

出國報告（出國報告：考察）

赴歐洲考察水量計型式認證 相關測試設備、方法及要求

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：邱繼群技士(度量衡技術組)、
張顥曦技士(度量衡行政組)

派赴國家/地區：歐洲(瑞士、荷蘭、德國)

出國期間：114年8月30日至9月7日

報告日期：114年12月4日

摘 要

本局預定自民國 115 年 1 月 1 日起，由汐止度量衡實驗室開始受理具電子裝置水量計之型式認證測試，並因應水量計型式認證技術規範第 4 版新增之抗干擾及電磁相容性(EMC)測試項目，乃規劃於 114 年 8 月 30 日至 9 月 7 日赴歐洲進行技術考察。依序參訪瑞士 EMC Partner、荷蘭 Emerson' s Micro Motion 及德國 Rohde & Schwarz (R&S) 三家國際領導廠商，旨在藉由實地觀摩與原廠技術交流，強化我國水量計認證測試之執行能力。

在瑞士 EMC Partner 參訪期間，雙方針對訊號叢訊與突波測試進行深入研討。原廠具體指出「正確接地」對於測試有效性之關鍵影響，並針對實驗室電源斷路器跳脫問題，建議應配置獨立電源或將測試全面移至電波暗室執行，以確保測試之安全性與準確度。

於荷蘭 Emerson' s Micro Motion 參訪時，考察重點在於科氏力流量計之應用。深入瞭解「智慧儀表驗證」(SMV)技術，該功能可透過監測管路剛性判斷儀器狀態，有效替代繁瑣的實體校正並降低維護成本。此外，原廠亦確認實驗室現行之高壓與耐久測試條件皆屬正常使用範圍，並表達對未來氬能計量領域之高度合作意願。

最後參訪德國 Rohde & Schwarz，原廠對汐止實驗室獨特之「實流」抗擾測試模式給予肯定。針對未來智慧水量計發展，R&S 建議實驗室除抗擾測試外，應利用現有電波暗室擴充對無線讀表功能之「電波發射強度」檢測能力。

本次考察不僅吸取國外多項實務技術經驗，更為國內建立完善之水量計型式認證制度及未來氬能計量發展，提供了具體的改進方向與技術參考。

目 錄

壹、 前言.....	1
貳、 行程安排.....	1
參、 參訪過程.....	2
一、 參訪 EMC Partner 公司	2
(一)單位簡介.....	2
(二)參訪紀要.....	3
二、 參訪 Emerson' s Micro Motion 公司	8
(一) 單位簡介.....	8
(二) 參訪紀要.....	9
三、 參訪 Rohde & Schwarz 德國總公司	18
(一) 單位簡介.....	18
(二) 參訪紀要.....	18
肆、 心得與建議.....	20

壹、前言

本局預定自 115 年 1 月 1 日起，將由本局汐止度量衡實驗室開始受理水量計型式認證測試，配合水量計型式認證技術規範第 4 版的施行，未來對含電子裝置之水量計，將新增諸多有關抗干擾及電磁相容性之電子性能測項。本次出國目的以建立水量計型式認證測試執行能力為主要目標，藉由實地觀摩與設備原廠工程師面對面技術討論，深入瞭解水量計型式認證測試相關之設備配置、操作流程及應用技術，為後續國內型式認證測試制度及技術之改善奠定基礎。本次出國計畫規劃由度量衡技術組邱技士繼群、度量衡行政組張技士顯曦及工業技術研究院施副工程師耀深計 3 人參訪電磁相容設備商 EMC Partner 瑞士總公司、流量計設備商 Micro Motion 荷蘭分公司及無線電波設備商 Rohde & Schwarz 德國總公司，於 114 年 8 月 30 日啟程赴瑞士，後於 9 月 7 日自德國返臺，共計 9 日。

貳、行程安排

月	日	星期	訪問對象		工作內容
			國家	機構或個人	
8	30	六	瑞士	出發	移動日
8	31	日	瑞士	出發	移動日
9	1	一	瑞士	EMC Partner	參訪該公司總部，針對抗電磁干擾測試進行深入技術交流。
9	2	二	荷蘭	赴荷蘭	移動日
9	3	三	荷蘭	Micro Motion	參訪流量計製造與數位體驗中心，研討科氏力流量計之核心技術、維護策略，並探討其於未來氢能計量領域的應用潛力。
9	4	四	荷蘭	赴德國	移動日
9	5	五	德國	Rohde & Schwarz	參訪該公司總部，交流無線電波測試技術，並探討汐止度量衡實驗室現有設備應用於智慧水量計檢測的未來擴展性。
9	6	六	臺灣	返臺	移動日
9	7	日	臺灣	返臺	移動日

參、參訪過程

一、參訪 EMC Partner 公司

(一)單位簡介

EMC PARTNER 為瑞士專業從事電磁相容(EMC)測試設備製造之領導廠商，該公司成立於 1994 年，總部位於瑞士勞芬(Laufen)，為一規模約 49 人之私人企業(如圖 1、2)。該公司專精於電磁干擾檢測技術，並以提供高品質、創新之 EMC 解決方案而享譽國際。其產品涵蓋工業與家用電子設備之抗擾度測試、飛機間接雷擊測試及零組件測試，廣泛應用於各類型測試實驗室及國際認證機構。



圖 1 EMC Partner 辦公室



圖 2 研究測試辦公室

(二)參訪紀要

在此次拜訪中， EMC Partner 與會的成員先向我們介紹該公司的背景(如圖 3、4)，該公司對 EMC 產業之投入不僅限於測試設備之設計與製造，其歷史可追溯至 EMC 技術發展之初期，至今已持續超過 30 年不間斷的參與國際標準制訂工作。目前該公司仍積極參與國際電工委員會(IEC)、瑞士 IEC 國家委員會、歐洲電工標準化委員會(CENELEC, CES)、美國航空航太工程師學會(SAE)以及歐洲民航設備組織(EUROCAE)等之相關活動。



圖 3 EMC Partner 成員合照（右起 Ayush Keshri、Dennis Lindgren、Byungkyu YOO、張顥曦、邱繼群、施耀深）



圖 4 產線工作臺

在品質管理方面，EMC Partner 嚴格遵循國際標準，並依據 ISO 17025 獲得瑞士校正服務(SCS 0146)認證，具備對所有自家產品執行校正之能力。瑞士認證服務機構(SAS)為國際實驗室認證合作組織(ILAC)之簽署會員，使得該公司之校正認證具備全球效力，確保客戶能使用到最佳且最可靠的測試設備。

此外，該公司之另一大特色為高度垂直整合之製造模式。EMC PARTNER 之研發、生產與測試作業皆於內部完成，幾乎所有設備所需零部件均自行設計與生產，不對外採購(如圖 5)。此模式帶來三項優勢：

- (一)確保產品品質能維持最佳水準；
- (二)提升設備之長期可用性，即便為使用超過二十年之設備，仍可由料庫取得零件進行維修或替換；
- (三)避免因零件供應商停業或倒閉而導致零件斷供之風險，確保設備生命週期之穩定性與延續性。



圖 5 EMC Partner 零件庫房

在完成公司導覽後，接下來是向 EMC Partner 介紹本局在汐止度量衡實驗室的硬體配置與在執行 EMC 相關測試中所遭遇到的問題。在出發前往瑞士前，有討論出幾個需要後續釐清與改進之處。

目前在汐止度量衡實驗室測試與實務操作過程後，我們觀察到流量計在經過所有的 EMC 測試後，所有測項的測試結果幾乎是沒有變化，這就讓我們擔心是不是我們在測試方法上有不完備之處(如圖 6)。首先，在訊號線叢訊測試(8.11)中，水量計的脈波輸出線是否應納入測試仍需進一步確認。其次，在訊號突波測試(8.16)過

程中，當脈波訊號通過測試設備後無法被實驗室計數器正確讀取，此時是否仍需將訊號接入，亦是需要進一步釐清的問題。最後，在電源線突波測試(8.17)中，曾發生迴路斷路器跳脫的情況，顯示目前接線方式與電源配置仍有改進空間。

original	0.019	0.020	26.95	0	0	6.4035	6.404	3	199.10	115.7971	-0.011
original	0.019	0.020	26.95	0	0	6.3934	6.394	3	198.81	115.7819	-0.010
8.12_Bursts on AC	0.019	0.021	26.96	0	0	6.4267	6.429	3	197.19	117.367	-0.032
8.12_Bursts on AC	0.019	0.021	26.97	0	0	6.4699	6.472	3	198.57	117.34	-0.037
8.10 act	0.020	0.021	27.02	0	0	11.1837	11.186			13225	-0.018
8.10 act	0.020	0.020	27.04	0	0	11.1877	11.192			13446	-0.042
8.10 act	0.020	0.020	27.05	0	0	11.1909	11.193	3	343.34	117.3571	-0.015
8.16_L1 to L2	0.020	0.020	27.16	0	0	6.4391	6.439	3	197.56	117.3355	0
8.16_L1 to ground	0.020	0.020	27.18	0	0	6.4641	6.465	3	198.32	117.3568	-0.015
8.16_L2 to ground	0.020	0.020	27.2	0	0	6.4712	6.474	3	198.69	117.3043	-0.047
8.16_L2 to ground	0.020	0.020	27.21	0	0	6.4444	6.447	3	197.81	117.3308	-0.040
8.16_after test	0.020	0.021	27.22	0	0	6.4524	6.454	3	198.08	117.2971	-0.024
8.16_after test	0.020	0.020	27.25	0	0	6.4725	6.475	3	198.72	117.2987	-0.037
8.11_Bursts	0.020	0.020	27.26	0	0	6.4432	6.445	3	197.82	117.2874	-0.027
8.11_Bursts	0.020	0.020	27.28	0	0	6.4468	6.448	3	197.84	117.3383	-0.025
after test	0.020	0.021	27.29	0	0	6.5006	6.501	3	199.44	117.3426	-0.003
after test	0.020	0.021	27.3	0	0	6.4814	6.484	3	198.97	117.3162	-0.040
after test	0.020	0.020	27.32	0	0	6.4474	6.451	3	197.97	117.3016	-0.050

圖 6 汐止度量衡實驗室 EMC 測試數據

在訊號線叢訊測試(8.11)中，EMC Partner 首先提到，叢訊測試最重要的是測試設備的接地品質，若設備接地做得不完整，將會導致叢訊訊號無法完整的對流量計訊號進行耦合，也就會導致測試是無效的，在這邊他們也為我們簡單地介紹訊號線叢訊測試。

訊號線叢訊測試主要目的在於模擬電氣設備在實際運行環境中，因開關動作、繼電器接點跳動或電網干擾等因素所產生的高頻脈衝低能量干擾。該類干擾通常以短時間內密集且連續的高頻脈衝形式出現，可能會造成設備訊號失真、功能異常甚至暫時停機。在測試方法上，是於被測設備的電源線或訊號線上透過耦合器，將一系列高頻率、低能量的脈衝耦合至訊號線中，以評估設備在此類環境下之被測設備功能穩定性。

接著 EMC Partner 向我們講解要如何正確地將測試設備接地，在 8.11 測試中，會使用到的設備有 IMU 訊號產生器與訊號耦合器，依據規範，IMU 訊號產生器與訊號耦合器皆須置於金屬參考板(Reference Ground Plane, RGP)上，IMU 訊號產生器本體需要與儀器機架相連，再將儀器機架與 RGP 相連，訊號耦合器則是需要放置在木製絕緣桌上(木製絕緣桌須放置在 RGP 上)，該桌子的平面是由金屬板覆蓋，該金屬板也需與 RGP 相連，最後，RGP 必須接至實驗室之獨立接地電阻，同時流量計本體也需連至同一獨立接地電阻，這樣才算是完成接地。所有接地端點須盡量集中在同一區域，需要避免接地端點四散在各處(如圖 7、8)。

除設備接地外，EMC Partner 也強調了訊號線長度的重要性。訊號線於進入耦

合器前，其長度應至少為一公尺；訊號線自耦合器輸出至計數器的長度則不得短於五十公分。在訊號進入計數器前，若計數器性能不足以抵抗叢訊干擾，可能需要額外配置解耦器；若計數器不受叢訊影響，則可免除解耦器的使用。



圖 7 與 EMC Partner 討論設備接地方式

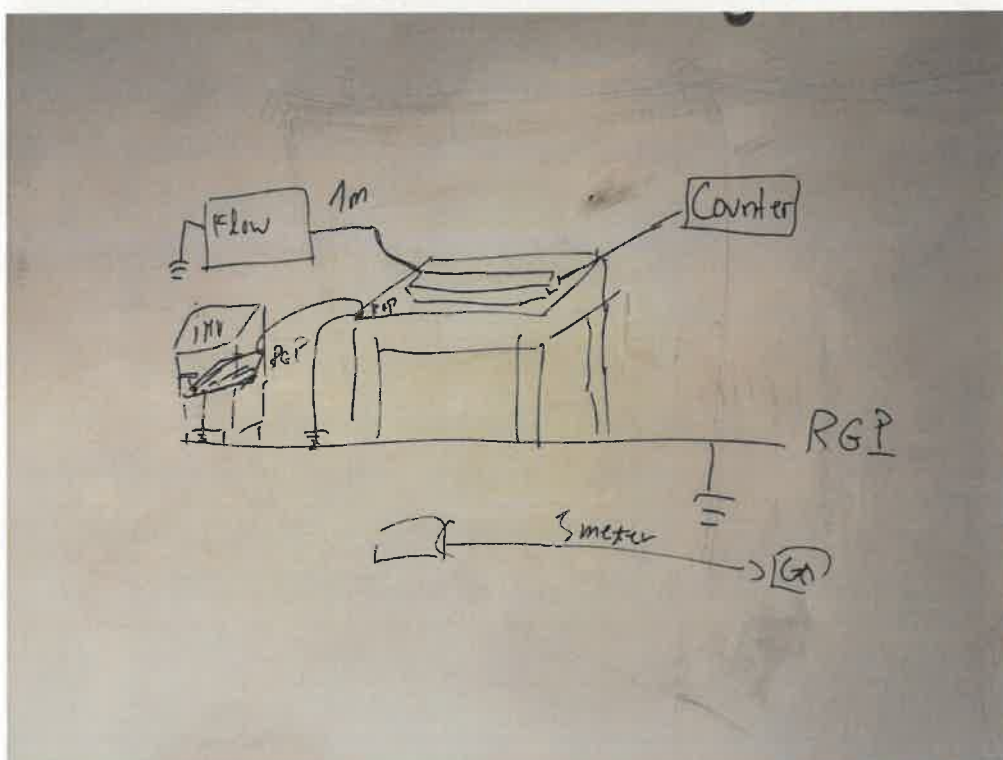


圖 8 設備接地方式示意圖

關於突波測試(8.16)，先向 EMC Partner 說明並展示了流量計與測試設備之間的接線方式，他們檢視後認為目前的接線並沒有問題，可以依照既有方式進行測試。不過，當討論到是否需要將流量計的脈波線接入實驗室的計數器時，他們指出台灣 CNPA 49 的規範在這一部分的測試規範可能是有遺漏敘述的，因此無法直接依據文件做出判斷。對此，EMC Partner 建議待此部分確認後，再決定是否要將脈波線納入測試架構之中。

最後是關於流量計電源線突波測試(8.17)的討論，討論中提到在測試過程中，於「線對地模式」下，當施加電壓達到 2000 伏特時，實驗室的供電迴路中的斷路器會跳脫，導致流量計失去電源供應，測試無法繼續進行。對此，EMC Partner 說明，在此類測試中，流量計所使用之電源必須與實驗室其他供電迴路完全獨立，應配置專用之獨立電源，才能避免斷路器跳脫的問題。EMC Partner 提出兩種建議，其一，在配電盤新增旁路裝置，使得在執行 8.17 測試時，將實驗室供電迴路暫時性的略過斷路器的保護，但這樣的作法是具有非常高的風險，若操作失當，會對實驗室所有用電設備產生非常大的災害。其二，將所有關於此項 EMC 測試的儀器遷入至電波暗室內執行，回到台灣後與十大科技公司(負責汐止度量衡實驗室建造電波暗室之廠商)確認，電波暗室內的供電是與實驗室建築一次側的斷路器直接連接，當執行高電壓測試時，可避開實驗室二次側斷路器(容許電流值為 20 安培)保護，加上電波暗室內具有獨立接地電阻，可以確保實驗的可效性與安全性。因此在最近會重新執行此項實驗，以確定所有設備動作無誤。

最後 EMC Partner 向我們建議，若條件允許，所有的 EMC 測試都在電波暗室內執行會是最好的解決方案，我們也提出目前所面臨的難點：

第一，為吸波磚與金屬參考板的衝突關係，目前電波暗室內的測項還包含無線電波等測試，所以在暗室中佈滿了吸波磚來保證訊號的強度，但是金屬參考板是一種強反射體，若我們將金屬參考板放入電波暗室內，將會干擾到無線電波的訊號強度，進而造成電波強度失準，使得測試結果失去準確性。對此，EMC Partner 提出建議，即在執行無線電波測試時，可於金屬參考板上方覆蓋塑膠三角錐，模擬吸波磚之效果，以減少電波反射強度，從而降低干擾。

第二，是關於儀器安裝的勞累程度，因電波暗室結構設計關係，設備進出與安裝過程往往相對繁瑣，搬運與配置所需之人力與時間成本較高，亦增加了測試準備工作的負擔。針對此問題，EMC Partner 亦坦言愛莫能助。

二、參訪 Emerson' s Micro Motion 公司

(一)單位簡介

Emerson' s Micro Motion 是全球製程控制與工業自動化領域的領導品牌(如圖 9)，隸屬於美國艾默生 (Emerson) 集團。該公司於 1977 年在美國科羅拉多州創立，最大的貢獻在於發明並商業化了實用的科氏力質量流量計 (Coriolis Mass Flow Meter)，從根本上革新了流體測量技術。

傳統流量計多測量體積，容易受溫度和壓力變化影響準確度。Emerson' s Micro Motion 的儀表則利用科氏力效應，直接測量流體的質量流量，因此具備極高的精確性與可靠性。此外，其儀表內部無活動部件，幾乎不需要維護，並能同時測量質量流量、密度、溫度等多項關鍵參數，為製程監控提供了極大的便利性。

由於這些無與倫比的優勢，Emerson' s Micro Motion 的產品被廣泛應用於對精度要求極高的關鍵製程中。無論是在石油與天然氣領域的貿易計量、化學工業的精準配方調合、還是生命科學產業的衛生級流體控制，Emerson' s Micro Motion 都提供了可靠的解決方案。該公司已經成為業界公認的「黃金標準」，在流體測量市場中持續佔據領先地位，為全球的工業生產提供核心的數據支持。



圖 9 Emerson' s Micro Motion 公司

(二)參訪紀要

Emerson's Micro Motion 所生產的科氏力流量計，在汐止度量衡實驗室中扮演標準流量計的重要角色。此次我們參訪其位於荷蘭的 Emerson Process Management Flow Facility 設施(如圖 10)，以學習了解目前流量計廠商技術能力。行程規劃分為兩部分：第一部份參觀數位體驗中心及工廠導覽；第二部份則與原廠工程師進行汐止度量衡實驗室在實務操作中可能面臨的問題進行交流，並同時針對科氏力流量計在未來氫氣計量上的應用進行討論。



圖 10 Emerson 數位體驗中心產品展示區

1. 參觀數位體驗中心及工廠導覽

導覽員 Neil Hankey 先向我們介紹了 Emerson 為何選擇在荷蘭設立 Process Management Flow Facility，以及該設施所負責的任務。

選址於荷蘭具有多個原因。荷蘭位於歐洲的核心地帶，鄰近德國、比利時與法國，交通便利。此外，荷蘭過去因 Groningen 天然氣田而成為歐洲能源重鎮，帶動了天然氣與相關計量技術的龐大需求，使當地具備成熟的市場基礎。除了地理與產業上的優勢，該設施同時承擔了多重角色。它不僅是一座具備製造與測試能力的工廠，更是一個展示與交流的平台，透過數位體驗中心與培訓課程，向客戶呈現最新的流量計量技術與解決方案。此一功能使其成為 Emerson 在歐洲區域的重要據點。

在完成背景介紹後，導覽員也進一步說明其組織發展的變化。目前 Micro Motion 已完全納入 Emerson 集團旗下，這代表其角色已不再僅僅是單一流量計製造

商，而是轉型為能夠提供整體流量測量解決方案的專業廠商。

隨後，導覽員帶領我們進入數位體驗中心，逐一介紹中心內的特色，並透過實際展示，說明最新的測量與控制技術如何應用於不同場景。

- (1) AMS Wireless Vibration Monitor(如圖 11)：該產品是一款振動與溫度監測裝置，該裝置採用三軸加速度計與溫度感測器，特別在 Z 軸方向提供高達 80g 的振幅量測與 51.2 kHz 的取樣頻率，X 和 Y 軸則支援高速 1000 Hz 頻率範圍與 16g 振幅。可進行高解析度頻譜與波形資料擷取。除此之外，其內建之 Prescriptive analytics 可評估軸承運轉與潤滑狀況，並計算幫浦轉速，如幫浦出現運作異常，能通過無線網路傳輸至監控電腦，協助使用者迅速辨識異常。

該裝置同時具備安裝便利的特性。只要被測設備上具有穩固的平台，即可透過膠合方式將感測器固定，無需對結構進行改造。其應用範圍不限於幫浦或壓縮機監控，也可安裝於管路上，用於偵測異常狀況。例如，當管道中有空氣入侵，導致產生不滿管的情形時，感測器即可即時偵測並發出警示，協助操作人員迅速掌握異常來源。



圖 11 AMS Wireless Vibration Monitor

- (2) GDU-Incus (Ultrasonic Gas Leak Detector)(如圖 12)：這是一款使用四個高靈敏度聲學感測器組成的超音波氣體洩漏偵測器，能即時監控高壓氣體洩漏產生的超音波訊號。當高壓氣體(如加氫站洩漏)從管線或設備中釋放時，會立即在 25 kHz 到 100 kHz 的頻率範圍內產生人耳聽不見的超音波。偵測器內建的四方聲學感測器能持續監控周圍環境，一旦偵測到這種特徵的超音波訊號，就會立即觸發警報，表示現場發生了高壓氣體洩漏。由於這種方式是直接偵測氣體外洩時的物理現象，因此不需要等待氣體在空氣中累積到危險濃度，也不需要氣體本身接觸到感測元件，反應速度極快。此

方法不會受到惡劣天氣、風向、氣體稀釋等外在條件的影響，同時具備免校正、免維護的優點，確保在戶外或高風險工業環境中仍能穩定提供即時的氣體洩漏警示。



圖 12 GDU-Incus

- (3) DeltaV Electronic Marshalling：這套控制系統是 Emerson 在 I/O 架構上的一項創新設計，它透過 CHARM(Characterization Module)技術，讓每一個通道都能獨立定義，並以乙太網路與控制室電腦連接。使用者只需將現場訊號接到端子，再插入對應的 CHARM，就能完成訊號連線。

這種設計讓 I/O 可以安裝在任何需要的地方，不論是在控制室，還是距離控制室數公里之外的現場接線箱。CIOC(CHARM I/O Card)最多可支援 96 個通道，更新速率達 50 毫秒，確保系統反應的即時性與可靠性。系統架構自通道到控制器全面具備冗餘設計，包括通訊模組、電源輸入以及內部匯流排，能夠在嚴苛環境下持續提供高可用性的控制。

所有的 CHARMs 都是能量限制型裝置，即便電路意外短路，也能避免爆炸風險。除此之外，每一個 CHARM 同時兼具迴路保護與現場配線斷開的功能，並具備符合產業標準的突波保護能力。在錯誤接線導致的狀況下，CHARM 會像保險絲一樣動作，保護相鄰的模組不受影響，因此訊號故障僅會侷限在單一模組之內。

CHARM 基座可支援十二個 CHARMs 及其端子模組，並提供現場接入電源的接點。CHARM 端子模組則為可拆卸設計，提供現場配線的端子連接，

並具備固定 CHARMs 的機械卡扣。每一個 CHARM 對應一個現場訊號，負責完成基礎的類比轉數位轉換以及訊號隔離。

整體而言，DeltaV Electronic Marshalling 以模組化、冗餘化與支援熱插拔的設計，讓 I/O 架構具備高度的彈性與可靠性，不僅簡化了安裝與維護流程，更確保了在嚴苛環境下依然能穩定、安全地運行。

- (4) AMS Asset Monitor：這款裝置可說是整個數位體驗中心的核心設備，它是一種安裝於現場的監測系統，能同時執行監測管理、預測性維護以及保護功能。由於可以直接安裝在設備上，大幅減少了佈線需求與安裝成本。

AMS Asset Monitor 最多可容納 12 個 CHARMs 模組，包含振動模組與 DeltaV 模組，讓使用者能依據不同應用需求彈性擴展。

裝置本身內建豐富的軟體功能，不需要額外安裝電腦軟體，只需透過網頁瀏覽器即可進行設定、操作、報表生成與警報管理。讓使用者能快速獲得分析與警示資訊；同時將設備運轉資訊傳送到使用者的行動裝置或桌面端，方便隨時掌握設備狀態。

在實際應用上，安裝團隊需要先根據各設備對持續運轉的重要性進行評估，並在重點馬達、幫浦與壓縮機上加裝無線振動感測器(AMS Wireless Vibration Monitor)。由於這套方案屬於非侵入式設計，不需要新拉電纜或額外機櫃，也因此降低了安裝成本與時間。

當監測數據顯示異常時，AMS Asset Monitor 的分析軟體會立即觸發警報並通知操作人員。這些警報資訊不僅能協助操作員判斷事件的嚴重性，還能提供診斷結果與建議措施，即使沒有振動分析經驗的操作人員，也能快速理解並採取行動。同時，系統還能提供技術人員檢查現場的依據，以及後續分析所需的數據。例如，若診斷顯示軸承需要保養，操作員即可立即通知合適的維護團隊，並提前準備所需的工具與物料，避免人員不必要的往返，大幅提升維護效率。

2. 問題交流

首先進行的議題是關於汐止度量衡實驗室科氏力流量計的實務操作討論。向與會成員(包含 Yaser Alghanmi 等)簡要報告了實驗室系統的能量規模，以及未來將會執行的測試項目。在報告過程中，也特別向 Micro Motion 表達了感謝，感謝他們所開發與生產的科氏力流量計展現出非凡的可靠性與精準度，使得在汐止度量衡實驗室建置的過程中，減少了許多潛在的問題。

在實務討論中，提出了三個目前實驗室面臨的問題：

- (1) 是關於 CNPA 49 內的機械測試項目，我們的科氏力流量計經常需要在高壓(約 10 bar)或長時間(1,000 小時)的狀態下操作，這樣的條件是否會對標準流量計造成長期影響？在測試結束後，是否需要進行流量計歸零或額外的檢查？
- (2) 關於維護策略，由於會頻繁進行這類測試，因此希望找到更高效率的科氏力流量計維護方式。在人力與時間有限的請況下，找到方法適當降低維護頻率能夠減輕對同仁的負擔，因此想請教是否有其他替代方法或建議。
- (3) 關於清潔流程，隨著時間累積，標準流量計內部可能會有污染或結垢，應該如何正確清潔？是否有建議的方式或需要特別注意的事項？

Yaser Alghanmi 等人首先針對嚴苛測試條件進行回答並表示，從他們的角度來看，我們所謂的高壓或長時間測試，其實都屬於他們的科氏力流量計正常使用範圍，因此不需要過度擔心這些條件會對設備造成影響，可以放心執行。需要注意的是，在壓力測試過程中，水壓的上升會改變科氏力流量計內部管路的剛性(stiffness)，進而對器差值的測試結果產生影響。不過這種影響與流量計的口徑有直接相關，如果口徑小於 100 mm，則無需使用修正值來修正器差結果。而在汐止度量衡實驗室中，目前所有執行水壓試驗的科氏力流量計，其口徑皆小於原廠所規範需要修正的範圍(如圖 13)。

Process pressure effect for CMF and CMFHC models

Model	Mass flow (% of rate)		Density	
	per psi	per bar	g/cm ³ per psi	kg/m ³ per bar
CMF010M/L/H/P	None	None	None	None
CMF025M/L/H	None	None	0.000004	0.058
CMF050M/L/H	None	None	-0.000002	-0.029
CMF100M/L/H	-0.0002	-0.003	-0.000006	-0.087
CMF200M/A/L	-0.00062	-0.009	0.000001	0.0145
CMF200H/B	-0.00055	-0.008	0.000001	0.0145
CMF300M/A/L	-0.0006	-0.009	0.0000002	0.0029
CMF300H/B	-0.0004	-0.006	0.0000002	0.0029
CMF350M/A/P	-0.0016	-0.023	-0.000009	-0.1305
CMF400M/A	-0.0011	-0.016	-0.000001	-0.145
CMF400H/B/P	-0.0008	-0.012	-0.000001	-0.145
CMFHC2M/A/Y	-0.0016	-0.023	-0.0000028	-0.0406
CMFHC3M/A/Y	-0.001	-0.015	-0.0000025	-0.0363
CMFHC4M	-0.0014	-0.02	-0.0000014	-0.0203

圖 13 流量計壓力效應修正值

此外，Yaser Alghanmi 特別提醒，在執行水壓試驗中，管路內的壓力變化時間必須控制在一分鐘以上，不要進行短時間壓力上升或下降的操作，因為這樣是有可能導致流量計內部驅動器損壞。

在維護策略與污染排除的討論中，Yaser Alghanmi 特別介紹了 Micro Motion 流量計專用軟體 ProLink 中的 Smart Meter Verification(SMV)功能，他也進一步延伸說明了科氏力流量計的基本運作原理(如圖 14)。

科氏力流量計的結構設計中包含入口、出口、測量管、驅動線圈以及感應線圈。入口與出口的作用，是確保流體能平均分配至兩根測量管，使得流量達到完全對稱的 50/50 平衡。這種專利歧管設計，是流量計能長期精準量測的基礎。只要管內沒有結垢或腐蝕，便能維持均衡流動。

在運作過程中，驅動線圈會使測量管以其自然頻率進行振盪。在沒有流體的狀態下，兩根測量管的振動是完全同步的；然而當流體通過時，受到科氏力的影響，測量管會出現極微小的扭曲，這種扭曲使得兩根管子的振盪產生了一個相位差 Δt 。這個相位差與質量流率呈正比。在工廠校正階段，藉由流量校正因子(Flow Calibration Factor, FCF)，便能將 Δt 直接轉換為質量流率，實現對流體質量的直接測量。



圖 14 科氏力流量計原理介紹

除了質量流率測量之外，科氏力流量計也能同時進行密度測量。其原理來自於振盪頻率與流體密度之間的關係：當流體密度較低時，測量管的振盪頻率較高；當流體密度增加時，振盪頻率則會降低。在工廠校正過程中，流量計會以空氣與水這

兩種已知密度的流體作為基準，建立線性的密度曲線，並由此導出密度校正因子 (Density Calibration Factor, DCF)。因此，每一台科氏力流量計都擁有獨一無二的 FCF 與 DCF。

接著 Yaser Alghanmi 解釋 SMV 如何檢查流量計的性能。其實，流量校正因子 FCF 的物理本質最終可以簡化為與測量管的剛性(stiffness)有關。只要能夠確認測量管的剛性沒有發生改變，就可以間接證明 FCF 依然有效，進而保證流量計的測量性能維持不變。

SMV 的核心運作方式，是透過量測測量管在五個不同點上的共振頻率曲線，再由演算法分析其中與質量、剛性和阻尼相關的三個關鍵參數。如果測量管因腐蝕而變薄，剛性會降低，振幅則會變大；相反地，如果管內出現結垢，剛性會增加，振幅則會縮小。SMV 正是監測這些參數的變化，來判斷流量計的健康狀況。在所有參數之中，剛性是最需要關注的指標，因為它直接連結到校正因子。只要 SMV 功能運作正常，且剛性數據與過去相比並無變化，就能確認流量計的性能沒有問題，也就不需要額外維護。因此，每月執行一次 SMV 檢查，就是 Micro Motion 所推薦的最佳維護策略(如圖 15)。

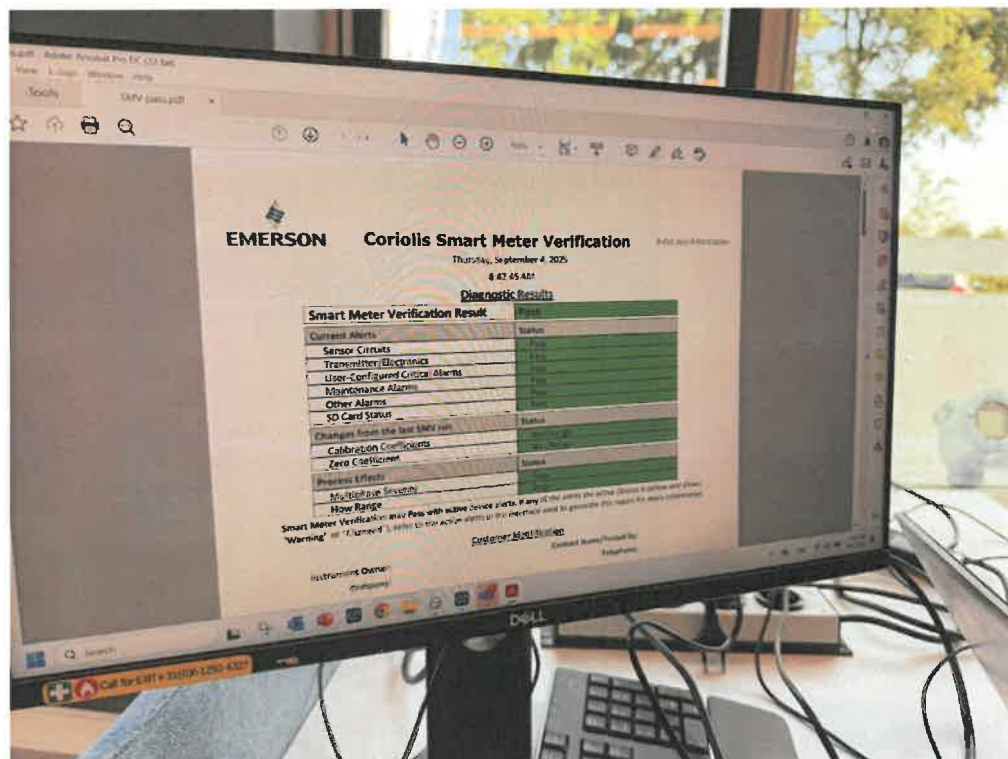


圖 15 SMV 檢測報告

在談到標準流量計的清潔方式時，我們先向 Micro Motion 說明了實驗室的工作條件。對方回應指出，我們的工作流體只有使用水，而且所有被測件在安裝到系統管路前都會先經過清洗，雖然無法百分之百去除所有污染，但這樣的殘留對標準流量計並不會造成影響。他們也分享，他們工廠內的標準流量計在與我們類似的條件

下持續運作二十年也沒有出現問題。如果仍然擔心，可以透過先前介紹過的 SMV 功能，對流量計進行檢查(如圖 16)。至於日常清潔，只需要將儲水槽中的水換新，並讓系統持續循環運行，即可達到基本的清潔效果。

最後，討論延伸到了科氏力流量計在氫能應用上的發展。工研院夥伴提出了兩個問題。第一個問題是，在加氫站的應用中，科氏力流量計是否還需要額外加裝氣體成分分析儀，以檢測氫氣的純度？第二個問題則是，在未來本局或工研院若在氫氣計畫的執行過程中有不熟悉的地方，是否有機會向 Micro Motion 尋求培訓與協助。

對於第一個問題，對方回應指出，在加氫站的應用情境中，氫氣的來源通常假設為純氫。如果氣體中存在雜質，影響的主要是載具的運作，而不會對流量計的精準度造成影響。原因在於科氏力流量計本質上是進行質量測量，因此並不依賴氣體的成分判斷。

針對第二個問題，Yaser Alghanmi 也表達了極大的支持。他表示，如果未來本局或工研院在氫氣運作上遇到任何問題，無論是儀器操作、法規要求，或是安全規範等相關議題，都非常歡迎我們提出規畫書，並與他們共同討論，藉此促進經驗交流與技術進步(如圖 17、18)。

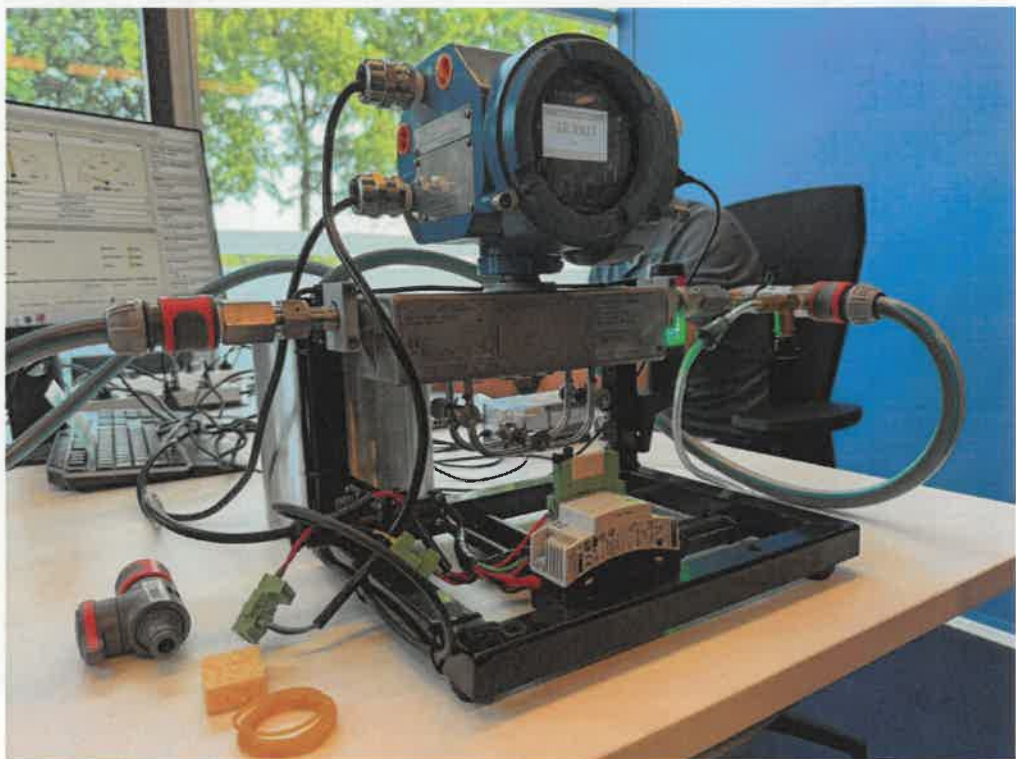


圖 16 SMV 功能示範流量計



圖 17 Emerson 教育訓練設施



圖 18 Emerson 合照(右起 Neil Hankey、Yaser Alghanmi、施耀深、
邱繼群、張顥曦、Ronald Keilen)

三、參訪 Rohde & Schwarz 德國總公司

(一) 單位簡介

Rohde & Schwarz (羅德史瓦茲，簡稱 R&S) 是全球著名的電子科技集團，總部位於德國慕尼黑。自 1933 年由物理學家 Lothar Rohde 與 Hermann Schwarz 創立以來，該公司始終站在無線通訊、射頻 (RF) 與微波技術的最前沿。作為一家獨立的私人企業，R&S 不受股市短期波動影響，能夠長期專注於技術研發與創新，這使其成為「德國工藝」精密與可靠的代名詞。公司的核心業務以電子測試與測量 (Test & Measurement) 為主軸，在行動通訊 (從 GSM 到 5G/6G)、物聯網 (IoT)、車用電子及航空航太測試市場中，皆擁有領導地位。全球絕大多數的手機研發與基地台測試，都離不開 R&S 的儀器設備。除量測領域外，R&S 在技術系統與網絡安全方面亦表現卓越。其業務涵蓋廣播媒體發射系統、軍用與政府級的安全通訊，以及高規格的 IT 網路防護解決方案。憑藉遍布全球的研發與服務網絡，Rohde & Schwarz 不僅是工程師最信賴的夥伴，更是推動全球數位化與萬物互聯的重要推手。

(二) 參訪紀要

最後一站我們參訪了電波暗室設備的重要廠商 Rohde & Schwarz。這家公司在業界的地位舉足輕重，其產品範圍幾乎涵蓋所有與無線電波相關的領域，從軍工業到一般民生應用都能見到他們的技術。相較於他們完整且高階的產品線，我們汐止度量衡實驗室目前使用的訊號產生器與放大器，只能算是基礎等級的設備。

在這次的參訪中，由 Rohde & Schwarz 的 Market Segment Manager 謝鋒(XIE, Feng)接待我們。我依照前兩站參訪的慣例，先簡要介紹了汐止度量衡實驗室的背景，以及我們在無線電磁場與傳導電磁場測試上的特色。不同於以往大多數實驗室僅能以非實流方式進行的電磁干擾測試，我們此次在實驗室的建置中，特別將實流條件納入電磁干擾測試流程，讓流量計在實際通水狀態下接受電磁干擾，這樣的做法對於測試結果更能貼近實際應用情境。

這樣的測試模式讓謝鋒感到十分好奇。他表示，雖然對 Rohde & Schwarz 產品的應用範疇相當熟悉，但過去並未注意到它們也能在水量計的型式認證中發揮作用。

之後也進一步向他說明，我們如何透過與十大科技公司的合作，結合軟硬體搭配，來實現 26 MHz 至 2 GHz 範圍的實流電磁干擾測試。對此，他表示，從他的過往經驗來看，我們所採用的測試方法並無明顯的問題。他也補充說，若未來在執行過程中遇到任何技術上的挑戰，都非常歡迎我們再與他進一步討論交流。

當謝鋒進一步了解我們目前的測試項目後，他也提出了一個對汐止度量衡實驗室未來具有擴展性的方向，智慧讀表的檢測。他指出，目前我們的測試重點都放在

流量計如何受到外部發射電磁波設備的干擾。然而，當流量計邁向智慧化，具備無線傳輸與讀表功能後，它本身也會對外發射電磁波。這時候，除了檢驗抗干擾能力之外，也需要針對流量計所發射的無線電波強度進行檢測，以確保其不會對其他設備造成干擾，並符合法規要求。

針對這一點也向他提出疑問，以目前汐止度量衡實驗室的電波暗室條件，是否能夠執行相關測試。他的回應十分肯定，表示現有的電波暗室環境本來就是為了涵蓋發射與抗擾度兩種類型的測試而設計，只需要再安裝相關檢測儀器後，就非常適合進行智慧讀表相關的檢測。當這些議題討論完後，謝鋒也帶著我們前往他們的產品展示間。

在產品展示間，我們看到了 Rohde & Schwarz 在無線電波領域的廣泛布局，涵蓋了從實驗室的示波器、機場安檢所使用的毫米波系統，到國防安全領域中的無線電波偵測產品。甚至量子電腦相關的應用也已納入他們的業務範疇。這些儀器與設備展現了 Rohde & Schwarz 技術的深度與廣度，不過對我們流體計量的專業而言，仍顯得有些遙遠，加上自身背景的差異，使我們一時之間難以直接理解這些技術未來能如何應用於流量計的發展。儘管如此，這次參訪讓我們對 Rohde & Schwarz 的能力有了更全面的認識，當未來進一步推展至智慧讀表等新型態測試時，我們已經找到了一個值得信賴、且具備高度專業的合作夥伴(如圖 19)。



圖 19 Rohde & Schwarz 合照(右起張顯曦、謝鋒、邱繼群)

肆、心得與建議

一、心得

此次歐洲參訪行程涵蓋瑞士 EMC Partner、荷蘭 Emerson's Micro Motion，以及德國 Rohde & Schwarz 三間公司，三者皆為國際上在各自領域的領導廠商。透過與工程師的深入交流，我們不僅獲得了第一手的技術知識，也重新檢視了國內在水量計型式認證及未來發展方向上的不足與挑戰。

首先，在瑞士 EMC Partner 的參訪中，我們獲得了關於電磁干擾測試的具體改善建議，特別是訊號叢訊、突波測試與實驗室電源配置等。他們強調正確接地的重要性，並提醒測試環境應該盡量在電波暗室中進行，以確保有效度與安全性。對汐止度量衡實驗室而言，這些建議能直接改善我們目前在測試上所遇到的困難。不過也必須檢討，在過去的測試流程中，我們對接地與電源隔離的細節不足，導致測試結果與預期產生落差，顯示出在硬體配置與標準規範對應上的經驗仍需加強。

在荷蘭 Emerson's Micro Motion 的交流中，我們更深入理解了科氏力流量計的核心原理與 Smart Meter Verification 功能的應用。此功能可有效降低標準流量計的維護與清潔上的人力成本，對未來汐止度量衡實驗室管理負擔是一項重要改善。更值得注意的是，對方在回應我們的問題時強調，在 CNPA 49 內所謂的高壓與長時間測試，其實皆屬於科氏力流量計的正常使用範圍，過去在科氏力流量計壽命與維護策略上的擔憂或許過於保守。此外，在氬能計量的交流中，對方展現了高度支持，不僅鼓勵我們提出計畫並展開合作，也提供了未來參與原廠培訓的可能性，這對台灣在氬能領域的發展而言，是一項極具意義的機會。這樣的合作優勢在於，我們能直接學習國際上的領導廠商所擁有最先進的技術與經驗，並透過系統化的培訓能力養成。這不僅有助於縮短台灣在氬能計量上的發展差距，也能讓國內校正能量更快與國際標準接軌，成為推動氬能產業的重要助力。

至於在德國 Rohde & Schwarz 的參訪，則讓我們認識到他們在無線電波領域發展的廣度與深度。他們提醒我們，未來智慧型流量計不僅需要承受外部電磁波的干擾，也必須檢驗其本身在無線傳輸時的發射強度是否符合法規。目前汐止度量衡實驗室的測試重點仍偏重於抗干擾測試，對於「智慧型水量計本身作為發射源」的影響尚未建立完整計畫。應盡早將智慧讀表納入未來發展項目，並思考如何結合現有電波暗室條件，擴充檢測能力。

整體而言，這些測試項目對各廠商而言早已相當成熟並廣為應用，但對我們流量實驗室來說，仍因缺乏相關背景知識而顯得陌生。特別是在如何將電磁測試有效結合於流量計檢測流程上，正是未來必須補強的關鍵。透過這次參訪，我們不僅獲得技術經驗，也更清楚自身在跨領域整合上的不足，這將成為汐止度量衡實驗室後續發展的重要推動力。唯有補足基礎能力，才能真正吸收經驗並轉化為具體成果，進一步提升台灣在流量計檢測與氬能校正領域的能力。

二、建議

(一) 落實正確接地配置

必須確保測試設備的接地完整性，所有接地端點（IMU 訊號產生器、金屬參考板 RGP、流量計本體）須集中連接至同一獨立接地電阻，避免端點四散，以確保訊號叢訊（Bursts）能完整耦合至流量計訊號中。

(二) 解決電源斷路器跳脫問題

針對執行電源線突波測試時發生斷路器跳脫導致中斷的問題，建議將相關測試儀器旁接獨立電源及獨立接地電阻內執行，以避開實驗室二次側斷路器（20A）的保護限制，確保測試安全性與有效性。

(三) 導入智慧儀表驗證（SMV）技術

建議每月執行一次 SMV 檢查，透過監測測量管的「剛性（Stiffness）」變化來判斷儀表健康狀態，可確認流量校正因子（FCF）是否有效，可替代校正間的查核程序，延長標準流量計校正週期，減少實驗室維運人力成本。

(四) 調整操作與清潔程序

現行的高壓（10 bar）與長時間（1,000 小時）測試條件均屬科氏力流量計的正常使用範圍，無需擔心影響設備壽命或需額外歸零校正。但在執行水壓試驗時，管路壓力變化的時間必須控制在「一分鐘以上」，避免快速升降壓損壞流量計內部的驅動器。

(五) 強化跨領域技術培訓

鑑於現階段流量計檢測人員對電子與電磁測項較陌生，應加強在流量計量與電磁干擾測試之間的跨領域背景知識整合。又為因應未來智慧讀表及無線傳輸技術於水量計之應用，應評估電波暗室除電磁耐受(EMS)外，能否相容電磁干擾(EMI)測試設備之裝設。