



淺談大力量校正與產業應用

三聯科技股份有限公司／盧勁甫



一、前言

三聯科技從民國84年堅持著一貫的經營態度以(SPEEDY SERVICE WITH SINCERITY)的3S精神，決定建立校正實驗室增進公司在精密量測之校正能量及技術能力，建立一套完整且自主之標準追溯體系，以滿足自己的要求與客戶交貨驗收及定期校正的需求，進而增加產品在市場上之客戶信賴度與競爭力。自84年以來，三聯科技陸續建立了電量校正實驗室（民國84年）、長度校正實驗室（民國96年）、振動校正實驗室（民國101年）和微力校正實驗室（民國102年），並於民國105年通過TAF認證，於高雄岡山的本洲工業區成立大力量校正實驗室，主要負責提供100噸(1000kN)到1000噸(10000kN)的荷重元校正服務，為國內首家通過TAF評鑑認證通過之200噸以上荷重元專業校正實驗室。

身為國內目前噸數最大的TAF校正實驗室，在籌備階段也曾遭遇到許多的困境，在工業技術研究院量測中心的陳秋賢大哥的帶領協助下，雖然舉步維艱；幸不辱命順利達成目標。經由這次的認證過程，學習到許多關於大力量校正業務的相關知識，期盼透過以下章節跟大家分享。

二、淺談大力量校正

首先要介紹，力的來源，分為非接觸力和接觸力兩種。

1. **非接觸**：力指兩物體不須互相接觸，而在相隔一段距離時，就可產生力的效應，稱為非接觸力或超距力，例如：(1)地球引力（重力）：地球吸引物體的力。(2)磁力：兩磁鐵互相作用的力，磁力有吸力和斥力兩種。(3)靜電力：電荷間互相排斥或吸引的力，如摩擦過的塑膠尺能吸引小紙屑。應用非接觸力和接觸力方式產生的力量標準機有：靜法碼標準機、槓桿式標準機以及液壓式標準機等種類。

$$F = mg (1-d/D) \text{ 公式}$$

F = 力，單位為牛頓（N）

m = 質量，單位為kg

g = 重力加速度，單位為m/sec²

d = 空氣密度（一般1.2kg/m³）

D = 法碼密度

2. **接觸力**：凡施作用力必須接觸到物體才能顯現出效應。例如：(1)拉長彈簧、使直尺變曲、打鐵、捏陶土或推動車子等所需的作用力。(2)浮力：液體和氣體具有使物體上浮的力。(3)摩擦力：指兩個表面接觸的物體相對滑動時抵制它們的相對移動的力。例如煞車使車輛停止之力。(4)彈力：當彈性體（如彈簧或橡皮筋）受力作用而發生形變時，在其內部就會產生一種反抗形變，而且要使物體恢復原狀之力。應用此方式產生的力量標準機有：（比對式）

疊加式標準機、材料試驗機、對壓式標準機（千斤頂校正機、橡膠墊片試驗機），為目前運用最多測力標準。

$$F(\text{施力}) = F(\text{反作用力})$$

力的單位分為公斤力、牛頓力和磅力

(1) 公斤力(kgf)[秤重傳感器]：目前國際上幾乎已不使用

[定義] “具有質量1kg的物體，在真空中受到重力場為 9.80665m/sec^2 所呈現的力值。

常用於：地磅、秤、吊秤的荷重元。

(2) 牛頓力(N)：目前國際上使用的力量單位——未來強制推行

[定義] 當作用在質量為1kg的物體時，能使物體產生 1m/sec^2 加速度的力，稱為1牛頓

$$1\text{kgf} = 9.80665 \times \text{牛頓力(N)}$$

在說明螺絲、錨的最大允許受力；或是土木工程、建築業及大力量校正的應用時，常會用千牛頓(kN)來表示。在攀岩裝備的規格中；量測一個負載最大允許的張力及剪力時，也常會用kN來表。

(3) 磅力(lbf)：是力的英制單位。一磅力為質量一磅的物體在地球表面上所受的重力。除了美系的系統使用外，現已不使用。

以上三個單位轉換公式如下所示：1公斤力(kgf)=9.80665牛頓(N)=2.204613磅力(lbf)

3. 力量的量測標準機可分為：靜法碼機、槓桿式力量標準機、液壓式力量標準機和疊加式力量標準機。

(1) [靜法碼機]：如圖1所示，為力量的原級標準，是一種不靠機械機構或油壓系統傳遞，而直接以固定重量(deadweight)施加的標準力，可直接追溯到國際質量標準。原級力量標準是使用混、軋或鑄造製作成的金屬塊。當完成製作及調整後必須予以標記，其法碼與原始國際質量參考標準比較，差異必須在0.005%的範圍以內，而且所在地的重力加速度精確度亦必須在 0.0001m/S^2 (10miligals)以內。

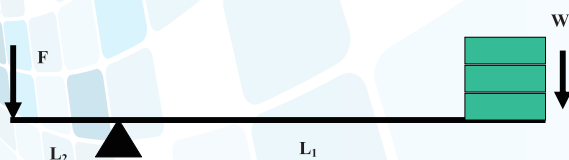


▲ 圖1 三聯科技200N靜法碼機



- (2) [槓桿式力量標準機]：以靜法碼所產生之標準重量 W 作用於槓桿之一端，而在另一端產生一放大的標準力 F ， F 可表示為：

$$F = W \times L_1 / L_2$$

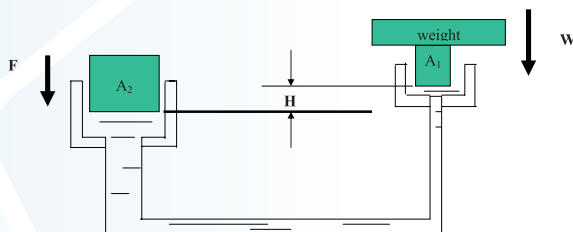


這種標準機之相對不確定度可達0.01%，因受限於槓桿的變形，使用的最大量程不超過2MN（200噸）。

[槓桿式力量標準機有兩種型式]：

- 單臂槓桿式標準機：以東歐(德國以東)、蘇俄、大陸、新加坡為主，因為是單臂槓桿，所以不確定的因子較少，可做為標準機使用，範圍5kN～1.5MN。
 - 多臂槓桿式標準機因體積小，普遍應用於日本工業界，鮮少有單位拿來當測力標準機使用。
- (3) [液壓式力量標準機]：係用帕斯卡原理。
- 目前使用的國家有德國聯邦物理技術研究院(PTB)16.5MN（1650噸）液壓式力量標準機；日本計量所(NMIJ)的20MN（2000噸）標準機，相對擴充不確定度0.01%；北京計量院所使用之20MN（2000噸）標準機，相對擴充不確定度0.01%。

$$F = W \times A_2 / A_1 + H \gamma A_2$$



- (4) [疊加式力量標準機]：如圖2所示，為目前業界使用最多之標準機，是用一個比被檢定的測力儀準確度高的測力儀作為標準，與被檢定的測力儀串聯，以液壓或機械方式施加負荷來進行比較測量，來確定被檢測力儀計量特性的測力機型式。在執行校正工作時，使用液壓或機械方式來施加力量，這時力量會對標準傳感器和被檢測力儀或傳感器同時加載，並用串聯的形式擺放，使其承受同一力量，並藉由標準傳感器的顯示器讀數了解輸出力量大小，並同時讀取被檢測力儀或傳感器的顯示器讀數，當標準傳感器的顯示器讀數達到標的的值時，持續一段時間穩定期力量後，紀錄被檢測力儀或傳感器的顯示器讀數，並逐一加載和卸載，完成對被檢測力儀或傳感器的校正。

三聯科技於2015年完成了10000kN壓向疊加式校正機之量測系統建置，並採用ASTM E74規範所載之標準傳遞方式，以傳遞標準件，傳遞中國計量科學院(NIM)之力值於本系統，並參考用EURAMET cg-4(5.2 Determination of the machine's CMC)規範所載之不確定度計算方式，評估本系統之校正與量測能力，其結果如下：

系統組成	量測範圍(kN)	涵蓋因子	最小不確定度 [壓縮] (95%的 信賴水準) 單位: kN	依循規範
L.C.: HBM/C6 /1000t # 061097 & 10000 kN壓向 疊加式壓向力量 標準機	1000 to 10,000 600 to 6000 500 to 5000 500 to 3000	2	9.4 4.9 5.3 5.7	EURAMET cg-4, version 2.0



▲ 圖2 三聯科技10000 kN疊加式力量標準機

三、大力量校正應用於產業概況

大力量荷重元的校正技術應用可分兩個方向來論述：

1. 對內：

- (1) 對荷重元相關產品儀器的研究開發有關鍵性的幫助，透過精準的校正程序來篩選確認儀器之質量。
- (2) 除可節省儀器委外校驗的成本費用，更可精簡往返時程之效益。

2. 對外：

- (1) 荷重元儀器經過確實的校正再運用於工程施工，可有效幫助國家公共工程之施工安全與品質提昇。
- (2) 工程運用範疇廣泛，舉凡結構體承載重量之量測或載重試驗之測試皆適用，諸如基樁加載試驗、地錨荷重力、支撐軸力、結構物支承力。
- (3) 提高業界知名度，增進客戶信賴度。

四、結語

目前台灣取得TAF實驗室認證之力量校正實驗室計有10餘家，最大量測範圍僅國家度量衡標準實驗室達到200噸此數。一般擁有大於200噸預力能力之學術單位或測試實驗室均尚未通過TAF校正實驗室認證。目前荷重元量測範圍小於等於200噸者，需作為TAF力量校正實驗室之標準件荷重元或需有TAF認可之校正報告者，可於台灣校正；但若荷重元量測範圍大於200噸；且需作為TAF力量校正實驗室之標準件荷重元或需有TAF認可之校正報告者，一般均需送出國校正，除了校正費用之外，還需國際運輸費(往返)及報關費用，一趟下來所費不貲。

三聯科技成為台灣第一家擁有荷重元量測範圍大於200噸以上之TAF認證之力量校正實驗室，台灣廠商可免費獲得較經濟實惠的校正服務。往常，公共工程因國內無經TAF認證之大力量校正實驗室；在品質管理上無法作強硬要求；故同意學術單位之實驗室或經甲方工程司認可之實驗室均可校正。但時下，台灣已有建構200噸以上TAF大力量校正實驗室；或可發揮拋磚引玉之效；帶動台灣在大力量校正品質環境向上再提昇。