃	瞭解莫耳新定義在不同技術領域的標準傳遞方式與校正技術。加速擴建我國新物質量(mole)新定義之標準系統技術內涵與技術能力
34(1)	赴法國、義大利及英國國家標準實驗室，進行聲學氣體溫度計聲學/熱力學溫度量測等技術之合作研究。	法國/巴黎、義大利/羅馬、英國/倫敦	2018.11.23-12.22/30 天	蔡淑妃	溫度領域研發規劃及系統負責人	交流合作研究，深化溫度新定義技術，加速建立我國溫度新定義之標準系統
34(2)	赴法國、義大利及英國國家標準實驗室，進行聲學氣體溫度計聲學/熱力學溫度量測等技術之合作研究。	法國/巴黎、義大利/羅馬、英國/倫敦	2018.11.23-12.22/30 天	徐瑋宏	SI 新溫度計量技術研究	研習比較關鍵參數之量測、修正與不確定度評估技術，作為未來 NML 系統精進參考。

附件三、專利成果一覽表

專利獲證(計 5 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	20180321	增加穿透式小角度 X 光散射的散射強度的裝置	傅尉恩, 吳文立	發明	中國大陸	ZL20141054 4535.5	20180126	20341014	工業計量
2	20180321	熱探針	葉建志	發明	美國	9,891,180	20180213	20360519	工業計量
3	20181115	測距裝置及其測距方法	劉子安, 李浩璋, 劉惠中, 潘善鵬, 許博爾	發明	美國	10,101,451	20181016	20361207	工業計量
4	20181016	光學共振腔之腔長量測裝置	陳生瑞	發明	美國	10,041,782	20180807	20351227	科學計量
5	20180316	雷射測距裝置	李浩璋, 陳智榮, 潘善鵬	發明	中華民國	I616646	20180301	20370223	工業計量

專利申請(0 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

附件四、技術/專利應用一覽表

◎本年度完成與日測等廠商 6 案之技術與專利授權簽約，簽約金額 1,830,000 元。另 5 案為 106 年遞延。執行中共 11 案。

◎本年度已開出發票計 2,783,425 元，完成璽嘉等案之成果運用收款 2,633,425 元，依據合約 60%繳庫(即 1,580,055 元繳庫)

項次	技術項目	廠商	運用模式	合約數(元)	本年度收入數(元)	本年度繳庫金額(元)	簽約年度	備註
1	階規與量錶校正器校正技術顧問與技術運用	建大	技術授權	700,000	311,825	187,095	106	106 已收款 388,175 元，107 Q4 收 311,825 元，本案完成收款。
2	液態粒子計數器量測分析與技術運用	璽嘉	技術授權	10,000	0	60,000	106	106 Q4 開發票 10,000 元，107 Q2 完成本案收款。
3	SuperSizer 新世代溶液奈米粒子監測	兆晟	技術授權	727,000	141,600	84,960	106	106 已收款 160,000 元，107 收款 141,600 元，未開發票數 425,400 元。
4	前瞻電子級試劑純度分析技術開發計畫	宏廣	技術授權	2,000,000	500,000	300,000	106	106 已收款 500,000 元，107 Q4 收款 500,000 元，尚有未開發票數 1,000,000 元。
5	層流式流量標準系統開發計畫技術服務暨授權	日測	技術授權	350,000	350,000	210,000	107	107 Q3 完成本案收款。
6	輸送有機化學品液態泵之靜電量測技術運用	瑞士商力威	技術授權	195,000	195,000	117,000	107	107 Q4 完成本案收款。
7	尺規 Scale Bar 長度量測	漢翔	技術授權	100,000	100,000	60,000	107	107 Q4 完成本案收款。
8	晶圓級奈米壓痕量測技術運用服務	英商思睿	技術授權	800,000	800,000	480,000	107	107 Q4 完成本案收款。
9	蜘蛛絲機械性質量測技術運用	東海大學	技術授權	135,000	135,000	81,000	107	107 Q4 完成本案收款。
10	地震儀驗證計畫技術運用	東源	專利授權	250,000	250,000	0	107	107 Q2 簽約，已開發票 250,000 元，尚未收到款。

項次	技術項目	廠商	運用模式	合約數(元)	本年度收入數(元)	本年度繳庫金額(元)	簽約年度	備註
11	SuperSizer 新世代溶液奈米粒子監測	兆晟	技術權利金	1,710,000	0	0	106	本案與第3項同屬一合約，本案技術權利金，171萬為上限，權利金依約按該公司年度稅後淨利之1.2%收取：106其稅後淨利為0，因此無權利金。107年稅後淨利待108年公布。
合計				6,977,000	2,783,425	1,580,055		

※本年度收入數：表示本年度已開發票之金額。

※本年度繳庫金額：表示已開發票(含過去)且已收到款，並依據合約60%繳庫。

附件五、論文一覽表

期刊論文 36 篇(含 9 篇 SCI 論文)、研討會論文 29 篇，總計 65 篇

(1).標準維持與國際等同分項：計 46 篇(國外期刊 6 篇(含 5 篇 SCI 論文)；國內期刊 20 篇；國際研討會 15 篇；國內研討會 5 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	HIC1 和 RassF1A 甲基化降低癌症中微管蛋白表現和細胞剛性	Chih-Cheng Chen,何柏青,Yao-Li Chen,Kuan-Der Lee,Chun-Hsin Tung,Chia-Chen Hsu,Ping-Yi Lin,Pei-Yi Chu,Yu-Wei Leu,傅尉恩,Shu-Huei Hsiao	International Journal of Molecular Sciences	20180928	15	瑞士	期刊	075A70106	3.687
2	太赫茲波在金屬柱狀陣列光子晶體波導上的光譜特性與側向局域化之研究	游博文,DEJUN LIU,TOSHIAKI HATTORI,劉子安,呂佳諭	Optics Express	20180611	14	美國	期刊	075A70075	3.356
3	APMP.QM-S9 比對報告	劉信旺,黃炯坤,林采吟	Metrologia	20180502	23	美國	期刊	075A70023	2.275
4	APMP.QM-K111 國際比對報告	劉信旺,黃炯坤,林采吟	Metrologia	20180502	42	中華民國	期刊	075A70024	2.275
5	螢火蚋捕食黏絲與濕度相關的機械及黏附特性	D. Piorkowski,T. A. Blackledge,C.-P. Liao,N. E. Doran,吳忠霖,S. J. Blamires,I. M. Tso	Journal of Zoology	20180322	11	英國	期刊	075A70063	1.955
6	生物色素太陽能電池葉綠素 a 衍生物的分子模擬	劉軍廷,洪哲文	Journal Molecular Simulation	20180607	8	英國	期刊	075A70044	0
7	軌道運輸系統之車廂環境磁場量測技術	蕭仁明	量測資訊雙月刊	20180501	6	中華民國	期刊	075A70047	0
8	閃爍光源量測電路設計與及實驗分析	郭晉榮,彭保仁,林煥強,楊人涇	量測資訊雙月刊	20180501	6	中華民國	期刊	075A70050	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
9	國家度量衡標準實驗室與菲律賓國家標準實驗室之直流電壓標準系統雙邊比對	陳士芳,郭君潔	量測資訊雙月刊	20181101	5	中華民國	期刊	075A70067	0
10	麥克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	量測資訊雙月刊	20180301	6	中華民國	期刊	075A70035	0
11	軌道車輛振動舒適性評估技術簡介	涂聰賢,游培堯,陳俊凱	量測資訊雙月刊	20180501	6	中華民國	期刊	075A70100	0
12	動態道路照明分析技術與設置指引	林育輝,徐紹維,溫照華	量測資訊雙月刊	20181101	6	中華民國	期刊	075A70112	0
13	LED智慧照明場域建置與分析	吳貴能,徐紹維,陳政憲,洪紹棠	量測資訊雙月刊	20181101	6	中華民國	期刊	075A70113	0
14	車載式道路照度量測技術	徐紹維	量測資訊雙月刊	20181101	5	中華民國	期刊	075A70119	0
15	機械特性量測儀器校正與應用	吳忠霖	機械新刊	20180105	12	中華民國	期刊	075A70030	0
16	燃料電池與太陽光電於分散式發電之應用趨勢	郭景宜,楊翔如,石蕙菱	量測資訊雙月刊	20180420	6	中華民國	期刊	075A70017	0
17	LNG 計量技術與分散式能源經營模式	郭景宜,羅仁聰	量測資訊雙月刊	20180316	6	中華民國	期刊	075A70018	0
18	化學計量單位-莫耳的新定義	劉信旺	量測資訊雙月刊	20180301	7	中華民國	期刊	075A70022	0
19	天然氣濃度以及硫化物分析技術於產業應用現況	黃焜坤,劉信旺,林采吟	量測資訊雙月刊	20180901	5	中華民國	期刊	075A70093	0
20	室內空氣品質監(檢)測技術發展簡介	徐雅羚	量測資訊雙月刊	20180901	4	中華民國	期刊	075A70096	0
21	氣體檢測設備性能驗證與計量技術規範	劉信旺	量測資訊雙月刊	20180901	6	中華民國	期刊	075A70097	0
22	淺談量測系統分析(MSA)之量具重複性與再現性(Gage	陳意婷	量測資訊雙月刊	20180702	9	中華民國	期刊	075A70009	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
	R&R)								
23	量測系統評估報告之撰寫重點探討- 以 NML 長度量測系統為例(上)	林旂萱	量測資訊雙月刊	20181101	4	中華民國	期刊	075A70107	0
24	由實驗室間比對談 ISO/IEC 17025 認證實驗室之品保方案與運作有效性 (I) – 運作流程與能力試驗參與計畫實務	林秀璘	量測資訊雙月刊	20181101	5	中華民國	期刊	075A70109	0
25	氣體參考物質計量追溯的探討	周隆亨	量測資訊雙月刊	20180701	6	中華民國	期刊	075A70059	0
26	50 kg 質量自動化量測系統改良建置介紹	段靜芬,曹琳	量測資訊雙月刊	20181101	6	中華民國	期刊	075A70070	0
27	以 AC-PJVS 電壓標準校正用於電力頻段之電流分流器的相位誤差	陳士芳,許俊明	CPEM	20180709	2	法國	研討會	075A70006	0
28	訊號增益法應用於風力發電機葉片損壞檢測	羅芳鈞,涂聰賢,游培堯,鍾秋峰,陳瑞麒	International Congress and Exposition on Noise Control Engineering Impact of Noise Control Engineering	20180829	6	美國	研討會	075A70060	0
29	穿透霧度在 APMP 的先期研究	劉玟君,Jisoo Hwang,Annette Koo,Houping Wu,Rojana Leecharoen,Hsueh-Ling Yu	Journal of Physics : Conference Series	20180302	3	日本	研討會	075A60113	0
30	高霧度材料之穿透霧度量測	劉玟君,Hsueh-Ling Yu	CIE Topical Conference on Smart Lighting	20180426	7	中華民國	研討會	075A70058	0
31	參考 ISO 9300 針對喉部直徑	郭景宜,Bodo Mickan,Min Xu	International Symposium	20180321	14	墨西哥	研討會	075A70016	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
	低至 125 μm 之圓柱型噴嘴進行系統性研究		for Fluid Flow Measurement						
32	一些安裝因素對科氏力流量計量測精度的影響性	江俊霖,葉哲維	International Symposium on Fluid Flow Measurement	20180322	11	墨西哥	研討會	075A70041	0
33	微型風速計開發	范盛詮,蕭俊豪,林盈君	International Symposium on Fluid Flow Measurement	20180823	10	墨西哥	研討會	075A70042	0
34	基於重複量測之迴歸分析的預測值不確定度評估	洪辰昀,林旂萱	National Conference of Standards Laboratories, International(NCSLI)	20180828	9	美國	研討會	075A70099	0
35	塊規校正能力試驗之不同指定值決定方法分析	陳意婷,洪辰昀,王品皓	National Conference of Standards Laboratories, International(NCSLI)	20180829	9	美國	研討會	075A70104	0
36	低頻加速規校正之技術發展	王聖涵,張匡儀,潘善鵬,涂聰賢,黃宇中	兩岸計量學術研討會	20180809	5	中國大陸	研討會	075A70065	0
37	軌道車輛振動舒適性評估規範與評價方式簡介	游培堯,涂聰賢,潘善鵬	兩岸計量學術研討會	20180916	1	中國大陸	研討會	075A70101	0
38	地震儀檢測驗證自動化	陳俊凱,謝宗翰,羅芳鈞	兩岸計量學術研討會	20180917	25	中國大陸	研討會	075A70102	0
39	熱通量計法熱導率量測技術的開發	葉建志,徐瑋宏,柯心怡,郭晉榮	兩岸計量學術研討會	20180916	5	中國大陸	研討會	075A70105	0
40	高霧度和霧度量測之影響因子	劉玟君	海峽兩岸計量學術研討會	20180917	5	中國大陸	研討會	075A70057	0
41	扇葉同心同軸量測儀	張威政,陳智榮,謝宗翰	海峽兩岸計量學術研討會	20180918	2	中國大陸	研討會	075A70120	0
42	低頻非游離輻射對監測設備量測技術實證之研究	饒瑞榮,蕭振龍	環境科技論壇	20180611	8	中華民國	研討會	075A70039	0
43	基於時域平均法的風力發電機	羅芳鈞,涂聰賢,游培堯,鍾秋峰,陳瑞麒	中華民國振動與噪音工程	20180630	5	中華民國	研討會	075A70011	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
	葉片損壞診斷		學會						
44	三維皮托管校正方法研究	陳哲豪,陳建源	中國機械工程學會年會暨 全國學術研討會	20181130	1	中華民國	研討會	075A70144	0
45	PM2.5 細懸浮微粒感測裝置性能測試驗證	林書庸,蕭俊豪,楊逸群,張佳偉,李彥廷	環境分析化學研討會	20180503	2	中華民國	研討會	075A70064	0
46	管式校正器熱傳影響對溫度計量探討	林盈君,林文地	中國機械工程學會年會暨 全國學術研討會	20181130	6	中華民國	研討會	075A70145	0

(2).工業計量技術發展分項：計 11 篇(國外期刊 2 篇(含 2 篇 SCI)；國內期刊 3 篇；國際研討會 4 篇；國內研討會 2 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	商用氧化鋅奈米粒子量測前處理及粒徑量測方法	Pei-Jia Lu,傅尉恩,Shou-Chieh Huang,Chun-Yen Lin,Mei-Lin Ho,Yu-Pen Chen,Hwei-Fang Cheng	Journal of food and drug analysis	20180801	9	美國	期刊	075A70079	2.852
2	自動追蹤雷射干涉儀於工具機幾何誤差量測	陳智榮,何炳林,李浩璋,潘善鵬,謝宗翰	Sensors and Materials	20181107	7	日本	期刊	075A70131	0.482
3	鐵道軌距檢測及軌距尺校正	張威政	量測資訊雙月刊	20180501	7	中華民國	期刊	075A70055	0
4	單一顆粒感應耦合電漿質譜技術於奈米材料常規分析之進展	林芳新,劉益宏,張君綾,徐繹翔,陳威宏	量測資訊雙月刊	20180501	7	中華民國	期刊	075A70033	0
5	鉛金屬元素原級參考物質供應驗證技術	劉益宏,張君綾,林芳新,徐繹翔	量測資訊雙月刊	20180501	7	中華民國	期刊	075A70034	0
6	藉由單一參考點的位移資訊分析三軸工具機之幾何誤差	何炳林,陳智榮,許博爾,謝宗翰	euspenn International Conference & Exhibition	20180604	2	義大利	研討會	075A70051	0
7	使用自動追蹤雷射測距儀對工具機旋轉平台進行循圓測試	陳智榮,謝宗翰	International Symposium on Sensor Science	20180808	1	中華民國	研討會	075A70069	0
8	創新設計於馬達風扇幾何特徵	謝宗翰,陳智榮,張威政,何炳林,許博爾	International Conference	20181109	1	中華民國	研討會	075A70133	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
	量測		on of Engineering and Technology Innovation						
9	利用農業廢棄物製備高規則孔洞之二維生物碳基奈米複合材應用於能源儲存	張珮怡,林芳新,董瑞安	Green & Sustainable Chemistry Conference	20180514	28	德國	研討會	075A70049	0
10	利用電透析儀搭配單一顆粒感應耦合電漿質譜儀線上偵測家用淨水器濾材中的銀奈米顆粒	林芳新,劉益宏,徐繹翔,張君綾	Acs National Meeting & Eexposition	20180819	1	美國	研討會	075A70081	0
11	利用線上電透析模組搭配單一顆粒感應耦合電漿質譜儀以改善銀奈米顆粒之量測與分析	林芳新,張君綾,徐繹翔,劉益宏	環境分析化學研討會	20180503	1	中華民國	研討會	075A70032	0

(3).科學計量技術研究分項：計 10 篇(國外期刊 3 篇(含 2 篇 SCI 論文)；國內期刊 4 篇；國際研討會 1 篇；國內研討會 2 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	使用在積體電路的快速準確放射率和絕對溫度映射圖測量	蔡淑妃,Hsueh-Ling Yu,Yih-Lang Li, 廖子毅,Tianchen Wang,Yiyu Shi	IEEE TRANSACTIONS ON VERY LARGE SCALE INTEGRATION (VLSI) SYSTEMS	20180501	11	美國	期刊	075A70056	1.744
2	H3+的精密飽和吸收光譜	官鈺禪,Yung-Hsiang Chang,Yi-Chieh Liao,彭錦龍,王立邦,施宙聰	The journal of chemical physics	20180327	9	美國	期刊	075A70019	1.744
3	以標準吞吐量(throughput)方法量測真空泵性能之系統	陳生瑞,潘小晞,余大昌	ACTA IMEKO	20180301	3	墨西哥	期刊	075A70054	0
4	稻穀水分量測與水分計檢定技術與規範介紹	徐瑋宏	量測資訊雙月刊	20180101	6	中華民國	期刊	075A70043	0
5	原級溫度計及其量測熱力學溫	徐瑋宏,蔡淑妃	量測資訊雙月刊	20181101	7	中華民國	期刊	075A70126	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
	度的方法								
6	從 8 字形全保偏飛秒摻鉍光纖雷射的剔除埠擷取雷射脈衝	彭錦龍,莊宜蓁	機械工業雜誌	20181206	5	中華民國	期刊	075A70084	0
7	微光梳簡介	莊宜蓁,劉子安,丁維若,程郁娟,彭錦龍,溫照華	機械新刊	20180501	11	中華民國	期刊	075A70005	0
8	從全保偏 8 字型飛秒摻鉍光纖雷射的剔除埠擷取出雷射脈衝	彭錦龍,莊宜蓁	Frontiers in Optics/ Laser Science	20180916	0	美國	研討會	075A70036	0
9	決定真空系統中環境測量儀器的釋氣率	潘小晞,邱正宇,陳生瑞	台灣工程與科技創新學會	20181104	5	中華民國	研討會	075A70129	0
10	應用聲速量測決定熱力學溫度	蔡淑妃,許俊明,徐瑋宏,郭淑芬,葉建志,何炳林,張威政,劉家維,涂聰賢	台灣聲學學會	20181109	12	中華民國	研討會	075A70121	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	數位轉型技術應用於法定計量之探討	陳哲豪,李文智	標準與檢驗月刊	20180529	10	中華民國	期刊	075A70136	0

(5).SI 新標準系統建置分項：無

附件六、技術報告一覽表

評估報告(MSVP)28份、校正報告(ICT)30份、技術報告40份，總計98份研究報告

(1).標準維持與國際等同分項：計74份(MSVP 26份、ICT 27份、技術報告 21份)

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
1	大質量量測系統評估報告-METTLER AX64004 質量比較儀	CMS-MSVP-419	段靜芬	20181120	12	中文	非機密	073A70152
2	低壓氣體流量校正系統評估報告 -標準流量計 法/MOLBLOC (0.002~40 L/min)	CMS-MSVP-418	林盈君,林文地	20181002	44	中文	非機密	073A70128
3	低壓氣體流量校正系統評估報告 -Piston Prover (0.002~40 L/min)	CMS-MSVP-417	林文地,林盈君	20180820	56	中文	非機密	073A70108
4	氣瓶氣體充填質量與混合氣濃度評估報告-注射 法	CMS-MSVP-405	劉信旺,黃炯坤,鄭 瑞翔	20181023	52	中文	非機密	073A50133
5	甲醛氣體分析設備校正系統評估報告	CMS-MSVP-404	楊逸群,張君綾	20180725	31	中文	非機密	073A50144
6	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	CMS-MSVP-403	劉益宏,徐繹翔	20181026	25	中文	非機密	073A50109
7	甲醇中鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯配製質量與 濃度評估報告—秤重法	CMS-MSVP-402	劉益宏,徐繹翔	20181026	19	中文	非機密	073A50108
8	原級參考混合氣濃度檢驗評估報告	CMS-MSVP-387	劉信旺,黃炯坤,林 采吟,鄭瑞翔	20181023	32	中文	非機密	073A40017
9	單相交流電能量測系統評估報告	CMS-MSVP-385	蔡琇如	20180412	25	中文	非機密	073A30320
10	氣瓶氣體充填質量與混合氣濃度評估報告-秤重 法	CMS-MSVP-377	劉信旺,黃炯坤,林 采吟,鄭瑞翔	20181023	36	中文	非機密	073A30180
11	分光測色系統絕對反射 VW 量測評估報告	CMS-MSVP-372	劉玟君	20181211	14	中文	非機密	073A30102

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
12	天然氣成分濃度校正系統評估報告	CMS-MSVP-360	黃炯坤,段靜芬,林采吟	20181023	55	中文	非機密	073A10034
13	雷射干涉式汞柱微壓原級標準系統評估報告	CMS-MSVP-303	洪溱川	20181011	27	中文	非機密	073940182
14	線距量測系統評估報告-雷射繞射儀	CMS-MSVP-284	劉軍廷,何柏青	20181206	16	中文	非機密	073930068
15	片電阻系統評估報告	CMS-MSVP-238	程郁娟	20180718	20	中文	非機密	073900058
16	量化霍爾電阻標準系統評估報告	CMS-MSVP-218	陳士芳	20180518	9	中文	非機密	073880085
17	直流大電阻系統評估報告	CMS-MSVP-185	許俊明,蕭仁鑑	20180824	30	中文	非機密	073860086
18	多邊規校正系統評估報告	CMS-MSVP-180	張威政	20181119	16	中文	非機密	073860024
19	單相交流電功率原級量測系統評估報告	CMS-MSVP-146	蔡琇如,何宗翰	20181009	20	中文	非機密	073840156
20	真空計比較校正系統評估報告	CMS-MSVP-141	邱正宇,潘小晞	20181130	21	中文	非機密	073840116
21	針規校正系統評估報告	CMS-MSVP-134	金瑞熙	20181025	12	中文	非機密	073840092
22	絕對輻射系統評估報告	CMS-MSVP-111	于學玲,劉玟君	20181121	20	中文	非機密	073830024
23	直流 1V-10 V 量測系統評估報告	CMS-MSVP-094	郭君潔	20180627	28	中文	非機密	073820033
24	微波散射參數及阻抗系統評估報告	CMS-MSVP-066	林文琪	20181003	63	中文	非機密	073800067
25	比壓器量測系統評估報告	CMS-MSVP-039	蘇聰漢	20181022	19	中文	非機密	073770012
26	交直流電流轉換量測系統評估報告	CMS-MSVP-012	蔡琇如,何宗翰	20180611	49	中文	非機密	073760046
27	大質量量測系統法碼校正程序-METTLER AX64004 質量比較儀	CMS-ICT-535	段靜芬	20181120	19	中文	非機密	073A70121
28	低壓氣體流量校正系統氣量計校正程序-標準流量計法/MOLBLOC (0.002~40 L/min)	CMS-ICT-534	林文地,林盈君	20181101	21	中文	非機密	073A70151
29	低壓氣體流量校正系統氣量計校正程序 -Piston Prover (0.002~40 L/min)	CMS-ICT-533	林盈君,林文地	20181026	31	中文	非機密	073A70129
30	氣瓶氣體充填質量與混合氣濃度驗證程序-注射法	CMS-ICT-521	劉信旺,黃炯坤,林采吟,鄭瑞翔	20181023	27	中文	非機密	073A50132
31	甲醇中鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯配製質量與	CMS-ICT-514	劉益宏,徐繹翔	20181026	9	中文	非機密	073A50107

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
	濃度驗證程序-秤重法							
32	單相交流電能量測系統校正程序	CMS-ICT-503	蔡琇如,何宗翰	20180412	33	中文	非機密	073A30313
33	氣瓶氣體充填質量與混合氣濃度驗證程序-秤重法	CMS-ICT-493	劉信旺,黃炯坤,林采吟,鄭瑞翔	20181023	29	中文	非機密	073A30179
34	天然氣成分濃度校正程序	CMS-ICT-475	段靜芬,黃炯坤,林采吟	20181023	26	中文	非機密	073A10028
35	針規校正程序	CMS-ICT-429	金瑞熙	20181025	7	中文	非機密	073950050
36	低溫絕對輻射系統分光光輻射功率響應校正程序	CMS-ICT-414	劉玟君	20181022	17	中文	非機密	073940034
37	分光測色系統鏡面反射校正程序	CMS-ICT-410	劉玟君	20181009	12	中文	非機密	073930232
38	低溫絕對輻射系統光輻射功率校正程序	CMS-ICT-407	劉玟君	20180723	17	中文	非機密	073930196
39	雷射都卜勒系統校正程序-標準轉盤法	CMS-ICT-404	陳建源,陳哲豪	20180521	14	中文	非機密	073930093
40	線距標準校正程序-雷射繞射儀	CMS-ICT-402	何柏青,傅尉恩,潘善鵬,劉軍廷	20181204	14	中文	非機密	073930067
41	分光輻射系統分光輻射儀校正程序	CMS-ICT-384	蕭金釵	20181016	16	中文	非機密	073910087
42	片電阻系統校正程序	CMS-ICT-355	程郁娟	20180718	13	中文	非機密	073900055
43	分光輻射系統分光輻射亮度標準燈校正程序	CMS-ICT-342	蕭金釵	20181017	7	中文	非機密	073890074
44	量化霍爾電阻標準系統校正程序	CMS-ICT-339	陳士芳	20180518	10	中文	非機密	073890053
45	直流大電阻系統校正程序	CMS-ICT-317	許俊明,蕭仁鑑	20181001	18	中文	非機密	073860057
46	多邊規校正程序	CMS-ICT-309	張威政	20181119	11	中文	非機密	073860023
47	絕對輻射系統校正程序	CMS-ICT-232	于學玲,劉玟君	20181122	19	中文	非機密	073830023
48	電阻式溫度計校正程序	CMS-ICT-219	蔡淑妃	20180622	21	中文	非機密	073820060
49	直流 1V-10V 系統校正程序	CMS-ICT-208	郭君潔	20180627	9	中文	非機密	073820001
50	絕對輻射系統照度計校正程序	CMS-ICT-173	劉玟君	20180806	14	中文	非機密	073800086
51	分光輻射系統亮度色度計校正程序	CMS-ICT-172	蕭金釵	20181016	11	中文	非機密	073800085

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
52	交直流電流轉換量測系統校正程序	CMS-ICT-105	何宗翰	20180525	29	中文	非機密	073780026
53	比壓器量測系統校正程序	CMS-ICT-065	蘇聰漢	20181001	13	中文	非機密	073760084
54	國家度量衡標準基礎建設精進方案	CMS-FR-3981	管思綺,李嘉真,方承彥,李心澤	20181121	258	中文	機密	073A70070
55	量測系統查驗總結報告—靜態重力法無機元素供應驗證系統 (C13)	CMS-FR-3976	呂錦華,劉益宏,林秀璘,王品皓	20181109	55	中文	非機密	073A70165
56	微分電移動度分析儀應用於氣體管路中奈米微粒數目濃度測試之取樣程序	CMS-FR-3974	余大昌	20181108	2	中文	非機密	073A70156
57	三軸直流磁場訊號輸出及警報系統製作	CMS-FR-3969	郭晉榮,蕭仁明	20181101	21	中文	非機密	073A70162
58	微型電子元件釋氣率測定概要	CMS-FR-3964	潘小晞,邱正宇,陳生瑞	20181009	5	中文	機密	073A70139
59	107 年度 NML 內部稽核綜合報告	CMS-FR-3954	林旂萱,洪辰昀,王品皓	20180920	58	中文	非機密	073A70123
60	PVTt 定容積槽容積標定與量測不確定度評估程序	CMS-FR-3941	郭景宜	20180727	31	中文	非機密	073A70090
61	矽飄移偵測器之 X 光訊雜比最佳化	CMS-FR-3926	劉軍廷,何柏青	20180622	16	中文	非機密	073A70078
62	106 年度 NML 顧客滿意度調查研究報告	CMS-FR-3899	洪辰昀,王品皓	20180227	17	中文	非機密	073A70031
63	102 年度至 105 年度 NML 顧客資料分析	CMS-FR-3896	林旂萱,陳意婷,王品皓	20180208	71	中文	非機密	073A70025
64	原級參考混合氣濃度檢驗與穩定度評估報告 (C2H5OH in N2 及 VOCs in N2)	CMS-FR-3640	劉信旺,黃炯坤,林采吟,鄭瑞翔	20181023	22	中文	非機密	073A50134
65	原級參考混合氣濃度穩定度查驗報告 (N2O in N2 及 H2S in N2)	CMS-FR-3634	劉信旺,黃炯坤,林采吟,鄭瑞翔	20181023	19	中文	非機密	073A50123
66	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	CMS-FR-3632	劉益宏,徐繹翔	20181026	5	中文	非機密	073A50157

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
67	原級參考混合氣濃度檢驗評估報告 (N ₂ O in N ₂ 及 H ₂ S in N ₂)	CMS-FR-3594	劉信旺,黃炯坤,林采吟,鄭瑞翔	20181023	10	中文	非機密	073A50076
68	原級參考混合氣濃度檢驗評估報告 (CO+CO ₂ +C ₃ H ₈ /N ₂ 及 O ₂ /N ₂)	CMS-FR-3451	劉信旺,黃炯坤,林采吟,鄭瑞翔,張君綾	20181023	15	中文	非機密	073A40111
69	原級參考混合氣濃度穩定度查驗報告 (CO+CO ₂ +C ₃ H ₈ /N ₂ 及 O ₂ /N ₂)	CMS-FR-3450	劉信旺,黃炯坤,林采吟,鄭瑞翔,張君綾	20181023	24	中文	非機密	073A40116
70	原級參考混合氣濃度穩定度查驗報告	CMS-FR-3412	劉信旺,黃炯坤,林采吟,鄭瑞翔	20181023	31	中文	非機密	073A40018
71	活塞管式校正器標準管內徑量測與不確定度評估程序	CMS-FR-2691	郭景宜,林盈君,林文地	20180529	33	中文	非機密	073A02515
72	混合氣驗證參考物質生產作業指引	CMS-FR-2568	鄭瑞翔,林采吟,黃炯坤,劉信旺	20181203	19	中文	非機密	073A02398
73	流量量測系統稱重平台校正與不確定度評估程序	CMS-FR-1742	郭景宜,王文彬	20180918	22	中文	非機密	073960107
74	國家度量衡標準實驗室與菲律賓國家標準實驗室之直流電壓標準系統雙邊比對報告	CMS-COMP-075	陳士芳,郭君潔	20180205	12	中文	非機密	073A70018

(2).工業計量技術發展分項：計 9 份 (MSVP 2 份、ICT 3 份、技術報告 4 份)

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
1	鉛標準液配製質量與濃度評估報告—秤重法	CMS-MSVP-416	劉益宏,張君綾,林芳新,徐繹翔	20181026	16	中文	非機密	073A60104
2	天平校正系統評估報告	CMS-MSVP-399	張君綾,劉益宏	20180302	24	中文	非機密	073A50081
3	鉛標準液配製質量與濃度驗證程序—秤重法	CMS-ICT-531	劉益宏,張君綾,林	20181026	11	中文	非機密	073A60099

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
			芳新,徐繹翔					
4	天平校正程序	CMS-ICT-518	張君綾	20180302	15	中文	非機密	073A50077
5	座標量測儀校正程序	CMS-ICT-517	陳智榮,許博爾,謝宗翰	20181116	27	中文	非機密	073A40118
6	三線性軸工具機之六項幾何誤差模型推導與驗證技術報告	CMS-FR-3975	何炳林,陳智榮,許博爾,謝宗翰	20181108	25	中文	非機密	073A70158
7	幾何量測用塊規校正系統-相位計數研究	CMS-FR-3973	謝宗翰,張國明,許博爾	20181108	19	中文	非機密	073A70146
8	鉛標準液驗證參考物質生產作業指引	CMS-FR-3902	劉益宏,張君綾,林芳新,徐繹翔	20181026	5	中文	非機密	073A70026
9	鉛標準液濃度檢驗、均勻性與穩定性評估報告	CMS-FR-3825	劉益宏,張君綾,林芳新,徐繹翔	20181026	14	中文	非機密	073A60105

(3).科學計量技術研究分項：計 6 份(技術報告 6 份)

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
1	水氣濃度分析技術	CMS-FR-4027	張威政,蔡淑妃,徐璋宏	20181226	8	中文	非機密	073A70166
2	Micro-LED 陣列影像亮度色度量測系統開發	CMS-FR-4014	徐紹維	20181211	15	中文	非機密	073A70176
3	以光纖雷射光梳為基礎的毫米波光纖搭載射頻技術	CMS-FR-3995	彭錦龍	20181126	8	中文	非機密	073A70183
4	1 GHz 自參考穩頻摻鉍光纖雷射光梳	CMS-FR-3991	彭錦龍	20181115	8	英文	機密	073A70169
5	全球計量學院溫度計量技術的介紹	CMS-FR-3972	葉建志	20181107	13	中文	非機密	073A70153
6	Digital Phase Detector 設計	CMS-FR-3966	程郁娟,彭錦龍	20181016	14	中文	機密	073A70144

(4).法定計量技術發展分項：計 4 份(技術報告 4 份)

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
1	現行計程車計費表防弊措施研究	CMS-FR-4013	陳智榮,張威政,張國明,謝宗翰,何炳林	20181206	28	中文	非機密	073A70195
2	2018 標準局氣量計檢定檢查設備性能測試評估	CMS-FR-3921	王文彬,林文地	20180521	10	中文	非機密	073A70074
3	經濟部標準檢驗局使用中氣量計器差特性測試報告	CMS-FR-4008	王文彬,林文地	20181203	24	中文	機密	073A70186
4	經濟部標準檢驗局膜式氣量計重新檢定氣量計耐久性模擬測試研究	CMS-FR-4007	王文彬,林文地	20181203	9	中文	機密	073A70185

(5).SI 新標準系統建置分項：計 5 份(技術報告 5 份)

項次	名稱	輔助編號	作者	產出日期	頁數	語言	機密等級	資料編號
1	聲學氣體溫度計實務架構解析與操作作業	CMS-FR-3971	蔡淑妃	20181107	8	中文	機密	073A70161
2	熱電偶高溫系統組裝與操作程序	CMS-FR-3989	葉建志	20181115	4	中文	非機密	073A70154
3	高溫黑體爐組裝與操作程序	CMS-FR-4024	柯心怡,葉建志	20181222	12	中文	非機密	073A70155
4	免液氦量化霍爾電阻系統之操作與量測技術	CMS-FR-3999	陳士芳,韓宙勳	20181128	8	中文	非機密	073A70179
5	聲學氣體溫度計實務架構解析與操作作業	CMS-FR-3971	蔡淑妃	20181107	8	中文	機密	073A70161

附件七、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	ISO GUM 量測不確定度與統計應用研習會－統計先修	107.03.13-107.03.13	新竹	16	30
2	ISO GUM 量測不確定度與統計應用研習會－基礎班	107.03.14-107.03.15	新竹	15	34
3	智慧機械尺寸儀器線上量測技術-基礎班	107.03.23-107.03.23	新竹	5	8
4	溫度量測技術研討會	107.06.11-107.06.11	新竹	22	38
5	智慧語音品質計量技術研討會	107.06.11-107.06.11	新竹	10	17
6	新質量定義與追溯技術研討會	107.07.30-107.07.30	新竹	10	13
7	電度量測與校正技術研討會	107.08.24-107.08.24	新竹	20	28
8	流量量測進階研習班(一)- 流量量測系統的建置與使用	107.08.29-107.08.29	新竹	14	35
9	流量量測進階研習班(二)-流量量測不確定度與標準追溯	107.08.30-107.08.30	新竹	9	22
10	光輻射量測技術研討會	107.09.05-107.09.05	新竹	11	17
11	新版 ISO/IEC 17025:2017 實驗室內部品質稽核	107.09.18-107.09.19	新竹	11	20
12	力量量測技術研討會	107.09.26-107.09.26	新竹	19	29
13	低頻磁場、射頻電磁波與毫米波量測技術研討會	107.09.28-107.09.28	新竹	8	11
小計				170	302
貳、技術推廣說明會/成果發表會					
1	2018 年世界計量日－國際計量發展趨勢研討會	107.05.21-107.05.21	台北	59	177

項次	名稱	舉辦期間 (起~迄)	舉辦地點	廠商家數	參加人數
2	頂尖計量人才培育(中壢高中數理資優班師生)，認識國家量測標準與新 SI 單位定義。	107.04.30-107.04.30	新竹	1	35
	自動化機械暨智慧製造展	107.05.25-107.05.29	台中	-	-
3	奈米粒子量測標準暨化學量測不確定度	107.10.02-107.10.02	新竹	29	64
4	2018 精密機械計量技術與應用研討會	107.10.03-107.10.03	新竹	30	59
小計				119	335
總計				289	637

附件八、國家度量衡標準實驗室校正服務成果統計表

項次	領域別	107 年校正數量(件)			合計
		收費校正	NML 自校	BSMI 免收費校正	
1	電 量	998	113	51	1162
2	磁 量	335	7	1	343
3	光 量	408	23	4	435
4	微 波	101	4	1	106
5	溫 度	85	46	11	142
6	濕 度	50	48	9	107
7	化 學	82	54	1	137
8	振 動	98	11	5	114
9	聲 量	341	28	0	369
10	長 度	858	57	4	919
11	質 量	53	16	23	92
12	力 量	339	7	2	348
13	壓 力	121	67	36	224
14	真 空	10	1	0	11
15	流 量	320	92	30	442
	小 計	4199	574	178	4951

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(校正)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				23	20	74		37						11	11	4951	1000	17	637	19
工業計量技術發展		4		5	6	9		2												
科學計量技術研究		1		7	3	6		3												
法定計量技術發展				1	0	4		2												
SI新標準計量技術				0	0	5		4												
小計	0	5		36	29	98		48												
合計	5		-	65		146			-				-	-		-				

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、107 年度國家度量衡標準實驗室大事紀要(分類排序)

分類	時間	內容
合作研究	107.01.13 ~ 04.17	曹琳君赴德國聯邦物理技術研究院(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB) 進行「原級矽晶球質量標準技術」研究。
合作研究	107.10.13~ 11.18	林采吟博士赴荷蘭 VSL 進行「微量濃度標準參考物質(溫室氣體)配製與驗證」及德國 PTB 進行「同位素比例量測標準技術」合作研究。
合作研究	107.10.30~ 11.18	劉益宏君赴德國 PTB 進行「同位素比例量測標準技術」合作研究。
合作研究	107.11.23~ 12.22	蔡淑妃、徐瑋宏君赴法國、義大利及英國國家標準實驗室，進行聲學氣體溫度計聲學/熱力學溫度量測等技術之合作研究。
系統查驗	107.03.23	辦理 NML「C13 質量法金屬離子元素供應驗證系統」系統查驗會議，通過查驗。
系統查驗	107.05.31	工研量字第 1070009836 號函送新建之「靜態重力法無機元素供應驗證系統(C13)」對外服務案，獲局 107 年 6 月 8 日經標四字第 10700053340 號同意規費修正公佈施行後，開放服務。
系統退庫	107.06.14	標準局以經標四字 10700558840 號函，復文同意 107 年 6 月 4 日工研量字第 1070009836 號函申請「旋轉式黏度計校正系統(C01)」及「固體密度量測系統(M05)」退庫，俟規費收費標準修正公布後，停止對外提供服務。
來訪	107.01.26	日本產業技術總合研究所(AIST)一行 4 人參訪國家度量衡標準實驗室，交流振動聲量領域計量技術。
來訪	107.02.01	泰國國家食品研究院(NFI)一行 3 人參訪國家度量衡標準實驗室，交流溫度與質量的計量追溯性，以及校正技術。
來訪	107.03.23	臺中市儀器商業同業公會趙永賀理事長暨理監事一行 20 人參訪。
來訪	107.04.30	中壢高中數理資優班師生一行 35 人參訪國家度量衡實驗室，認識國家量測標準與新 SI 單位定義。
來訪	107.05.03	彰化師大工教系師生一行 41 人參訪國家度量衡標準實驗室，認識國家量測標準。
來訪	107.05.24	行政院主計總處暨標準局陳副局長等一行 8 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解因應 New SI 之相關實驗室準備工作與進度。
來訪	107.06.28	捷克西波希米亞大學副校長 Prof. Tomas Kaiser 一行 3 人參訪國家度量衡標準實驗室，進行技術交流。
來訪	107.07.23	氣象局辦理大學生暑期研習營一行 19 人參訪流量實驗室。
來訪	107.07.30	氣象局辦理大學生暑期研習營一行 20 人參訪流量實驗室。

分類	時間	內容
來訪	107.10.24	PTB 院長 Joachim H. Ullrich 及 Frank Haertig 來訪，NML 辦理「新公斤定義—矽晶球交接記者會暨技術交流研討會」。
來訪	107.10.29	中山醫學大學醫學檢驗暨生物技術學系師生一行 16 人參訪國家度量衡標準實驗室，認識國家度量衡標準。
來訪	107.12.17	中山科學研究院系統維護中心潘家得主任一行 9 人來訪，討論該中心儀器送校及雙方加強合作等事宜。
受邀演講	107.09.23~ 09.26	傅尉恩組長應泰國 Nanotech 及 NIMT 邀請，參加"High Quality Measurement for Advanced Manufacturing" Workshop，講題為「產品品質發展之量測與標準」。
受邀評鑑	107.07.22~ 07.26	吳貴能君受邀至日本 NMIJ 光量實驗室同儕評鑑之技術評審。
受邀評鑑	107.07.30~ 08.03	涂聰賢室主任受邀擔任印尼 RCM-LIPI 振動實驗室同儕評鑑之技術評審。
受邀評鑑	107.08.27 ~ 08.31	黃宇中經理受邀至日本 NMIJ 振動實驗室擔任同儕評鑑之技術評審。
受邀評鑑	107.11.12~ 11.16	蔡淑妃君受邀至日本 NMIJ 溫度實驗室擔任同儕評鑑之技術評審。
知識傳播	107.05	NML 文物典藏計畫—科工館辦理 520 科普教育活動 (5/6、5/13、5/20、5/27 共四天 8 場)
知識傳播	107.03.22	傅尉恩博士受中華民國計量工程學會邀請於學會第十一屆第三次會員大會會員大會，專題演講「百年一遇 NEW SI 質量新定義趨勢與挑戰」。
知識傳播	107.04.30	標檢局新聞供稿二則—「國際計量發展趨勢研討會」邀請各界共襄盛舉、迎接 2018 年世界計量日—經濟部標準檢驗局舉辦「國際計量發展趨勢研討會」
知識傳播	107.05.21	慶祝 2018 年世界計量日，標準檢驗局假臺北國際會議中心舉辦「2018 年世界計量日—國際計量發展趨勢研討會」
知識傳播	107.05.25 ~ 05.29	參加台中國際展覽館之 2018 台中自動化機械暨智慧製造展—以標準檢驗局名義展出 NML 核心業務及智慧機械迴轉工作台幾何誤差檢測系統實機。
知識傳播	107.07.31	計畫下委託執行之度量衡文物典藏計畫，由標準局與科工館進行「度量衡文物典藏宣導合作備忘錄」簽約典禮暨度量衡文物典藏成果展。
知識傳播	107.10.03	NML 結合工研院產科國際所(ISTI)、中央大學機械工程學系、EASY-LASER 台灣分公司、東培公司、工研院量測中心等產、學、研專題演講與實物展覽等方式，於新竹辦理 2018 精密機械計量技術與應用研討會，推廣計量技術可協助產業解決哪些問題、對產業之助益。
知識傳播	107.10.29	於馬蘭國小，舉辦理「行動實驗站補助偏遠地區學校科學學習計畫」透過教案設計及度量衡探索箱教具的操作，推廣偏鄉科普教育。
計畫申請	107.02.12	因應國際基本單位 SI 新標準發展，為完整執行新質量標準建置案，另申請 106 年度科發基金計畫，獲通過以 7,880 萬元整(含稅)決標執行。
計畫申請	107.06.28	因建置國際單位製 SI 新計量標準，原列預算不敷支應，行政院 107 年 6 月 28 日院授主預經字第 1070101515 號函，同意動支 107 年度中央政府總預算第二

分類	時間	內容
		預備金 260,655 千元。於 107 年 7 月完成計畫變更，以新增第五分項_SI 新標準系統建置分項，執行部分新質量、新溫度、新電流、新物質量標準計量技術。
計畫申請	107.06.29	因應國際基本單位 SI 新標準發展，完整執行 SI 新計量標準建置，另申請 107 年度科發基金計畫，獲通過以 90,994 千元執行(經常門 15,494 千元,資本門 75,500 千元)。
計畫管理	107.01.04	106 年度結案實地查證會議。
計畫管理	107.01.16	標準局劉局長召開會議請各計畫檢視 108 提案計畫必要性及急迫性，NML 原 108 預算提報 363,990 千元，下修為 353,990 千元。
計畫管理	107.01.29	本計畫 107 行政院建議經費 267,569 千元，107 年簽約金額 367,384 千元，107.1.29 立法院預算案審議結果統刪 3%，配合刪減 8,324 千元，法定預算數下修為 259,425 千元，合約執行金額變更為 259,060 千元。
計畫管理	107.02.12	赴局進行 108 綱要計畫審查前溝通，劉組長希冀 NML 移撥 36,000 千元(至多)額度予游離領域購置設備，109 年游離歸還額度。NML 下修 108 綱要預算提報 320,490 千元送委員審查。
計畫管理	107.03.02	主管機關通知科技會報辦公室函 108 年度延續性計畫經費編列原則，以 107 年賴揆上任前預算(280,428k) 提出，並要求商借 35,000 千元額度借予游離領域，經 3/5 與核能研究所討論，108 年借予 1500 千元額度，因此 108 綱要經費下修 265,428 千元提出申請。
計畫管理	107.03.09	108 年度綱要計畫暨 106 年績效報告主管機關(標準局)審查會議。
計畫管理	107.04.11	主管機關前來進行本年度第一次不定期稽核，2 項建議事項。
計畫管理	107.04.16~ 04.18	標準局前來進行 106 年度標準局委辦計畫會計查核作業。
計畫管理	107.05.24	SI 新標準申請 107 第二預備金一案，申請金額為 260,655 千元(經常門 34,048 千元，資本門 226,607 千元其中 19,152 千元為房屋及建築費用)，5/24 行政院主計總處暨標準局陳副局長等一行 8 人參訪國家度量衡標準實驗室，了解 SI 新標準與二備金規劃應用情形，參觀質量、電流、物量等實驗室建置狀況。
計畫管理	107.06.26	NML 辦理內部稽核
計畫管理	107.10.08	主管機關前來進行本年度第二次不定期稽核。
計畫變更	107.03.08	標準局經標四字第 10700018690 號函文通知，因立法院因立法院預算案審議結果統刪 3%，合約執行金額變更為 259,060 千元，3 月 8 日起生效。
計畫變更	107.04.10	主管機關來文，請我方變更計畫書工作內容。一、新增印尼流量技術人員來臺接受 4 項訓練課程(膜式氣量計 型式認證訓練、液體流量計校正、工業用瓦斯流量計校正 及家用水量計型式認證訓練)。二、有關協助辦理世界計量日研討會部分，請協助研討會 與會外賓訪臺食宿、機票及在臺相關交通費用。
國際合作	107.07.02~ 07.05	越南國家計量院(Vietnam Metrology Institute, VMI)派員至 NML，NML 完成 5 人次電量領域之量測技術進階訓練。

分類	時間	內容
國際合作	107.08.15~ 09.07	越南國家計量院(Vietnam Metrology Institute, VMI)派員至 NML，NML 完成 3 人次振動領域之量測技術訓練。
國際合作	107.12.05 ~ 12.06	依據台印尼第 4 屆 JCTI 貿易工作小組會議決議，配合標準局講授「膜式氣量計型式認證技術規範及標準器追溯」及膜式氣量計檢測設備操作觀摩。
國際會議	107.03.19~ 03.20	蕭俊豪博士等 3 人參加質量及相關量諮詢委員會流量工作小組(CCM-WGFF)會議
國際會議	107.04.16~ 04.18	林采吟博士參加化學物量委員會氣體分析工作小組(CCQM-GAWG)會議
國際會議	107.06.09~ 17	傅尉恩組長參加國際度量衡局(BIPM)長度諮詢委員(CCL)會議及工作小組會議
國際會議	107.07.01 ~ 07.06	吳貴能君參加光度與光輻射諮詢委員會工作小組(CCPR WG)會議。
國際會議	107.07.02~ 07	藍玉屏組長以 APMP 執行委員身分，黃宇中經理以 TCAUV 委員會主席身分出席 2018 亞太計量組織年中會議及相關活動。
國際會議	107.09.05~ 09.08	陳生瑞博士以 APMP TCM 主席身分出席並主持 APMP 醫學計量焦點工作組之焦點工作組促進合作計畫(FGI)計畫起動會議，討論 FGI 計畫之執行草案與未來規劃。
國際會議	107.10.02~ 10.04	林采吟室主任參加化學物量委員會無機分析工作小組(CCQM-IAWG)會議。
國際會議	107.10.06 ~ 10.14	楊正財副組長參加第 53 屆國際法定計量委員會會議及相關會議。
國際會議	107.11.10~ 11.18	標準局陳副局長、林增耀主任、藍玉屏、姚斌誠博士等參加第 26 屆國際度量衡大會(CGPM)及相關活動。
國際會議	107.11.20 ~12.01	林增耀主任率相關主管及資深同仁共 15 人前往參加於新加坡舉辦之 2018 年亞太計量組織會員大會暨技術研討會，除於各領域報告我國實驗室現況外並進行領域技術交流及國際事務討論。
專利權終 止維護	107.09.18	依據 106 年主計財務查核建議事項，辦理專利權終止維護建議清單，107 年 9 月 18 日經標四字第 10700586450 號同意停止 20 件專利維護權，避免專利維護支出過高。
監督評鑑	107.01.12	完成電量/電磁/光學/長度領域實驗室認證之監督評鑑(N0688)
獲獎	107.10.29	傅尉恩組長獲新竹市企業經理協進會 2018 年研發管理類新竹區傑出經理獎。
獲獎	107.11.28	前國家度量衡標準實驗室主任，現任工研院協理段家瑞，獲亞太計量組織各會員國提名推薦，經執行委員審查投票選出，獲頒「亞太計量成就獎」(APMP Award)，肯定他長期在亞太區計量領域的貢獻及成就。

附件十一、名詞索引表

簡 稱	全 名	中文譯稱
A*STAR	Agency for Science, Technology and Research	新加坡科學技術研究機構
AFRIMET	Intra-Africa Metrology System	非洲計量體系
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	日本產業技術總合研究所
AMP	Advance manufacturing partnership	先進製造業夥伴關係
ANSI	American National Standards Institute	美國國家標準協會
AOI	Automatic Optical Inspection	自動光學檢測
APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation	亞太經濟合作會議
APLMF	Asia-Pacific Legal Metrology Forum	亞太法定計量論壇
APMF	Asia-Pacific Symposium on Measurement of Mass , Force and Torque	亞太質量、力學及扭力論壇
APMP	Asia-Pacific Metrology Programme	亞太計量組織
ASEAN	The Association of Southeast Asian Nations	東南亞國家協會 簡稱東協
ASTM	American Society for Testing and Material	美國試驗與材料協會
AUV	Acoustics, Ultrasound, Vibration	聲量、超音波、振動
AVS	American Vacuum Society	美國真空學會
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures 《International Bureau of Weights and Measures》	國際度量衡局
BIML	International Bureau of Legal Metrology	國際法定度量衡局
CC	Consultative Committee	諮詢委員會
CCAUV	Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration	聲量、超音波、振動諮詢委員會
CCDM	Comité Consultatif pour la Définition du Mètre 《Consultative Committee for Definition of the Meter》	公尺定義諮詢委員會
CCDS	Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde 《Consultative Committee for the Definition on the Second》	秒定義諮詢委員會
CCE	Comité Consultatif d'Électricité《Consultative Committee on Electricity》	電量諮詢委員會
CCEM	Consultative Committee for Electricity and Magnetism	電磁諮詢委員會
CCEMRI	Comité Consultatif pour la les Étalons de mesure des Rayonnements Ionisants 《Consultative Committee for the Standards on Measurement of Ionizing Radiation 》	游離輻射量測標準諮詢委員會
CCL	Consultative Committee for Length	長度諮詢委員會
CCM	Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées	質量及相關量諮詢委員會
CCPR	Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie 《Consultative Committee for Photometric and Radiometry》	光輻射諮詢委員會

簡 稱	全 名	中文譯稱
CCQM	Comitè Consultatif pour la Quantité de Matière Consultative Committee for Amount of Substance – Metrology in Chemistry	物量諮詢委員會
CCRI	Consultative Committee for Ionizing Radiation	游離輻射諮詢委員會
CCT	Comitè Consultatif de Thermométrie 《Consultative Committee on Thermometry》	溫度諮詢委員會
CCTF	Consultative Committee for Time and Frequency	時間及頻率諮詢委員會
CCU	Consultative Committee for Photometry (CCP) Comitè Consultatif des Unitès 《Consultative Committee of SI Unites》	國際單位諮詢委員會
CD	Critical Dimension	關鍵尺寸、臨界尺寸
CENAM	Centro Nacional de Metrologia	墨西哥國家計量中心
CGPM	Confèrence Gènèral des Poids et Mesures 《General Conference of Weights & Measures》	國際度量衡大會
CIE	Commission internationale de l'éclairage ;《International Commission on Illumination》	國際照明委員會
CIML	International Committee of Legal Metrology	國際法定計量委員會
CIPM	Comittee International des Poids et Mesures 《International Committee of Weights & Measures》	國際度量衡委員會
CIPM MRA	CIPM Mutual Recognition Arrangement	國際度量衡委員會相互認可協議
CMC	Calibration and Measurement Capabilities	校正與量測能量
CMM	Coordinate Measuring Machine	座標量測儀
COOMET	Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions	歐亞國家計量組織聯盟
CPEM	Conference on Precision Electromagnetic Measurements	精密電磁量測大會
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research	南非科學與工業研究院
DEC	Developing Economies Committee	發展中經濟體委員會，開發中國家
DFM	Danish Institute of Fundamental Metrology	丹麥國家計量院
DFPI	Dual Fabry-Perot Interferometer	雙光學共振腔
DG	Discussion Group	專業討論小組
DIN	Deutsches Institute for Normung	德國標準協會
DSM	Department of Standards Malaysia	馬來西亞標準局
DSQ	Directorate of Standards and Quality	越南標準與品質總局
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	高密度分波多工
EC	European Communities	歐洲共同體
EC	Executive Committee	執行委員會
EMRP	European Metrology Research Programme	歐洲計量研究計畫
EOM	Electro-optical modulator	電光調制器
EURAMET	the European Association of National Metrology Institutes	歐洲計量組織聯盟
EUSPEN	European Society for Precision Engineering and Nanotechnology	歐洲精密工程及奈米技術研討會
FFT	Fast Fourier Transform	快速傅立葉轉換

簡 稱	全 名	中文譯稱
FG	Focus Group	焦點工作組
FinFET	Fin Field-Effect transistor	鱗式場效電晶體
GA	General Assembly	會員大會
GIXRR	Grazing incidence X-ray reflectivity	低略角 X 射線反射技術
GIXRF	Grazing incidence X-ray fluorescence	低略角 X 射線螢光光譜
GULFMET	Gulf Association for Metrology	波斯灣計量標準聯盟
GUM	Guide to the expression of Uncertainty in Measurement	ISO 量測不確定度表達指引文件
ICT	Instrument Calibration Technics	校正程序
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer	感應耦合電漿質譜分析儀
IEC	International Electrotechnical Commission	國際電工委員會
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.	美國電機與電子工程師協會
ILAC MRA	International Laboratory Accreditation Cooperation Mutual Recognition Arrangement	國際實驗室認證聯盟相互認可協議
IMEKO	International Measurement Confederation	國際量測聯合會
INM	Institute National de metrologie 《National Institute on Metrology》	法國國家計量研究院
INMS	Institute for National Measurement Standards	加拿大國家量測標準研究院
INRIM	Istituto Nazionale per La Ricerca Metrologica	義大利國家實驗室
ISO	International Organization for Standardization	國際標準組織
ITRS	International Technology Roadmap for Semiconductors	國際半導體科技技術藍圖
ITU	International Telecommunication Union	國際通訊聯盟
JCRB	Joint Committee of RMOs and the BIPM	區域組織聯合委員會
JPT	Joint Proficiency Test program	聯合能力試驗計畫
KC	Key comparison	關鍵比對
KCDB	Key Comparison Data Base	關鍵比對資料庫
KCRV	Key comparison reference value	關鍵比對參考值
KOLAS	Korea Laboratory Accreditation Scheme	韓國實驗室認證組織
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science	韓國標準與科學研究院
LIMS	Laboratory Information Management System	實驗室資訊管理系統
LNE	Laboratoire national de métrologie et d'essais,	法國國家計量標準實驗室
LNG	Liquefied natural gas	液化天然氣
MAA	Mutual Acceptance Arrangement	型式認證相互承認協議
METAS	Federal Institute of metrology	瑞士計量聯合協會
MOU	Memorandum of Understanding	合作備忘錄
MRA	Mutual Recognition Arrangement	相互承認協定
MSVP	Measurement System Validation Procedures	量測系統評估報告
NATA	National Association of Testing Authorities	澳大利亞國家試驗組織協會
NBS	National Bureau of Standards	美國國家標準局
NCSL	National Conference of Standards Laboratories	美國國家標準實驗室大會
NDL	National Nano Device Laboratory	國家毫微米實驗室
NDIR	Nondispersive Infrared	非分散式紅外線
NEL	National Engineering Laboratory	英國國家工程實驗室

簡 稱	全 名	中文譯稱
NIM	National Institute of Metrology	中國計量科學研究院
NIMT	National Institute of Metrology(Tailand)	泰國國家計量研究院
NIST	National Institute of Standards and Technology	美國國家標準與技術研究院
NMC	National Metrology Center	新加坡國家計量中心
NMI	National Metrology Institute	國家計量機構
NMIA	National Measurement Institute Australian	澳洲國家計量研究院
NMIJ	National Metrology Institute of Japan	日本國家計量研究院
NMISA	National Metrology Institute of South Africa	南非計量研究院
NPL	National Physical Laboratory	英國國家物理實驗室
NRC	National Research Council	加拿大國家研究委員會
NRCCRM	National Research Center for Certified Reference Materials	中國國家標準物質中心
OIML	Organisation Internationael de Metrologie Legale 《International Organization of Legal Metrology 》	國際法定計量組織
PJVS	Programmable Josephson Voltage Standard	可編輯式約瑟芬電壓標準
PR	Photometry and Radiometry	光度和光輻射量
PT	Proficiency Test	能力試驗
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt 《Physikalisch Technische Reichsanstalt》	德國聯邦物理技術研究院
PWL	Physical Absorbed Water Layer	物理性吸附水氣層
QM	Amount of Substance	物量
RI	Ionizing Radiation	游離輻射
RMO	Regional Metrology Organization	區域計量組織
RoF	Radio over Fiber	光載射頻
SASO	Saudi Arabian Standards Organization	沙烏地阿拉伯標準組織
SBR	saturable Bragg Reflcetor	半導體飽和吸收體
SC	Supplementary Comparison	輔助比對
SCRV	Supplementary Comparison Reference Value	輔助比對參考值
SDAC	Southern African Development Commuinty	南非國家地區發展組織
SEM	Scan electronic microscope	掃描式電子顯微鏡
SEMI	Semiconductor Equipment and Materials International	美國半導體設備與材料國際商會
S.H.E.T	Safe、Health、Environment、Trade	安全健康環境貿易
SI	International System of Units; SystèmeInternational d'Unités	國際單位制
SIM	Sistema Interamericano de Metrologia (Inter-american Metrology System)	美洲計量體系
SIRIM	Standards and Industrial Research Institute of Malaysia	馬來西亞標準與工業研究院
SMD	Belgian National Metrology Institute	比利時國家計量院
SMR	Spherically Mounted Retroreflector	角耦反射鏡
SP	Swedish National Testing and Research Institute	瑞典國家試驗研究院
SPIE	International Society for Optical Engineering	國際光學工程學會

簡 稱	全 名	中文譯稱
spICP-MS	Single Particle Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry	單微粒感應耦合電漿質譜儀
SPM	Scanning Probe Microscope	探針掃描顯微鏡
SRM	Standard Reference Material	標準參考物質
TAF	Taiwan Accreditation Foundation	財團法人全國認證基金會
TBT	Technical Barriers to Trade	技術貿易障礙
TCAUV	Technical Committee Acoustics, Ultrasound and Vibration	聲音/超音波/振動領域之技術委員會
TCFF	Technical Committee for Fluid Flow	流量領域之技術委員會
TCI	Technical Committee Initiative projects	技術委員會促進合作計畫
TCL	Technical Committee for Length	長度技術委員會
TCM	Technical Committee for Mass	質量技術委員會
TCMM	Technical Committee for Materials Metrology	APMP 材料計量技術委員會
TCT	Technical Committee for Temperature	溫度技術委員會
TEM	Tunnel electronic microscope transmission electron microscope	穿透式電子顯微鏡
TF	Time and Frequency	時間與頻率
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	聯合國工業發展組織
VIM	international vocabulary of basic and general terms in metrology	國際計量基本與通用詞彙
VMI	Vietnam Metrology Institute	越南計量研究院
VNIIFTRI	National Scientific Research Institute for Physical-Technical and Radio-Technical Measurements	俄羅斯國家物理與無線電技術量測科學研究院
VNIIM	All-Russian Scientific Research Institute of Metrological Service	俄羅斯計量科學研究院
VSL	Van Swinden Laboratory	荷蘭國家計量院
WG	Working Group	工作小組
WGFF	Working Group of Fluid Flow	流量工作小組
WTO	World Trade Organization	世界貿易組織
XPS	X-Ray Photoelectron Spectroscopy	X 射線光電子頻譜技術
XRCD	X-Ray-Crystal-Density	X 光晶體密度法
XRCD	X-Ray-Crystal-Density	X 光晶體密度法
XRD	X-Ray Diffractometer	X 光繞射儀
XRR	X-ray reflectivity	X 射線反射技術
XSW	X-ray standing wave	X 射線駐波

附件十二、107 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」

107 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	
<p>1. Page III, 「策略性汰換 1 項使用故障/性能退化之設備, 與改良精進 2 套系統」, 其中「完成大質量量測系統, 共 1 項改良及 1000 kg 質量比較儀重要設備汰換」應同屬系統精進的工作, 非系統汰換與系統精進兩個工作項目。</p>	<p>大質量量測系統(M03)能量範圍分 10 kg 以下、(20~50) kg 及 50 kg 以上。針對(20~50) kg 範圍, 106 年度完成該部分設備(次系統)汰換, 107 年度則持續進行設備汰換後之系統評估等工作, 即 page III 之 1 項「改良工作」。另外, 於 50 kg 以上能量範圍(次系統), 則新購置 1000 kg 質量比較儀, 屬「設備汰換工作」。</p>
<p>2. Page IV, 「自動追蹤雷射測距與校正技術」107 年度執行成果： <u>完成智慧工具機自動量測與補償技術：利用 NML 的座標量測儀機台完成 1 種機台結構之空間誤差模型, 量測空間取 1000 mm × 600 mm × 200 mm, 3 次數據結果間之差異皆在 ± 1.5 μm 範圍內, 並可輸出 21 項幾何誤差表, 完成三軸 21 項幾何誤差模型軟體及模擬。</u></p> <p>Page 137, 智慧工具機自動量測與補償技術 (108 年度目標): <u>工具機空間運動誤差模型建立, 至少可求得 17 項誤差運動之誤差值</u></p> <p>兩個年度完成目標與成果不一致。</p>	<p>感謝委員指正, 17 項誤差為於 106 年訂定的目標, 因應產業需求變化與配合「智慧機械新興重點政策計畫」執行, 原 108 年目標已提前一年於 107 年執行, 並求得之幾何誤差項次從 17 項增加至 21 項, 符合 107 年計畫書所定之目標與查核項。感謝委員提醒, 技術建立時程表未做修正, 有誤之處, 將於第二版執行報告更正。</p>
<p>3. 「自動追蹤雷射測距與校正技術」除應用於高階工具機的應用外, 高精度半導體與 LCD 檢測設備的運動誤差補償應用更普遍更廣泛, 請評估可應用性以擴大產業應用效益。</p>	<p>感謝委員提供建議, 本技術於推廣過程中, 有高雄的半導體設備開發廠商詢問該技術的適用性, 經評估後, 半導體設備開發跟工具機存有幾項差異點如機台運動鏈、操作空間及控制方式等, 需對現有量測方式進行調整(如運動鏈修改、量測架構改變等), 未來會持續多方面蒐集高精度半導體與 LCD 檢測設備相關機台檢驗需求與資訊, 若有機會也會跟業者配合, 以期擴大產業應用效益。</p>
<p>4. 機械加工廠常規使用的遊標卡尺與分厘數量</p>	<p>感謝委員建議, NML 每年皆舉辦各領域之技</p>

建議事項	說明
<p>最多，通常是送年度外校或是廠內以校正後的塊規進行廠內自檢，因外校費時且價格較貴，當數量多時常會選擇廠內自校，又不需要達到 TAF 等級的校正 Lab。</p> <p>可否開課或諮詢或以顧問方式，協助廠商對常規使用量具進行廠商自校制度的建立，SOP 流程建立，人員培訓，甚至年度的考核。</p>	<p>術研討會，提供計量人才訓練。107 年 3 月 23 日長度領域舉辦之「智慧機械尺寸儀器線上量測技術—基礎班」，於長度量測導論已涉及部分委員之建議。此外，也以諮詢或顧問之方式協助解決各公司之問題，如漢翔公司的廠內標準件建立之技術授權(顧問性質)。廠商若有相關之開課、諮詢或以顧問方式之需求，可詢上述模式進行，NML 將提供相關技術諮詢或課程，協助廠商建立品保制度及人員培訓。</p>
<p>B 委員</p>	
<p>1.本年度計畫共計執行五大分項，分別為(1)標準維持與國際等同分項、(2)工業計量技術發展分項、(3)科學計量(含 SI 新計量)技術研究分項、(4)法定計量技術發展分項、(5)SI 新標準系統建置分項，五大分項均依規畫內容推動中，計畫執行成果及效益，提供國內產業民生之量測追溯，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。</p>	<p>感謝委員支持。</p>
<p>2.第 III 頁之年度執行成果指出，提供 125 份全球相互認可協議架構認可之英文校正報告。然在第 XIX 頁及第 80 頁之報告，卻指出提供國際認可之英文校正報告，共 123 份，何者正確?請修正。</p>	<p>感謝委員指正，年度共產出 125 份英文校正報告，第 80 頁數字為誤植。</p>
<p>3.有關系統精進及改良方案之年度執行成果概述，除說明針對那些系統進行精進或改良外，建議概略說明精進或改良後的技術量化指標，藉以預估計畫所能提升之效益。</p>	<p>感謝委員建議，將再補充說明於下一版結案報告。改良後的技術量化指標為：(1)低壓氣體流量量測系統(系統代碼：F06)服務範圍由 24 L/min 擴充提升至 40L/min，不確定度由 0.1 % 降低至(0.07 ~ 0.08) %。(2)大質量量測系統(系統代碼：M03)解決系統老舊故障無法對外服務問題，降低目前追溯時的干擾及誤差與提升操作安全性，不確定度由(8.4 ~ 21) mg，降低至 (3.6 ~ 10) mg。</p>
<p>4.計畫期末報告提及多項建置案於 12 月底方能完成驗收，請在查證及驗收會議提供最新之驗收進度。</p>	<p>感謝委員提醒，本計畫購置之與 SI 新標準建置相關設備，包括科學計量分項 4 項及 SI 新標準系統建置分項(二備金)17 項，皆已於 107/12/28 前完成到貨驗收，符合計畫目標。驗收進度請委員參閱附件。</p>

建 議 事 項	說 明
<p>5.第 III 頁之年度執行成果指出，策略性汰換 1 項使用故障/性能退化之設備，與改良精進 2 套系統，然在第 6 頁，針對綠色能源科技創新產業之相關工作項目，也同時指出，配合綠能產業本計畫進行電量領域之「約瑟夫森電壓量測系統」與「交流電流量測系統」汰換，及流量領域之「低壓氣體流量校正系統」改良。此兩部分所陳述之汰換及改良精進之系統，似乎不盡相同，請釐清。</p>	<p>第 III 頁屬 107 年度執行成果，第 6 頁為全程計畫目標之重點說明。於第 6 頁敘述但未見於第 III 頁者為非屬 107 年度工作，包括「約瑟夫森電壓量測系統」將於 108 年度進行系統設備汰換，「交流電流量測系統」則已於 106 年完成設備汰換。流量領域之「低壓氣體流量校正系統」改良則於 107 年完成其中管式校正器(系統代碼：F06)改良，108 年將完成鐘形校正器系統改良(系統代碼：F07 及 F08)。</p>
<p>C 委員</p>	
<p>1.本計畫在標準維持與國際等同、工業計量技術發展、科學計量技術研究、法定計量技術發展、SI 新標準計量技術發展等五個分項，已達到 107 年預定進度或將在 12 月底前完成驗收，且有部份分項超過 107 年度預定目標，且工作執行情形分列說明完整，計畫執行進度符合預期。</p>	<p>感謝委員肯定與支持。 各項執行進度及相關之設備採購皆於 12 月底完成預訂計畫目標。</p>
<p>2.本計畫 107 年度至 11/30 止之實際支出為 231302 千元，佔全年預定支用經費 519715 千元的支用比率 44.5%，整體經費支出尚屬合理。</p>	<p>感謝委員支持。</p>
<p>3.質化、量化成果彙總 3-1.KPI 達成度: 本計畫於經濟效益、技術創新、歲入收入等等項目超出年度目標數，僅在學術成就部份項目上與目標數略有差異，但整體計畫完程度高。</p>	<p>感謝委員肯定與支持。</p>
<p>3-2 國際等同性: 進行光量/長度/電量/磁量/微波/溫度/溼度/質量/力量/壓力/真空/流量等領域之多項國際比對與認證評鑑，參與國際比對確保國家標準與國際標準之等同性，整體比對項目與認證評鑑完成度高，盼 108 年度以後能夠陸續完成更多項目的國際等同認證。</p>	<p>感謝委員肯定與支持，108 年將再進行光量/長度/電量/磁量/微波/溫度/濕度/質量/力量/壓力/真空/流量等領域五年一次之同儕評鑑，未來也將持續參與及爭取主辦國際比對，維持我國之國際等同性。</p>
<p>3-3 產業服務(校正服務量、產業服務): 校正服務量於工作期間已達到 4582 件的國家級校正服務量，且舉辦研討會、出版資訊、技術資訊與度量衡教育推廣做得相當好。</p>	<p>感謝委員肯定與支持，實驗室將持續努力貢獻。</p>

建 議 事 項	說 明
<p>3-4 論文發表、專利申請:</p> <p>本計畫年度目標為國際論文發表 18 篇與專利獲證 1 件，雖然計畫於 107 年度已達成目標數，但在國內論文發表部分，仍有些許之差距；本計畫於工業計量技術發展、科學計量技術研究、法定計量技術發展、SI 新標準計量技術發展等四個分項已有許多成果，希望 108 年度能將重要相關技術撰寫成論文與專利。</p>	<p>感謝委員意見。本年度計畫目標數為國內論文 42 篇，國外論文 18 篇。實際完成數為國內論文 37 篇，國外論文 28 篇。雖國內論文未達目標數，但國外論文超出目標數，兩者總合實際產出數亦超出目標數，請委員瞭解。未來將依委員意見持續將重要技術撰寫成論文發表。</p>
<p>D 委員</p>	
<p>1.本年度本計畫各項 KPI 績效指標均達成或超過原先設定目標，表現優異，其中為因應國際基本單位(SI)的重新定義，並將於 2019 年 5 月正式實施，啟動並執行 SI 新標準(新質量、新溫度、新電流、新物質)計量軟硬體系統的建置工作，計畫執行順利，並順利引進原級關鍵核心元件與技術，績效亮眼，貢獻卓著，應予獎勵。</p>	<p>感謝委員支持、肯定與鼓勵。</p>
<p>2.P.24，經費運用情形表中的資本門預算執行數僅約 952 萬元，惟此額度與本年度本計畫中包含行政院第二預備金擬建置的新質量、新溫度、新電流、新物質標準所含的各項設備的投入經費相差甚遠，如表 5-1-1、表 5-2-1、表 5-3-1、表 5-4-1 所示，請釐清。</p>	<p>依據會計程序，採購合約簽下已付之頭款或第二期款，雖已支付對方，在我方會計帳稱之「暫付數」，未付之款稱之「應付數」，待設備完成到貨且驗收結案，完成報銷後，「暫付數」「應付數」則轉為「實際數」。</p> <p>P.24，經費運用情形表中的資本門預算執行數，所指為實際數。因第二預備金建置新 SI 系統下半年方執行，設備多為 12 月完成到貨驗收，因此至 11.30 日之第一版報告，設備未完成驗收，不會顯現在表中的實際數。</p> <p>本年度機械設備及雜項於 12/28 日前已完成驗收，資本門設備預算數 252,824 千元，設備決算數為 252,718.583 千元，結餘 105,417 元。</p>
<p>3.本年度客戶對於 NML 所提供的 9 項校正服務滿意度均達 9.5 分以上，表現傑出，值得肯定。惟問卷回收率偏低，回收問卷 143 份僅佔總服務廠商 690 家的 21%，建議採取更積極有效且便利省時的方式進行滿意度調查，以提升回收率。</p>	<p>感謝委員意見。自 107 年度 6 月 1 日起，NML 年度顧客滿意度調查經主管機關標準局同意，已調整為數位化方式處理。截至 12 月 31 日，計 510 家廠商點選，以十級分制計算(非常滿意 10 分、滿意 8 分、普通 6 分、不滿意 4 分、很不滿意 2 分)整體滿意度為 9.7 分。以 107 年度服務廠商總家數 762 家計，紙本(143 份)</p>

建 議 事 項	說 明
	與數位化(510份)回覆率合計為 85.7 %。
4.本年度產出的技術報告中有五件屬於機密等級，請說明技術報告歸類為機密等級的依據與解密條件與程序。	<p>依據工研院技術資料管理辦法/工研院機密資訊管理辦法，同仁針對產出資料對院的影響程度以及不同嚴謹程度之保密措施進行機密等級判定，本院計分為「極機密」級、「機密」級及「非機密」級三種等級。</p> <p>「保密期限」或「解密條件」原則：機密資訊應由其產出者擬訂「保密期限」或「解密條件」保密期限應以「極機密」級為十年、「機密」級為五年為原則，但權責主管得視實際情形調整之。核定權責主管如下：</p> <p>(一)「極機密」級：單位主管</p> <p>(二)「機密」級：單位直屬一級主管</p>
E 委員	
1.第 24 頁經費運用情形，機械設備及雜項設備支出的預算金額和實際金額差異非常大，這些預計的支出是不會發生還是會延後到下一年度發生請補充說明。	<p>P.24 經費運用情形表中的資本門預算執行數，所指為實際數。因第二預備金建置新 SI 系統下半年方執行，設備多為 12 月完成到貨驗收，因此至 11.30 日之第一版報告，設備未完成驗收，不會顯現在表中的實際數，所以預算金額和實際金額差異非常大，。</p> <p>本年度機械設備及雜項於 12/28 日前已完成驗收，如附件，資本門設備預算數 252,824 千元，設備決算數為 252,718.583 千元。</p>
2.有關計畫達成情形，有多個項目(P45, P54~P58, P240,P252,P260,P272,P273)的差異分析均為 107 年 12 月底前完成結案，於 108 年 1 月 4 日查證及驗收會議時理應結案，請補充說明實際執行狀況是否有差異。	<p>本年度機械設備及雜項於 12/28 日前已完成驗收，符合原計畫目標。</p>
3.計畫執行狀況良好，惟執行過程中因預算刪減必須變更計畫內容導致成效打折，國家度量衡標準實驗室的運作與發展為品質基礎磐石，雖然沒有辦法讓一般民眾有感但對產業發展至關重要，期盼政府能更支持及重視。	<p>感謝委員肯定與支持。</p>

附件、SI 新標準設備採購驗收進度明細表：

分項計畫名稱	系統	設備名稱	合約金額	請購日期	交貨日	驗收完成日	備註
107NML 科學分項 (執行期間-107.1~107.12) 計畫預算金額：4362.7 萬	質量	超高真空系統	590 萬	3/18	12/20	12/25	已完成驗收
		超高真空相容五軸矽晶球調整座	540.5 萬	3/18	12/20	12/27	已完成驗收
		吸附效應參考法碼組	483.5 萬	3/18	12/7	12/24	已完成驗收
	溫度	準球型聲學共振腔	466.1 萬	3/28	12/24	12/25	已完成驗收
107NML SI 新標準系統建置分項 (第二預備金) (執行期間-107.7~107.12) 計畫預算金額：2 億 6065.5 萬	質量	一公斤質量比較儀全自動量測系統	1,500 萬	7/9	12/5	12/23	已完成驗收
		一百克質量比較儀全自動量測系統	2,980 萬	7/9	12/5	12/23	已完成驗收
		十克質量比較儀全自動量測系統	1,590 萬	7/9	12/5	12/23	已完成驗收
		靜態膨脹真空原級標準系統	2,500 萬	7/9	12/5	12/22	已完成驗收
		新質量實驗室空調系統	239 萬	7/30	11/21	11/30	已完成驗收
	溫度	熱電偶高溫校正系統設備	2,080 萬	7/9	12/3	12/27	已完成驗收
		輻射超高溫校正系統設備	1,340 萬	7/9	12/3	12/27	已完成驗收
	電流	免液氮量化霍爾電阻系統	749.3 萬	7/11	12/15	12/23	已完成驗收
		高精度多通道高阻電橋	444.8 萬	7/11	12/20	12/23	已完成驗收
		精密標準電阻器	239 萬	7/11	12/21	12/25	已完成驗收

分項計畫名稱	系統	設備名稱	合約金額	請購日期	交貨日	驗收完成日	備註
		及其恆溫儲存槽					
		精密電阻校正器	328 萬	7/11	10/3	10/17	已完成驗收
	物質 量	多接收器感應耦合電漿質譜	3,085 萬	7/12	11/26	12/17	已完成驗收
		同位素比例量測設備	1,970 萬	7/13	12/17	12/25	已完成驗收
		高解析感應耦合電漿質譜	1,765 萬	7/12	11/28	12/17	已完成驗收
		新物質無塵實驗室	492 萬	10/19	12/7	12/17	已完成驗收
		新物質實驗室空調系統	980 萬	8/31	12/17	12/28	已完成驗收
		新物質實驗室全自動滅火系統	370 萬	9/7	12/12	12/26	已完成驗收

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

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107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	19	5	23	4	15	◎			原級系統，提供 A02 與 A03 兩套系統之標準件追溯。
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 (3) 1/4 英吋(符合 IEC 61094-4	(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	81.05.25	電容式麥克風	71	103	129	103	124	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
			WS3) 頻率：20 Hz to 20 kHz	Hz(不含) to 8 kHz) , 0.16 dB (8 kHz(不含) to 20 kHz) (3) 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 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) 音校正器 (2) 塞式校正器 (3) 音計	192	211	211	206	227	◎			
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	-	4	5	3	3	◎			103年8月完成查驗，104年1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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
5	核磁共振磁通密度量測系統	B01	50 mT to 1.5 T	0.001 % to 0.01 % (相對)	81.12.28	磁力計、高斯計、參考磁鐵	102	117	134	147	166	◎			
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 μ Wb to 2.6 mWb (2) 21 mm ² to 0.0027 m ² (turns)	82.09.15	(1) 磁通計 (2) 探索線圈	11	10	13	13	20	◎			
7	低磁場量測系統	B03	(1) 1 mT to 50 mT (2) 1 μ T to 1 mT (3) 0.5 μ T to 50 μ T @ (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	磁力計、高斯計、參考磁鐵	139	156	147	143	157	◎			
8	黏度計量測系統	C01	1 mPa · s to 2×10^5 mPa · s	0.04 mPa · s to 2300 mPa · s	80.06.30	旋轉式黏度計	13	12	11	1	0	◎			106年1件為加購報告。 自105年10月暫停收件，已於107年6月14日同意停止服務，俟度量衡規費收費標準修正公佈後，再正式停止對外提供服務。

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
9	鋼瓶氣體濃度量測系統	C03	CO : (10 to 200000) µmmol/mol CO ₂ : (100 to 300000) µmol/mol CH ₄ : (100 to 100000) µmol/mol C ₃ H ₈ : (100 to 50000) 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	0.08 µmol/mol to 0.12 mmol/mol	83.10.26	鋼瓶氣體濃度之驗證	10	27	14	28	15	◎			104 年配合 RMP 認證配置氣體，故該年鋼瓶驗證量較多。C ₂ H ₅ OH 自 106 年 12 月暫停收件，預計 108 年 4 月恢復收件。
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) CO : 2 µmol/mol CO ₂ : 6 µmol/mol CH ₄ : 0.1 %LEL(59 µmol/mol) C ₃ H ₈ : 0.1 %LEL(26 µmol/mol) (2) 分流率 : 0.5 %	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	48	63	33	48	52	◎			104 年配合 RMP 認證配置氣體，故該年鋼瓶驗證量較多。另因自 105 年 8 月暫停收件，106 年 2 月恢復收件，故 105 年校正量

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						流器									減少約 10 件。
11	質量法高壓混合氣體供應驗證系統	C08	(1) 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 SF ₆ in N ₂ : (10 to 1000) μmol/mol CF ₄ in N ₂ : (100 to 3000) 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 N ₂ O in N ₂ : (100 to 1000) μmol/mol (2) (CO + CO ₂ + C ₃ H ₈) in N ₂ CO : (5 to 40) mmol/mol	(1) 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 % SF ₆ in N ₂ : 0.2 % to 1.5 % CF ₄ in N ₂ : 0.1 % to 1.0 % NO in N ₂ : 0.5 % to 2.0 % SO ₂ in N ₂ : 0.5 % to 1.5 % O ₂ in N ₂ : 1.5 % to 3.0 %、0.2 % to 1.5 % CH ₄ in Air : 0.1 % to 0.5 % N ₂ O in N ₂ : 0.5 % to 1.5 % (2) (CO + CO ₂ + C ₃ H ₈)	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 、SF ₆ in N ₂ 、NO in N ₂ 、SO ₂ in N ₂ 、O ₂ in N ₂ 、CH ₄ in Air) (2) 多成分氣體 (CO+C O ₂ +C ₃ H ₈) in N ₂ (3) 雙成分	92	65	39	18	30	◎		▲	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。105 年因 C07 自 8 月暫停收件，106 年 2 月恢復收件，氣體經盤點數量足夠，故 C08 105 年至 107 年配置數量均減少。

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
			CO ₂ : (50 to 160) mmol/mol C ₃ H ₈ : (100 to 1600) μmol/mol (3) C ₂ H ₅ OH in N ₂ : (80 to 140) μmol/mol H ₂ S in N ₂ : (10 to 100) μmol/mol (4) VOC (含 Benzene、Toluene、Ethylbenzene、Xylenes) in N ₂ : 1 μmol/mol	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 % (3) C ₂ H ₅ OH in N ₂ : 2 % to 5 % H ₂ S in N ₂ : 1.5 % to 5.0 % (4) VOC in N ₂ (含 Benzene、Toluene、Ethylbenzene、Xylenes) : 5 % to 10 %		參考混合氣 (C ₂ H ₅ O H in N ₂ 、H ₂ S in N ₂) (4) VOCs in N ₂ (含 Benzene、Toluene、Ethylbenzene、Xylenes)									
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)	(1) 0.2 % to 1.2 % (相對) (2) 0.5 % to 1.0 % (相對)	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)	4	25	20	12	30	◎			待校氣體鋼瓶有效期限約 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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
			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			in N ₂)									
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 : (1 to 20) mmol/mol NO in N ₂ : (1 to 2000) μmol/mol SO ₂ in N ₂ : (1 to 2000) μmol/mol (2) C ₂ H ₅ OH in Air : (0 to 1200) μmol/mol	(1) CO in N ₂ : 0.02 % CO ₂ in N ₂ : 0.03 % CH ₄ in Air : 0.15 % NO in N ₂ : 0.11 % to 0.26 % SO ₂ in N ₂ : 0.048 % to 0.13 % (相對) (2) 3 μmol/mol	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、NO in N ₂ 、SO ₂ in N ₂) (2) 氣體濃度分析設備 (C ₂ H ₅ OH in Air)	-	3	6	6	1	◎			104年擴建部分，已完成查驗，105年2月開放服務。SO ₂ 、NO自106年1月暫停收件，預計108年4月恢復收件。氣體濃度分析設備(C ₂ H ₅ OH in Air)自106年6月暫停收件，預計108年4月恢復收件。
14	甲醛氣體分析設備	C11	(1 to 10) μmol/mol	0.0067 μmol/mol	105.12.26	甲醛氣體分析設備	-	-	-	4	8				105年10月完成查驗，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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
	校正系統														5月開放服務。
15	質量法環境荷爾蒙供應驗證系統	C12	50 mg/kg	6%(相對)	105.12.26	甲醇中鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	-	-	-	1	1				105年10月完成查驗,106年5月開放服務。
16	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)	19	29	20	22	26	◎			
17	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)	3	1	2	1	0	◎			原級系統,提供 D01 系統與 D23 系統兩套系統之標準件追溯。自 107 年 3 月暫停收件,107 年 9 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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
18	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： $2 \times [(0.132)^2 + (0.00136D)^2]^{1/2} \mu\text{m}$ D 為單位 mm 之環規內徑尺寸 (2) 針規： $[(0.22)^2 + (0.013D)^2]^{1/2} \mu\text{m}$ D 為單位 mm 之針規外徑尺寸 (3) 塞規： $2 \times [(0.088)^2 + (0.00136D)^2]^{1/2} \mu\text{m}$ D 為單位 mm 之塞規外徑尺寸	76.04.22	(1) 環規 (2) 針規 (3) 塞規	11	35	10	36	30	◎			
19	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	$[74.2^2 + (0.159L)^2]^{1/2} \text{nm}$ 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	107	77	188	125	163	◎			104年4月至6月進行系統改良；6月至9月其一元件故障，10月恢復收件。故部分廠商延後送校，導致105年校正量明顯增加。

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
20	角度塊規校正系統	D06	1" to 45°	0.29"	79.04.12	角度塊規	4	2	3	4	2	◎			
21	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)	12	3	9	5	13	◎			
22	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	31	29	22	26	24	◎			
23	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	33	18	41	33	44	◎			
24	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)	11	13	13	8	22	◎			
25	表面粗度量測系統	D13	Ra：0.01 μm to 20 μm	$Ra、Rq：[5^2 + (13R)^2]^{1/2}$ nm $Rmax、Rt、Rz：[20^2 + (13R)^2]^{1/2}$ nm R：各項參數，以μm為單位	76.04.28	表面粗度標準片	48	64	48	68	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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
26	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 為單位 km 之量測距離 (解析度 1.0 mm)	84.04.12	全站儀、電子測距儀	10	14	11	14	10	◎			
27	大地角度儀器校正系統	D15	0° to 360°	0.7"	84.04.14	光學經緯儀、電子經緯儀、全站儀	13	16	15	16	14	◎			
28	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	84.08.28	(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)	17	17	26	24	22	◎			碘穩頻氦氖雷射自 107 年 10 月暫停收件，預計 108 年 4 月恢復收件。
29	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	86.04.18	(1) 標準捲尺 (2) 條碼鋼鋼尺	33	0	22	22	18	◎			104 年因元件故障暫停收件，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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
				測長度											
30	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 (2a) 0 mm to 15 mm(解析度：0.2 μm) (2b) 0 mm to 30 mm(解析度：0.1 μm) (2c) 0 mm to 30 mm(解析度：1.0 μm) (2d) 0 mm to 60 mm(解析度：0.1 μm)	(1) 位移(加入環境感測器時)： $2.0 \times [u^2(D_t) + 6^2 + (5.6 \times 10^{-8})^2 \times D^2]^{1/2}$ nm 位移(不加入環境感測器時)： $2.0 \times [u^2(D_t) + 6^2 + (2.9 \times 10^{-8})^2 \times D^2]^{1/2}$ nm D 為以 m 為單位之量測位移數值； $u(D_t)$ 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 (2a) 0.34 μm (2b) 0.46 μm	90.10.01	(1) 雷射干涉儀(含環境感測器) (2) 量錶校正器	51	57	63	58	77	◎			環境感測器自107年8月暫停收件，預計108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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				(2c) 0.73 μm (2d) 0.81 μm											
31	線距校正系統	D19	(1) 50 nm to 25 μm (2) 280 nm to 10 μm (3) 50 nm to 1000 nm	(1) 0.13 nm to 1.7 nm (2) 0.009 nm to 6.3 nm (3) 3.3 nm to 20 nm	91.08.01	(1) 線距標準片(使用原子力顯微鏡, AFM) (2) 線距標準片(使用雷射繞射儀) (3) 線寬標準片(使用原子力顯微鏡, AFM)	13	11	14	10	11	◎			
32	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	92.10.08	衛星定位儀	11	6	16	8	18	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				距離(≤ 50 m) : 4.8 mm (3) 單點絕對定位 : 35 mm											
33	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	154	164	173	170	144	◎			
34	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 (2) 薄膜 (3) 多孔隙薄膜標準片	121	84	95	97	108	◎			
35	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) $[65^2 + (285L)^2]^{1/2}$ nm L : 以 m 為單位之塊	95.11.22	長塊規	31	38	25	27	35	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				規標稱長度											
36	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) TN 液晶盒 (2) VA 液晶盒	3	2	1	2	2	◎			
37	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) $[(0.36)^2 + (1.66 \times L)^2]^{1/2} \mu\text{m}$ (2) $[(0.63)^2 + (1.66 \times L)^2]^{1/2} \mu\text{m}$ (3) $[(0.77)^2 + (1.66 \times L)^2]^{1/2} \mu\text{m}$ L 為線距長度，單位 m	99.02.03	影像標準片	19	27	27	36	26	◎			
38	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) (1) 動態光散射法(DLS) (2) 電重力氣膠平衡法(EAB) (3) 微分電	17	23	27	32	20	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						移動度分析法 (DMA) (4) 表面奈米微粒粒徑標準件									
39	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) 2.3 % to 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、標準粒子計數器 (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(聚苯乙烯標準粒子) (3) 比表面積量測	6	3	13	9	8	◎			104年9月25日獲局同意系統更名。奈米粒子濃度量測自107年12月暫停收件，預計108年4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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
						(標準粒子)									
40	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) 1.5 nm to 5.4 nm (2) 0.30 nm to 3.0 nm	101.1.17	(1) 標準奈米粒子 (2) 線距標準片	9	11	10	24	17	◎			自 106 年 11 月暫停收件，107 年 5 月恢復收件。
41	座標量測儀校正系統	D29	1200 mm × 1000 mm × 700 mm	$1.96 \times (0.3 \mu\text{m} + 6.3 \times 10^{-7} L)$ L ：量測長度	106.01.19	座標量測儀	-	-	-	1	1				105 年 8 月完成查驗，106 年 5 月開放服務。自 107 年 8 月暫停收件，107 年 12 月恢復收件。
42	階規校正系統	D30	10 mm to 1010 mm	$1.97 \times [(0.29 \mu\text{m})^2 + (4.03 \times 10^{-7} L)^2]^{1/2}$ L ：量測長度	106.04.26	階規、卡尺校正器	-	-	-	3	7				106 年 2 月完成查驗，106 年 5 月開放服務。
43	約瑟夫森電壓量測系統	E01	1 mV to 10 V	50 nV to 98 nV	81.06.30	固態型電壓標準器、數位電壓表	8	15	10	12	12	◎			
44	直流 1~10 V 量測系統	E03	1 V、1.018 V、10 V	0.3 $\mu\text{V/V}$ (相對)	81.09.01	固態型電壓標準器、直流電壓標準器	19	12	16	19	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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
45	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	113	94	131	115	121	◎			
46	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、直流高壓電表、直流高壓源	45	47	53	75	64	◎			
47	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、熱效轉換標準器	105	88	129	94	115	◎			部分廠商校正週期為2年。
48	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 (2) 交流高壓分壓器、交流高壓電表、交流高壓源	54	48	57	49	54	◎			
49	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	直流電流分流器、直流電流源、直流電流表	11	9	18	14	22	◎			
50	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	直流電流分流器、直流	132	113	154	130	144	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
	統					電流源、直流電流表									
51	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	直流電流分流器、直流電流源、直流電流表	23	20	27	22	20	◎			
52	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	交流電流分流器、熱效電流轉換器、交流電流源、交流電流表	101	102	113	111	97	◎			
53	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 (2) 交流電流分流器、交流電流轉換器	60	85	85	100	99	◎			
54	直流電阻量測系統	E13	0.1 m Ω to 100 k Ω	0.10 $\mu\Omega/\Omega$ to 4.2 $\mu\Omega/\Omega$ (相對)	76.04.30	標準電阻器	76	83	83	90	78	◎			
55	直流高電阻量測系統	E14	100 M Ω 、1 G Ω 、10 G Ω 、100 G Ω 、1 T Ω	(0.09、0.18、0.19、0.23、0.6) m Ω/Ω (相對)	76.04.30	標準高電阻器、高阻計/表、十進	31	30	32	38	31	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
						高電阻器									
56	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	標準電容器、精密電容表、RLC表	58	64	64	61	59	◎			
57	標準電感量測系統	E16	100 μH to 10 H	0.22 mH/H(相對)	76.03.03	標準電感器、RLC表	43	52	60	71	55	◎			
58	交流電力量測系統	E18	(1a) 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 (1b) 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 (1c) 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	(1a) 70 μW/W to 0.41 mW/W (1b) 70 μvar/var to 0.41 mvar/var (1c) (0.31 to 0.63) mV/V (1d) (0.24 to 0.48) mA/A (2a) (0.10 to 0.47) mWh/Wh (2b) (0.10 to 0.47) mvarh/varh (3a) (0.10 to 0.47) mWh/Wh (3b) (0.10 to 0.47) mvarh/varh (4a) 70 μW/W to 0.41 mW/W (4b) 70 μvar/var to 0.41 mvar/var	76.04.22	(1) 單相交流電功率源、單相交流電功率表、單相交流瓦特轉換器 (2) 單相交流電能表、單相交流瓦時轉換器 (3) 三相交	53	50	61	56	66	◎			106年5月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)。自107年1月暫停收件，107年3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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
			諧波次：2、3、5、10、20、30、40、50、64 (1d) 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 (2a) 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 (2b) 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 功率因數：0 Lead、0 Lag、0.866 Lead、0.866 Lag (3a) 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			流電能表 (4) 三相交流電功率源、三相交流電功率表									

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明	
			頻率：50 Hz、60 Hz 功率因數：1、0.5 Lead、0.5 Lag (3b) 三相無效電能： 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：0 Lead、0 Lag、0.866 Lead、0.866 Lag (4a) 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 (4b) 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													
59	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°	0.02°	76.04.23	相位表、相位信號產生	4	4	2	7	5	◎				

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
			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°			器									
60	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) $\mu\text{W(h)}/\text{VA(h)}$	84.06.30	單相交流瓦特轉換器、單相交流瓦時轉換器、單相交流電功率表	1	1	1	1	1	◎			
61	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	1	2	1	1	2	◎			
62	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 (2) 多功能電表／校正器、十進電阻器	79	58	59	61	72	◎			
63	片電阻校正系統	E27	0.15 Ω to 4000 Ω	0.46 % (相對)	91.08.01	矽片電阻標準晶片	28	30	48	29	26	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
64	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	12	4	10	16	3	◎			原級系統，提供內部追溯。
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、蹠輪式流量計、葉輪式流量計	42	29	32	40	39				
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 \leq 稱重量 < 60 kg) 計速：1.0 %	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	46	40	51	44	67				

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						量計、蹠輪式流量計、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	33	26	27	33	29				
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	5	8	4	6	7				
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 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	28	38	37	58	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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						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	80	115	111	99	102		※	▲	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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
						噴嘴、層流式流量計、皂泡式流量計、可變面積式流量計、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	33	52	51	37	34				

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
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	56	62	27	39	39				105 年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。
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	37	43	27	37	49				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)	4	10	3	13	7				
75	低壓氣體流量校正系統(壓力容積溫	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 %	102.12.06	(1) 標準流量計 法：音速噴嘴、熱	13	41	32	19	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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
	度時間校正器)			(2) 0.10 %		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	溫濕度計、露點計	85	98	102	77	107				自 107 年 12 月暫停收件，預計 108 年 2 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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
77	真空比較校正系統	L01	0.1 Pa to 100 kPa	1.8 % (相對)	80.04.30	電容式真空計、中低真空度真空計	63	56	31	32	11			▲	部分廠商轉送二級實驗室，因此校正件減少。自 107 年 3 月暫停收件，107 年 8 月恢復收件。
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) 離子真空計 (2) 旋轉轉子黏滯式真空計	17	9	8	6	0				部分廠商轉送二級實驗室，因此校正件減少。自 106 年 5 月暫停收件，107 年 12 月恢復收件。
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	48	67	36	50	62				
80	公斤質量量測系統	M02	1 kg	0.032 mg	76.04.23	法碼	5	11	3	9	4				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	3	61	22	22	26		※		20 kg 自 104 年 4 月暫停收件，107 年 12 月恢復收件；1000 kg 自 106 年 5 月暫停收件，預計 109

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
															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	4	8	2	0	0				自 106 年 6 月暫停收件，已於 107 年 6 月 14 日同意停止服務，俟度量衡規費收費標準修正公佈後，再正式停止對外提供服務。
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、力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	47	54	62	73	79				
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、力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	44	44	55	51	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	103年度	104年度	105年度	106年度	107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	力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	20	22	33	26	28				
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、力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	61	85	72	100	83				
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、力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	5	7	5	5	5				待校件為英制時或特殊拉力計才會使用此系統校正。
88	洛氏及表面洛氏硬度標準系統	N06	HRA，HRB，HRC	0.30 HRA，0.40 HRB，0.30 HRC	86.06.30	洛氏硬度標準塊	57	71	27	58	20				部分廠商轉送二級實驗室，因此校正件減少。
89	維克氏硬度標準系統	N07	100 HV to 900 HV；HV2 to HV30	3.0%(相對)	91.09.01	維克氏硬度標準塊	7	14	15	14	15			▲	自107年9月暫停收件，107年10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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
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	20	22	31	48	26				
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	力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	2	9	9	12	12				
92	奈米壓痕量測系統	N10	位移：50 nm to 300 mm ; 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、薄膜	13	17	19	11	20				
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) (2) 力量傳感器	6	6	5	6	2				
94	扭矩校正系統	N12	10 N×m to 5 kN×m	1×10^{-4} (相對)	106.04.27	扭矩傳感器	-	-	-	3	3				106年2月完成查驗，106年5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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
95	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 (2) 光澤度標準板、光澤度計	76	74	60	58	73	◎			
96	分光輻射量測系統	O03	(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 50,000 cd/m ² (5) 色度：近標準 A 光源色度 x,y 值, 亮度：5 cd/m ² to 50,000 cd/m ² (6) 亮度、色度、色溫及光譜(380 to 780) nm (7) 亮度、色度、色溫及光譜(380 to 780) nm (8) 900 nm to 1600 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 x: 0.0011, y: 0.0009 (6) (7) 亮度：1.5 % (相對); 色度 x: 0.0011, y: 0.0009; 色溫：13 K; 光譜：2.5 % to 3.0 % (相對), 依波段不	79.08.14	(1) 分光照度標準燈 (2) 矽光偵測器 (3) 視效函數光偵測器 (4) 亮度計 (5) 亮度色度計 (6) 分光輻射儀 (7) 分光輻射亮度	133	129	129	136	126	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
				同 (8) 0.93 % to 1.8 % (相對)，依波段不同		標準燈 (8) 錯光偵測器									
97	色度量測系統	O05	(1) 標準色板 反射率 Y：(1 to 100) %，色度 x, y：0 to 1 濾片 穿透率：(1 to 100) % (2) 反射率 Y：(1 to 100) %，波長：250 nm to 2500 nm	(1) 白板 反射率 Y：0.38 % to 0.54 %，依幾何條件不同；色度 x,y：0.0002 色板 反射率 Y：0.17 % to 0.22 %，依顏色不同；色度 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 (2) 反射率 Y：0.10 %	83.01.10	(1) 標準色板、濾片 (2) 反射片	98	118	149	120	116	◎			
98	絕對輻射量測系統	O06	(1) 70 cd to 10000 cd (2) 照度(光源)：25 lx to 90000 lx；照度(偵測器)：25 lx to 1500 lx (3) 照度：25 lx to 1500 lx；色度：近標準 A 光源色度 x,y (4) 6 μW to 100 mW(300 nm to	(1) 0.8 % (相對) (2) 0.81 % to 1.4 % (相對) 依照度範圍不同 (3) 照度：0.81 % to 1.4 % (相對) 依照度範圍不同；色度：0.0007 to 0.0012 依色度項目	82.10.31	(1) 光強度標準燈 (2) 照度計 (3) 照度色度計 (4) 光偵測器	79	78	80	65	77	◎			

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
			9000 nm) (5) 50 μW to 150 mW	不同 (4) 0.28 % to 0.52 % (相對) 依項目與波段不同 (5) 4.1 % (相對)		(5) 雷射光源									
99	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 (2) 鍺光偵測器	1	3	2	0	1	◎			原級系統，提供 O03 標準件追溯。自 106 年 7 月暫停收件，107 年 4 月恢復收件。
100	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	12	19	20	12	27	◎			
101	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	1	1	1	1	1	◎			
102	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	101.11.02	分光輻射通量標準燈	18	15	15	13	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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
103	汞柱壓力量測系統	P01	1 kPa to 700 kPa	0.032 kPa	83.06.24	水銀式大氣壓力計、汞柱壓力計、數字型壓力計	50	44	52	35	62				部分廠商校正週期約 2 年。
104	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	油壓式活塞壓力計、油壓壓力錶、數字型壓力計	30	31	25	32	30				
105	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 (2) 氣壓壓力錶 (3) 數字型壓力計	89	97	102	109	114				
106	雷射干涉式微壓原級標準	P06	1 Pa to 10 kPa	0.25 Pa	95.11.22	活塞壓力計、真空計、差壓計、數字型壓力計	12	16	21	21	18				

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
107	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 (2) 常 / 低溫紅外輻射溫度計	11	33	14	19	10			▲	常 / 低溫紅外輻射溫度計自107年8月暫停收件，預計108年2月恢復收件。
108	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	15	1	5	2	10				104年1月熱電偶溫度計比較式校正停止服務。自107年10月暫停收件，預計108年2月恢復收件。
109	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	127	122	131	93	109				自107年12月暫停收件，預計108年3月恢復收件。
110	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	12	13	12	8	13			▲	自107年5月暫停收件，107年9月恢復收件。
111	微波功率量測系統	U01	(1) 頻率：10 MHz to 18 GHz，功率：1 μW, 1 mW	(1) 1.3 % to 3.0 %(相對) (2a) 0.51 %(相對)	78.07.31	(1) 各式之微波功	32	47	29	44	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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/ 設備汰換◆	比對▲	備註說明
			(2a) 頻率：50 MHz，功率：1 mW (2b) 功率：(-25 to 20) dBm	(2b) 0.28 % (相對)		率感測器(校正因子量測) (2) 各式之微波功率計									
112	微波散射參數及阻抗量測系統	U02	(1) 頻率：45 MHz to 26.5 GHz (2) 頻率：100 MHz to 26.5 GHz，介電常數 ϵ_r 範圍為 1 to 50，介質損耗 $\tan(\delta)$ 範圍為 0.0001 to 0.01	(1) (0.0043 to 0.011) (linear)(反射); (0.053 to 0.29) dB (透射) (2) 0.2 % (相對)	80.11.05	(1) 空氣傳輸線、開路器、短路器、滑動式短路器、終端器、滑動式終端器、不匹配器、同軸傳輸線、衰減器(散射參數量測) (2) 高頻介	19	22	29	19	23	◎			106年5月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)。自107年3月暫停收件，107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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
						質材料									
113	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	75	78	80	81	58	◎			頻率 500 MHz 至 8 GHz 自 107 年 4 月暫停收件，預計 108 年 4 月恢復收件。
114	雷射干涉振動校正系統	V01	(1) 50 Hz to 700 Hz(條紋計數法)、50 Hz to 10 kHz(正弦逼近法) (2) 10 Hz to 10 kHz	(1) 條紋計數法：0.5 % (相對)、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	5	11	9	9	6	◎			
115	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 (2) 振動計	66	44	1	56	39	◎			儀器故障於 104 年 10 月暫停收件，歷經修復與第三者認證，105 年 12 月恢復收件，故 105 年校正量僅 1 件。
116	衝擊振動比較校正系統	V03	200 m/s ² to 10000 m/s ² 之電壓靈敏度	1.9 % (相對)	81.01.09	壓阻式或壓電式加速規	11	14	1	11	6	◎			105 年 3 月實施系統改良，105 年 11 月恢復收件。105 年 6 月因校正系統位

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	103年度	104年度	105年度	106年度	107年度	第三者認證◎	改良※/設備汰換◆	比對▲	備註說明
															置變更，針對查核件實施自校 1 件。
117	低頻振動校正系統	V04	(1) 0.1 Hz to 160 Hz(絕對式) (2) 0.5 Hz to 160 Hz(比較式) (3) 3.15 Hz to 50 Hz	(1) 1.0 %(相對) (2) 1.9 %(相對) (3) 1.8 % to 2.7 %(相對)	85.06.30	(1) 低頻標準加速規(絕對式) (2) 低頻加速規(比較式) (3) 低頻振動計	68	69	24	38	62	◎		▲	105 年進行設備汰換，106 年系統改良。
118	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	衝擊加速規	2	1	2	1	1	◎			原級系統，提供 V03 系統之標準件追溯。自 107 年 11 月暫停收件，預計 108 年 5 月恢復收件。
						總計	4546	4763	4825	4801	4951				

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或監督評鑑

※：本年度進行系統改良

◆：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107年度系統整合評估

項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
系統代碼	A01	A02	A03	A04	B01	B02	B03	C01	C03	C07	C08
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	核磁共振磁通密度測量系統	磁通量測量系統	低磁場量測系統	黏度計量測系統	鋼瓶氣體濃度量測系統	氣體量測系統	質量法高壓混合氣體供應驗證系統
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	次級	原級
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	84.08.10	83.10.26
可校正之儀器名稱	電容式麥克風	電容式麥克風	噪音計、聲音校正器、活塞式校正器	電容式麥克風	磁力計、高斯計、參考磁鐵	磁通計、探索線圈	磁力計、高斯計、參考磁鐵	旋轉式黏度計	鋼瓶氣體濃度之驗證	氣體濃度檢知管、警報器、測漏儀、氣體濃度分析儀、氣體分流器	鋼瓶氣體之驗證及供應
103年系統服務次數	19	71	192	-	102	11	139	13	10	48	92
104年系統服務次數	5	103	211	4	117	10	156	12	27	63	65
105年系統服務次數	23	129	211	5	134	13	147	11	14	33	39
106年系統服務次數	4	103	206	3	147	13	143	1	28	48	18
107年系統服務次數	15	124	227	3	166	20	157	0	15	52	30
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	停止服務	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										
	預期成果										
停止分析、繼續服務分析、推廣分析	國家度量衡標準實驗室量測標準追溯之完整性							N			
	國家度量衡標準實驗室之核心技術							N			
	全國認證基金會認證之二級實驗室數量							2			
	近五年來之校正量(平均量)	14	106	210	4	134	14	149	8	19	49
	未來業界需求量	11	138	229	3	181	20	156	1	23	47
	擴充二級實驗室能量或可提昇其技術							N			
	維持成本(仟元)							553			
	校正收費							4,200元/台(每加1點加1,500元)			
	提供服務之實驗室數量及校正需求量							18			
移轉分析	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								105.10.01 ~ 108.06.30 暫停服務 107.06.14 獲局同意 停止服務			

註1：僅建議方案為停止服務之系統進行相對應之「停止分析」評估，其餘空白欄位代表尚未進行評估。
 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。
 註3：未來業界需求量欄位標示“-”，代表年度系統服務次數資料不足，尚無法進行迴歸預測。

國家度量衡標準實驗室107年度系統整合評估

82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
M05	N01	N02	N03	N04	N05	N06	N07	N08	N09	N10	N11	N12	O02
固體(標準法碼)密度量測系統	靜法碼量測系統(一)	靜法碼量測系統(二)	力量比較校正系統(一)	力量比較校正系統(二)	力量比較校正系統(三)	洛氏及表面洛氏硬度標準系統	維克氏硬度標準系統	顯微維克氏硬度標準系統	500 N靜法碼機系統	奈米壓痕量測系統	力量比較校正系統(四)	扭矩校正系統	全光通量量測系統
次級	原級	原級	次級	次級	次級	原級	原級	原級	其他	原級	次級	次級	次級
95.11.22	84.05.23	76.04.24	78.06.01	76.04.28	76.05.01	86.06.30	91.09.01	92.10.08	94.05.02	94.11.03	97.03.07	106.04.27	82.06.10
標準法碼密度	檢力環、力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	檢力環、力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	檢力環、力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	檢力環、力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	洛氏硬度標準塊	維克氏硬度標準塊	顯微維克氏硬度標準塊	力量傳感器、荷重元、環式動力計、測力計	塊材、薄膜	線材料(楊氏模數量測)、力量傳感器	扭矩傳感器	全光通量標準燈、光澤度標準板、光澤度計
4	47	44	20	61	5	57	7	20	2	13	6	-	76
8	54	44	22	85	7	71	14	22	9	17	6	-	74
2	62	55	33	72	5	27	15	31	9	19	5	-	60
0	73	51	26	100	5	58	14	48	12	11	6	3	58
0	79	55	28	83	5	20	15	26	12	20	2	3	73
停止服務	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	繼續服務	繼續服務	繼續服務
N													
N													
0													
3	63	50	26	81	6	47	13	30	9	16	5	3	69
1	88	59	32	98	5	21	18	41	16	19	3	3	62
N													
470													
(1) 1 g to 100 g: 21,100元 / 件 (2) 200 g to 1 kg: 24,500元 / 件 (3) 2 kg to 50 kg: 38,200元													
1													
106.06.01 ~ 108.12.31 暫停服務													
107.06.14 獲局同意 停止服務													

