

# 雨量計校驗特殊案例探討(1)—— 國內常見雨量計校驗器差分析探討

謝黎惠<sup>1\*</sup>      簡振和<sup>1</sup>      陳明仁<sup>1</sup>  
Li-hui Hsieh      Chen-ho Chien      Min-jen Chen

國立臺灣大學 水工試驗所 水文量測技術研發暨服務中心 雨量計校正實驗室<sup>1</sup>

## 摘 要

目前市面上有多種雨量計，各雨量計大致係針對現有既存缺陷進行改良，但由於不同雨量計觀測雨量之原理及計量之結構設計不同，因此雨量計有其使用上之侷限性，這些缺陷直接影響到雨量觀測之準確度及雨量資料的品質。倘因未能進一步掌握這些雨量計特性，不僅雨量資料品質不一造成困擾，恐難以提供精準分析利用，甚至造成誤解。本文特別針對國內幾種常見的傳統式地面點雨量計（Point Gauge）校驗之器差來探討雨量計之特性。這些雨量感應器（sensor type）之計量機制在類別上皆屬捕集型（catch type）、質量（體積）量測（volume / mass）之傾斗式雨量計（tipping bucket），分別來自臺灣、日本、丹麥、義大利、德國、澳洲等產製國。本文蒐集臺大雨量計校正實驗室這兩年多來累積300多件送校件之校驗成果，主要目的期盼國人對雨量計能有更多的瞭解，特別是水文資料研究者及水利工程師，應瞭解各種分辨力雨量計各有其適用觀測雨強範圍，雨量計應定期校驗（校準）才能維持儀器準確度，盼更多人關注降雨觀測儀器之使用及雨量資料品質。

關鍵字：傾斗式雨量計，系統性誤差，校驗，量測不確定度  
Keyword : Tipping Bucket Rain Gauge, System Error, Calibration, Uncertainty

---

<sup>1</sup>國立臺灣大學水工試驗所水文儀器（雨量計）校正實驗室

\*通訊作者，E-mail: [grace.hsieh@hotmail.com](mailto:grace.hsieh@hotmail.com)

## 一、前言

傾斗式雨量計 (Tipping Bucket Rain Gauge, TBRG) 係利用傾斗裝載標稱容量 (nominal volume) 雨水後，隨著重量增加及重心偏移對軸承產生翻傾的力矩而自動翻傾排水，同時以另一側傾斗接替來承載雨量，持續其計量機制。再利用傾斗翻傾的同時觸發磁簧開關 (reed switch) 所發送之脈衝 (pulse) 訊號來記錄傾斗翻傾的次數。而該計量傾斗容量，亦即該雨量計之分辨力 (或解析度 resolution)，慣以雨量之計量單位：深度 [L] 0.1、0.2、0.5 或 1.0mm 來區分。由於計量傾斗之標稱容量即等於該雨量計之分辨力  $d$  (深度) 與其承雨器捕集面積之乘積，因此，祇要記錄傾斗翻傾的次數  $n$ ，即可獲得降雨量  $R$  ( $R = d \times n$ )。傾斗式雨量計由於計量的原理及機械構件簡單，便於訊號輸出、耗電量少，極適合長期、持續性雨量觀測，並有利自動化觀測作業利用，因此成為目前包括臺灣在內之世界各國最主要及最廣泛採用雨量觀測設備之一。

量測儀器在使用一段時間後，由於使用頻率、使用環境等不同，常導致儀器漂移、老化、劣化的現象，定期校正是確保儀器準確度的不二法門。臺灣地區年降雨量超過 2,500mm，特有強降雨環境及地質特性，是天然災害最主要肇因，因此，雨量資料的品質益發重要。國立臺灣大學水工試驗所雨量計校正實驗室便是在此等條件下成立，為確保校正程序標準化及校正之有效度，主動申請財團法人全國認證基金會 (TAF) 認證，目前是編號：2859 認證實驗室。我們希望第一步先透過雨量計本身之校正來提升降雨觀測品質，後續進一步研究降雨觀測的各項環境狀態 (環境遮蔽、風場) 及兩者可能的交互作用之影響，期望提昇國內雨量計準確度及雨量觀測資料的品質。

本文蒐集臺大雨量計校正實驗室兩年多來累積 300 餘件客戶送校件之校驗結果，目的係期盼國人對傾斗式雨量計能有更多的瞭解，特別是水文資料研究者及水利工程師，應瞭解各種分辨力雨量計各有其適用觀測兩強範圍，雨量計應定期校驗 (校準) 才能維持儀器準確度，盼更多人關注降雨觀測儀器之使用及雨量資料品質。

## 二、傾斗式雨量計相對器差

### 2.1 相對器差產生原因

傾斗式雨量計之量測之相對誤 (器) 差定義為  $ER = |R_m - R_{ref}| / R_{ref} \times 100\%$ ，其中  $R_m$  為雨量計量測器示值， $R_{ref}$  為參考標準值。而此量測之相對誤 (器) 差，除與雨量計分辨力 (或傾斗之標稱容量) 有關外，亦與降雨強度有關。傾斗式雨量計儀器本身的器差，我們認為傾斗翻傾時持續注入、而未被計量之雨水是主要誤差原因。由於傾斗式雨量計利用傾

斗接替翻傾來量測降雨，在傾斗開始翻傾及至另一方傾斗完全接替之很短暫期間，因為雨水仍持續注入翻傾中的傾斗，致使每一傾斗實際裝載超出標稱容量的雨水，但仍只發送出一個脈衝訊號、輸出為一個分辨力的雨量值。

基於構造設計的限制，此種重量平衡型的傾斗式雨量計只能在某一區間的兩強範圍有最佳的準確度，在此區間以下的小雨強會高估；但在此區間以上的高雨強則會低估。由於氣象局目前雨量計合格 (允收) 的標準為公差 3%，最高檢測兩強在 100~120mm/h 範圍，因此目前製造商通常會將傾斗式雨量計調整在 0~120mm/h 兩強範圍下符合器差 3% ~ -3% 之間，以符合採購法之驗收需求。一般出廠品管會以一定量水體、模擬 50~70mm/h 之間兩強 (流率) 進行滴定，調整傾斗下方的調整鈕至標稱容量 (藉由讀數各傾斗秒數)，使其相對器差控制在 0% 左右。基於這些背景條件，因此剛出廠的傾斗式雨量計儀器本身的器差會與：(1) 傾斗的分辨力；(2) 兩強有關。

### 2.2 相對器差與兩強的關係

當兩強越大時，傾斗翻傾接替短暫時間內持續注入的雨水較兩強小時還要多、但仍記錄為 1 傾斗，因而每傾斗少計入的量被低估的更多，因此產生較大的誤差。表 1 為承雨面積 314cm<sup>2</sup>、分辨力 1.0mm 之 TBRG 在各指定參考兩強下每一傾斗翻傾的時間及重量，並藉由其與標稱容量 31.4mL 換算其在各兩強下的相對器差 (水溫 26.0°C)。表中可見當參考兩強越大時，每一傾斗翻傾時所盛載的水量越來越多，致使相對器差 ( $y$ ) 與參考兩強 ( $x$ ) 維持近乎線性的關係 ( $y = kx$ ，其中  $k < 0$ ，圖 1)。此特性為 TBRG 設計上的限制，不同分辨力雨量計的  $k$  值不同，一般而言分辨力 0.5mm 之  $k$  值略小於分辨力 1.0mm，亦即斜率相對較陡峭。

表 1：TBRG 在各參考兩強下之相對器差

| 參考兩強 (mm/h) | 每一傾斗時間(sec) | 每一傾斗重量(g) | 相對器差 (%) |
|-------------|-------------|-----------|----------|
| 20          | 183.86      | 30.87     | 1.69%    |
| 70          | 52.55       | 31.83     | -1.36%   |
| 120         | 30.68       | 32.16     | -2.42%   |
| 200         | 18.68       | 32.44     | -3.31%   |
| 300         | 12.61       | 32.89     | -4.73%   |
| 400         | 9.48        | 33.36     | -6.25%   |
| 600         | 6.52        | 34.17     | -8.81%   |

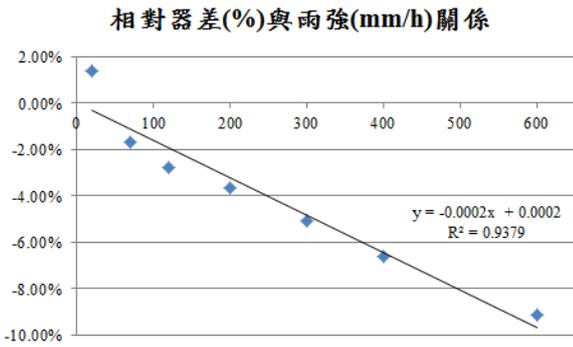


圖1：分辨力0.5mm在各模擬雨強下之相對器差

### 2.3相對器差與分辨力的關係

表2顯示以特定雨強（流率）導入兩不同分辨力的新品傾斗式雨量計中，所量測到的每傾斗重量及計算所得的相對器差。在70mm/h時可以看到兩種分辨力的相對器差，製造商都已經調整在0%上下，之後模擬雨強越大，分辨力1.0mm之傾斗雨量計會較分辨力0.5mm有較好的量測表現。

表2：不同分辨力的相對器差

| 模擬雨強 (mm/h) | 分辨力1.0mm<br>每一傾斗量 | 分辨力1.0mm<br>與標稱值之器差 | 分辨力0.5mm<br>每一傾斗量 | 分辨力0.5mm<br>與標稱值之器差 |
|-------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 20          | 30.58             | 2.62%               | 15.46             | 1.55%               |
| 70          | 31.30             | 0.31%               | 15.79             | -0.58%              |
| 200         | 32.17             | -2.46%              | 16.26             | -3.58%              |
| 300         | 32.74             | -4.25%              | 16.78             | -6.87%              |

圖2及圖3分別是分辨力0.5mm及1.0mm在各模擬雨強下之相對器差。圖中顯示在50mm/h及100mm/h雨強兩者相對器差相當；在小於50mm/h雨強，分辨力0.5mm的雨量計高估量較小（接近真值），而且降雨量0.5mm也可以量測到；但當雨強200mm/h以上時，分辨力1.0mm的雨量計反而有較好的量測表現，建議使用者採購時需釐清自身觀測目的（目標為量測大雨、或量小雨），選用適當分辨力的雨量計。

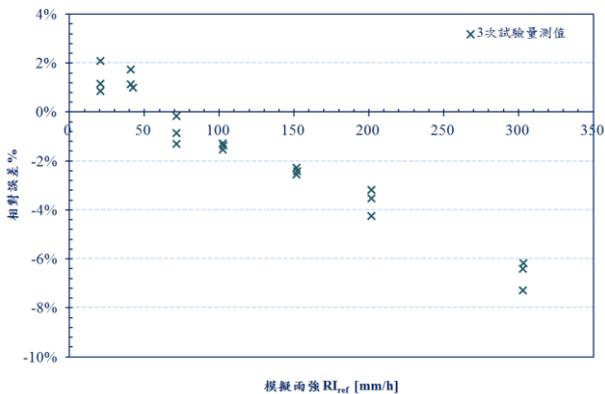


圖2：分辨力0.5mm在各模擬雨強下之相對器差

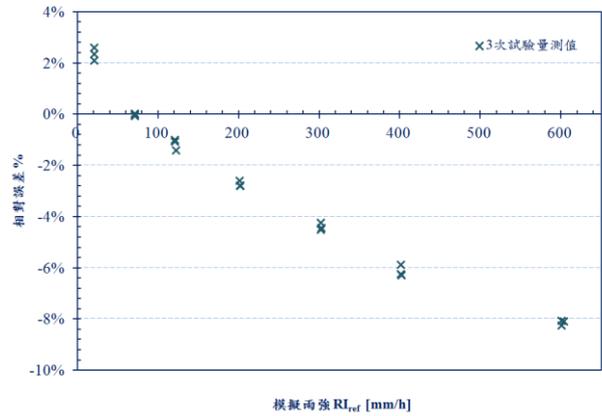


圖3：分辨力1.0mm 在各模擬雨強下之相對器差

### 2.4傾斗式雨量計的相對器差

圖4為在不同雨強下、三種不同分辨力的雨量計的雨強器示值與參考標準雨強的關係，可以看出在雨強小於100mm/h時，各分辨力的傾斗雨量計尚可反應參考雨強值，但當雨強越大分辨力較小的雨量計與  $y = x$ （器示雨強 = 參考雨強）有漸行漸遠的趨勢。由此可知，分辨力小的雨量計雖然對雨量觀測較為敏銳（降雨0.1mm也可量測到），但當雨強稍大，雨量量測值偏低情形會比分辨力大的雨量計顯得更為嚴重。此項誤差源自傾斗式雨量計計量機制，但無法避免的系統性誤差還會隨著降雨強度之增大而加劇。因此，使用者需對傾斗式雨量計之特性必須有更深入的認知，特別是降雨強度特大、強降雨事件頻繁的臺灣，瞭解不同分辨力雨量計各有其合適觀測雨強範圍、以及在強降雨下可能低估量值的事實，並採取適當的因應措施。

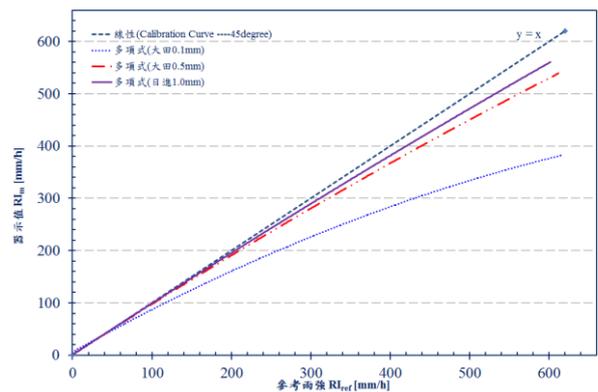


圖4：不同雨強下、不同分辨力雨量計的量測表現

傾斗式雨量計的器差會與傾斗的分辨力及雨強相關是普遍現象。臺大雨量計校正實驗室整理近兩年來312件受校件的器差數據，進行統計、並繪製盒狀圖分析其相對器差狀況，提供了解傾斗式雨量計的特性，這些雨量感計分別來自臺灣、日本、丹麥、義大利、德國、澳洲等產製國。臺大實驗室主要校正的傾斗式雨量計來自於水利署各河川局及水資源

局，其他少數來自各縣市政府水利或工程單位，以及台電或學術研究機構（不含氣象局）。

表3：312件受校雨量計基本資料

| 廠牌          | 0.1mm |    | 0.2mm |    | 0.5mm |    | 1.0mm |     | 總計  |
|-------------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|-----|-----|
|             | 新品    | 舊品 | 新品    | 舊品 | 新品    | 舊品 | 新品    | 舊品  |     |
| GreenSpan   |       |    |       |    |       | 2  |       |     | 2   |
| Hydro-Serv. |       |    |       |    | 5     | 1  |       | 10  | 16  |
| NESA        |       |    | 4     |    |       |    |       |     | 4   |
| Pronamic    |       |    |       |    |       |    | 1     |     | 1   |
| RIMCO       |       |    |       |    |       | 6  |       |     | 6   |
| Texas       |       |    | 5     | 1  |       |    |       |     | 6   |
| 大田OTA       | 1     |    |       |    | 3     | 1  |       | 1   | 6   |
| 小松Komatsu   |       |    |       |    |       |    | 1     | 6   | 7   |
| 小笠原         |       |    |       |    |       |    |       | 1   | 1   |
| 日進          |       |    |       |    | 6     |    | 1     |     | 7   |
| 台燕          |       |    |       |    | 2     |    | 22    |     | 24  |
| 竹田          |       |    |       |    | 14    | 14 | 96    | 101 | 225 |
| 松田          |       |    |       |    |       |    |       | 7   | 7   |
| 總計          | 1     | 0  | 9     | 1  | 30    | 24 | 121   | 126 | 312 |

圖5為分辨力1.0mm共計247件雨量計相對器差的盒狀圖分析，短橫線高點為該兩強量測的最高器差、低點為的最低器差，方形高點為第三四分位數Q3、方形低點為第一四分位數Q1、方形中間短橫線為中位數（第二四分位數Q2），各分位數之間各有1/4（即41~42件）的樣品器差數據落在這個區間。以20mm/h為例，可以觀察到圖中四分位距1.22%（第三四分位數 - 第一四分位數）相較於全距13.99%（最高值 - 最低值）小非常多，代表50%的受校件相對器差多集中在1.11%~2.32%之間，其他各兩強也有相同趨勢，顯見圖3雨量計相對器差（單一標本）並非個案，傾斗式雨量計器差有其系統性的表現，其相對器差有隨著兩強加劇、略呈現線性加劇低估的趨勢。

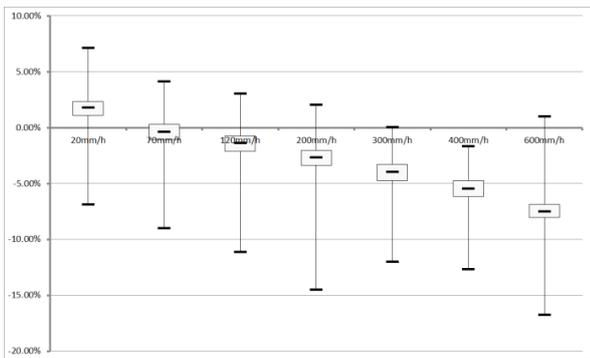


圖5：分辨力1.0mm 247件樣本相對器差盒狀圖

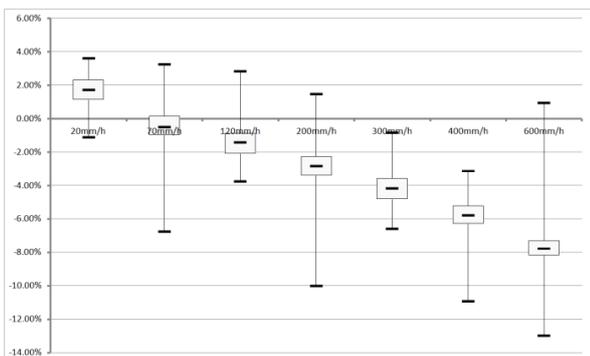


圖6：新品分辨力1.0mm 120件樣本相對器差盒狀圖

圖5各兩強全距皆在11%以上，代表傾斗是雨量計在特定兩強下之相對器差變異頗大，由於247件受校件樣品係未使用、或在現場使用十餘年不等，如果單就全新未使用新品進行統計，圖6可以看出，全距即有相當程度的縮小。實驗室目前觀察到，傾斗式雨量計在現場服役一段時間後，通常會因為斗杯髒污或鏽蝕、蛛絲障礙翻傾、軸承問題導致翻傾不順、人為保養差異等，造成相對器差變異加大，無法控制在指定的公差範圍內。圖7、圖8為分辨力0.5mm傾斗式雨量計相對器差盒狀圖分析，可以看出相同趨勢（pattern），因此建議雨量計應定期安排送校正實驗室進行校正，以維持其能提供正確的降雨觀測值。

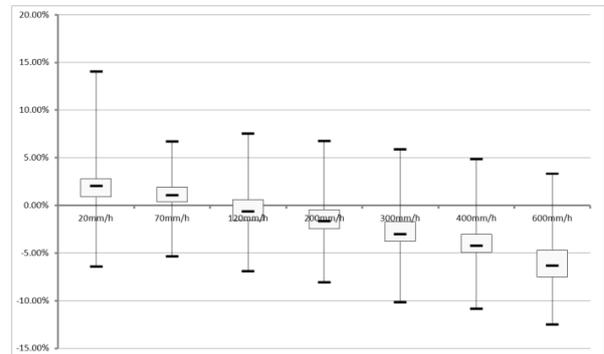


圖7：分辨力0.5mm 54件樣本相對器差盒狀圖

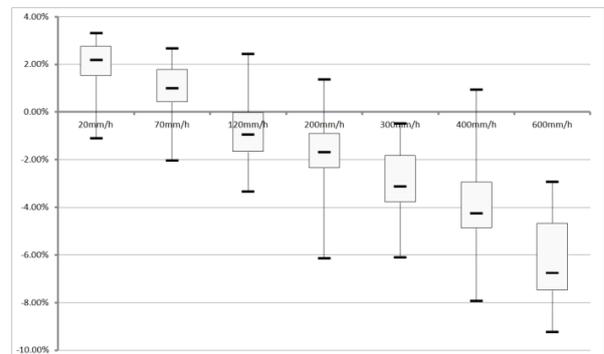


圖8：新品分辨力0.5mm 30件樣本相對器差盒狀圖

### 三、檢校報告判讀與雨量計之選用

雨量計送到臺大雨量計校正實驗室後，實驗室依據TAF審核的標準程序進行校正，並依據氣象法規範的公差適時進行調整、校準。表4為校正前針對雨量計外觀及傾斗翻傾進行動作檢查，客戶可以透過本表了解承雨筒是否變形、儀器序號是否與計量傾斗座一致、外觀狀況等及軸承翻傾是否順暢。當動作檢查有超出5%離群值數量時，代表該雨量計有提前翻傾或延遲翻傾的狀態，此狀況會導致相對器差變異增大，使用者應特別注意。

表4：受校雨量計校正前檢查結果

| 檢查項目 | 正常 | 異常 | 異常說明或其他註記   |
|------|----|----|---|
| 外觀檢視 | V  |    |   |
| 動作檢查 | V  |    | 1.穩定性檢測選用模擬雨強：603 mm/h<br>2.穩定性檢測以上述模擬雨強至少積攆1分鐘或讓傾斗翻傾50次以上，檢視傾斗翻傾動作是否正常？<br>3.記錄超出5%離群值數量百分比：0% ；<br>最大之離群值：6.391（參考值：6.494）。 |

國內傾斗式雨量計使用主要以不鏽鋼材質為主，不過實驗室現有累積校驗經驗發現，塑膠材質的承雨筒及斗杯，超過5年、甚至10年使用，送回實驗室校正仍維持良好狀況及量測表現，相較少數斗杯因電鍍品質不佳、有鏽蝕狀況影響計量機制反而來得好。建議使用者考量自身使用環境，如安置於化學污染（酸鹼值高）、鹽化嚴重場所，可選用適合材質、並加強維護保養頻率，以確保雨量計正常運作。

接著進行承雨筒器口的量測（表5），由於標稱容量係傾斗分辨力搭配器口面積所得，因此當承雨筒器口變形、集雨面積器差過大，也會因為捕集面積不具代表性，直接影響到下方計量傾斗計量表現。我們建議採用氣象局實驗室標準，承雨器口相對器差應在±1%範圍內時，使用者應特別注意校正報告上之數據。

表5：承雨器集雨面積校驗結果

| 項目 | 承雨器集雨面積                                     |   | 相對器差 (%) | 擴充不確定度 (%) |
|----|---|---|----------|------------|
|    | 標稱值 (參考標準)                                  | 承雨器內徑量測值                                  |          |            |
| 機件 | D <sub>ref</sub> : 200 (mm)                 | D <sub>m</sub> : 199.74 (mm)              | -0.26    | 0.99       |
|    | A <sub>ref</sub> : 31400 (mm <sup>2</sup> ) | A <sub>m</sub> : 31318 (mm <sup>2</sup> ) |          |            |

外觀及翻傾動作檢查後，實驗室依據TAF審核程序進行7組雨強檢測，不同分辨力的雨量計由於有其適用最佳降雨量測範圍，因此不同分辨力實驗室進行測試的7組雨強並不相同，原則上分辨力1.0mm的雨量計可以量測到較大雨強，實驗式進行最大模擬雨強為600mm/h，此等並非指現實狀況1小時降雨600mm，而是了解當10分鐘量測到100mm降雨狀況時（或每分鐘量測到10傾斗時），雨量計會如何表現、其量測的誤差為多少？表6即為各雨強下，分辨力1.0mm雨量計的相對器差表現及其擴充不確定度。以氣象法規範圍而言，使用者可判讀前3組（20~120mm/h）之原始相對器差，當其滿足公差3%的範圍，即代表通過、可以允收。

表6：雨量計校正結果

| 組別 | 參考雨強 RI <sub>ref</sub> (mm/h) | 雨強器示值 RI <sub>m</sub> (mm/h) | 原始相對器差 RE (%) | 修正雨強 RI <sub>adj</sub> (mm/h) | 修正後相對器差 RE <sub>adj</sub> (%) | 擴充不確定度 (%) |
|----|-------------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|
| 1  | 19.92                         | 20.39                        | 2.4           | 19.59                         | -1.7                          | 1.1        |
| 2  | 70.30                         | 70.29                        | -0.1          | 70.71                         | 0.6                           | 1.1        |
| 3  | 120.43                        | 119.05                       | -1.2          | 121.62                        | 1.0                           | 1.0        |
| 4  | 200.72                        | 195.28                       | -2.8          | 203.12                        | 1.2                           | 1.0        |
| 5  | 301.25                        | 288.03                       | -4.4          | 305.43                        | 1.4                           | 1.0        |
| 6  | 400.49                        | 375.96                       | -6.2          | 405.59                        | 1.3                           | 1.0        |
| 7  | 600.94                        | 552.18                       | -8.2          | 615.62                        | 2.5                           | 0.9        |

除提供相對器差數據外（表6），實驗室也提供圖9受校雨量計器示值量測偏差情形，提供使用者快速了解受校雨量計的整體表現。當受校雨量計越貼近 y = x 直線，代表受校雨量計有較好的量測表現。

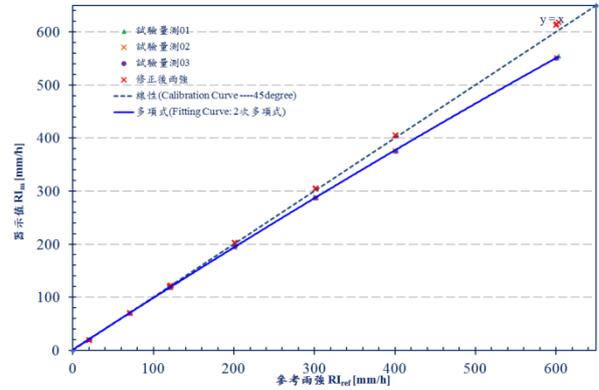


圖9：不同雨強下雨量計的量測表現

校正所得的相對器差分析由於是平均值的呈現，但雨量計如左右傾斗量測量一大一小，其平均值仍可能通過規範的公差，為此臺大雨量計校正實驗室針對左右傾斗的翻傾表現進行離散分析，並繪圖呈現。圖10顯示傾斗翻傾差異皆在 -3% ~ 3% 間，顯示該受校雨量計有良好的計量表現；相較而言，如採用圖11雨量計於現場進行量測時，所得的降雨數據之變異較大，致使該雨強之擴充不確定度偏大，相對器差真值範圍會較大，相對在觀測資料上較不具可信度。

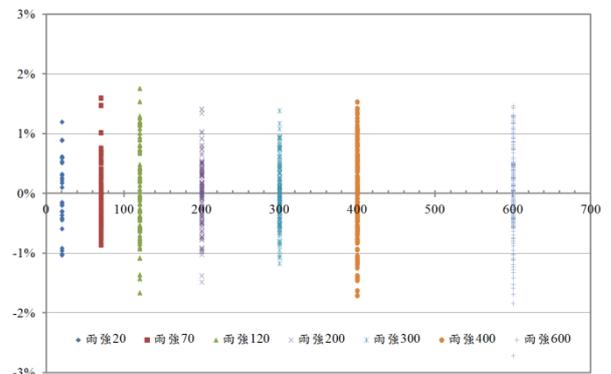


圖10：受校雨量計左右傾斗翻傾離散分析-1

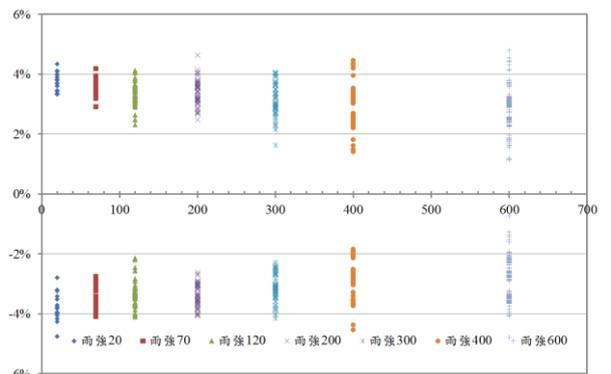


圖11：受校雨量計左右傾斗翻傾離散分析-2

## 四、結語與建議

降雨是地球淡水資源的主要來源，在水循環中扮演關鍵角色。水文觀測資料為經濟部水利署之水源、河海、防災、水政等業務，乃至各河川局工務、規劃、管理等等之基本依據，因此掌握及加強水文觀測品質，為極基本重要之工作。本研究藉由校正實驗室2年來檢校雨量計3百餘部的經驗，希望雨量計使用者可以有更充分的資訊採購符合自身目的之雨量計，同時理解傾斗式雨量計觀測的限制、維護保養及定期校正的重要性。

1. 建議使用者採購時需釐清自身觀測目的，選用適當分辨力的雨量計。目標觀測雨強小於100mm/h，建議使用分辨0.5mm雨量計；目標觀測雨強大於70mm/h，建議使用分辨1.0mm雨量計。
2. 雨量計應定期安排送校正實驗室進行校正，以維持其能提供正確的降雨觀測值。
3. 建議雨量計所有權人應完整檢示校正報告，了解所採購之雨量計品質。
4. 造成觀測雨量偏差的主要原因來自觀測儀器本身、環境因素（遮蔽、風場）以及其間的交互作用影響，本團隊目前仍持續獨立維護十一份地坑試驗場地，蒐集環境因素對傾斗式雨量計雨量捕集的影響。十一份地幅遼闊（圖12）、未來變動性不大，為國內少數適合建置成WMO所規範之田野量測比對試驗場地，讓各廠牌、或新型雨量計儀器可以在此進行比對了解性能，建議相關單位投資本基礎環境，相信對引進新型觀測儀器，及了解環境對降雨觀測影響有明顯助益。

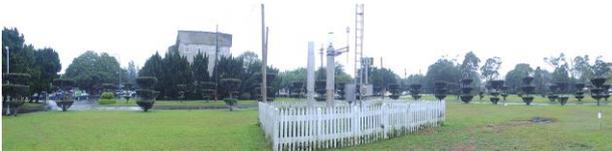


圖12：北水局十一份氣象觀測坪

## 致謝

本文感謝水利署水文技術組張廣智前組長對水文儀器檢校的支持，特別是其對雨量計檢校必要性的獨到見解，強調雨量計檢校要能滿足水利單位對強降雨雨量觀測準確度的需求。臺灣大學大氣系林博雄教授提供WMO關於雨量計校正與量測比對的最新資訊。中央氣象局氣象儀器檢校中心王世堅主任、葉瑞元技正及臧靖宇、陳明欽兩位先生提供關於雨量計檢校實務上之諸多寶貴經驗。特別感謝工研院量測中心工研院量測中心何宜霖研究員，同時也是TAF評審員，耐心提供雨量計校正技術相關之協助外，讓我們學到如何將專業上的認知，實際應用於校正測試領域；並且如何藉由校正作業及校正結果品質管制作業等文件化的程序書等，來提昇維持

校正實驗室運作的水準。讓臺大水文儀器（雨量計）校正實驗室得以順利通過認證，特在此一併致上謝意。

## 參考文獻

- 1.經濟部（2014），臺灣強降雨下提昇水文觀測品質之檢校技術發展與應用（102年~103年）
- 2.全國認證基金會，觀測儀器校正認證服務計畫 TAF-CNLA-A11(2)
- 3.財團法人工業技術研究院能源與資源研究所(2000)，「水文觀測站網儀器檢校管理之建立」，經濟部水資源局。
- 4.謝黎惠，簡振和，劉格非，馬家麟（2014），傾斗式雨量計檢校技術研發與系統性誤差之修正，103年天氣分析與預報研討會，A7-5
- 5.簡振和，謝黎惠，莊旭楨，劉格非，王璿璋，林博雄，李育棋（2015），十一份氣象觀測坪雨量觀測田野量測比對初探，104年天氣分析與預報研討會，A1-3
- 6.謝黎惠，簡振和，劉格非（2015），傾斗式雨量計檢校案例之探討，104年天氣分析與預報研討會，A1-4
7. Sevruk, B. and L. Zahlavova, (1994), Classification System of Precipitation Gauge Site Exposure: Evaluation and Application, International J. Climatology, Vol. 14, 681-689
8. WMO (2001), Final Report of the Expert Meeting on Rainfall Intensity Measurements, Bratislava, Slovakia, 23-25 April 2001.
9. WMO (2005), Joint CIMO Expert Team on Surface-Based Instrument Inter-comparison and Calibration Methods and IOC on Surface-Based Instrument Inter-comparison, Geneva, 5-9 December 2005.
10. WMO (2006), WMO Laboratory Inter-comparison of Rainfall Intensity Gauges, Final Report, Instruments and observation Method.
11. WMO (2008), Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, WMO Pub. No. 8 Seventh Edition. WMO, Geneva 978-92-63-10008-5.
12. WMO (1986), Guide to meteorological instruments and methods of observation.