

雨量計校驗特殊案例探討(2)—— 具虹吸調節器傾斗式雨量計量測器差特性及其校驗方法之探討 A Study on Measurement errors form Tipping Bucket Rain Gauge with Syphon and its Calibration Procedure

簡振和¹
Chen-ho Chien

謝黎惠^{1*}
Li-hui Hsieh

陳明仁¹
Min-jen Chen

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¹
國立台灣大學

摘 要

傾斗式雨量計 (TBRG) 係國內外使用最廣泛, 亦是國內目前最主要的雨量觀測儀。但傾斗式雨量計存在明顯系統性誤差, 此計量誤差主要源自於傾斗裝滿標定容量雨水在翻傾之同時, 雨水仍持續注入因而造成的低估現象; 而且此量測誤差會隨著雨強變大而加劇。為減少器差可能隨著降雨強度而變化之情況, 部份傾斗式雨量計會在承雨筒 (集水漏斗) 下方加置一虹吸 (syphon) 導水裝置, 試圖藉由調節承雨筒傳輸雨水至計量傾斗之流率, 以緩和量測誤差隨雨強變化之困擾。由於此類 (具虹吸式調節) 雨量計之計量方式有其特殊性, 其計量器差校驗及方法亦必需另有所因應。因此, 本文特別針對裝置有虹吸導水裝置之傾斗式雨量計進行系統性的探討 (包括吸虹導水裝置的特性及加裝後的效果), 俾使使用單位在儀器維護, 以及校驗單位在儀器調校 (校驗、校準) 時參考。

關鍵字：傾斗式雨量計，系統性誤差，虹吸調節器、校驗，校準

一、前 言

臺灣特有強降雨環境及地質特性, 是天然災害最主要肇因。水文觀測資料係政府在防災應變、水資源利用等重要決策上最主要之依據。其中, 雨量資料是所有氣象、水文分析、水資源利用、防洪預警及所有水利工程規劃設計最基本的依據。近年來, 受到地球暖化、氣候變遷影響, 臺灣的極端水文事件頻傳, 降雨除在強度、延時及總累積量大增外, 枯水期似乎也變得更長。此項衝擊, 不僅讓雨量觀測在天然災害應變上, 亦在水資源之利用肩負更艱鉅角色。

傾斗式雨量計 (TBRG, Tipping Bucket Rain Gauge) 係目前國內外使用最廣泛, 亦是國內最主要的雨量觀測儀之一 (如圖 1)。但傾斗式雨量計存在明顯的系統性誤差 (systematic error), 而此系統誤差所造成之量測誤差會隨著雨強之加劇而增加。此外, 雨量計由於長期暴露在日曬風吹雨淋自然環境中, 極易因環境因素 (周遭環境遮蔽效應、落葉、落塵、蟲蟻)、構件老化 (軸承磨損、承雨器傾斜、銹蝕、磁簧開關無法正常感應造成訊號輸出異常)……等因素影響, 造成觀測雨量值失真現象。因此, 雨量計除應定期進行維護保養外, 亦應定期 (依校驗週期) 送校正實驗室 (氣象局儀校中心或經國家認證體系認證實驗室) 校

驗、校準, 才能讓雨量器維持在最佳狀態並確保雨量觀測值準確度。



圖 1 傾斗式雨量計各部份構件介紹

二、計量原理與量測誤差

傾斗式雨量計係利用重力原理, 當計量傾斗裝載標稱容量 (Nominal volume) 雨水後, 藉由本身重量所產生的力矩翻傾自動排水, 並以另一側的傾斗繼續接替盛載雨量。但在原傾斗開始翻傾及至另方傾斗完全接替之很短暫期間, 因為雨水仍持續注入原翻傾中的傾斗, 致使每一傾斗實際裝載了超出標稱容量的雨水,

此為傾斗式雨量計的系統性誤差。此誤差造成觀測雨量值被低估，而當雨強越大時，被低估的更多。

傾斗式雨量計由於組件構造簡單，目前市面有諸多廠牌型號雨量計流通。各廠牌雨量計會針對承雨筒形狀、集雨面積、計量斗杯大小（分辨力）進行改善，各部份構件材質亦會有不同，以滿足國內使用者在觀測目的、觀測雨強以及雨量資料準確度方面之不同需求。為緩和量測誤差隨雨強變化之困擾，有些廠牌雨量計，會在承雨筒（集水漏斗）下方加置一虹吸（syphon）導水裝置，試圖藉由調節承雨筒傳輸雨水至計量傾斗之流率，以減少誤差隨降雨強度而變化之困擾。

國內目前常見裝置有虹吸調節流率的傾斗式雨量計，分別來自澳洲水文（Hydro Service）及Rimco（Campbell Scientific）等國際知名雨量計製造大廠；如圖 2由左而右分別為Model TB300·TB3及RIM83050。由於此類（具虹吸式調節）雨量計之計量方式有其特殊性，其計量器差與校驗方法亦必需另有所因應。因此，本文針對裝置有虹吸導水裝置之傾斗式雨量計進行系統性的探討（包括吸虹導水裝置的特性及加裝後的效果），俾使用單位在儀器維護，以及校驗單位在儀器調校時之參考。



圖 2 國內常見具虹吸調節器傾斗式雨量計

本研究以2016年台大TAF認證雨量計校正實驗室（2859）實際校驗雨量計為例進行探討分析。在全年近200件送校件中，含有Syphon調節裝置的雨量計共23件（近1成），新品有5件。此顯示國內使用具虹吸調節器傾斗式雨量計的數量佔不可忽略的比例，其中，有12件雨量計原syphon調節器功能已被移除（因此，視為一般雨量計，不在本文討論範圍）。而這些雨量計，或因常發生堵塞、或因虹吸導水管清理不易等理由移除原裝置有syphon調節器，皆為水利署在役的雨量計。因此，我們有必要針對此類（具虹吸式調節）雨量計之計量器差校驗與方法另有所因應。

三、虹吸調節作用對器差之影響

由於虹吸調節器可以定常流率，將承雨筒的雨水導流至計量斗杯；由於傳輸動量不隨降雨強度之不同而有太大之變化，因此可減少傾斗式雨量計系統性誤差。倘冒然將虹吸導水裝置自傾斗式雨量計移除，觀測雨量（器示值）將增加大約 10~15%（如圖3）。但由於虹吸調節器（如下圖 4）增加清潔維護工作及困難度，以澳洲水文TB300系列為例，虹吸調節器全長僅約 50mm，其中，導水管內徑 $\phi=3.14\text{mm}$ ，內外套管

間之間隙僅 2~3 mm，藉由爬昇約 7~8 mm的壓力差來形成連通虹吸作用。由於落塵、落葉、甚至鳥糞經日晒雨淋及經年累月堆積後，不僅容易堵塞、清理不易。而且，全新以及經使用一段時間後的虹吸調節器亦會有不同的表現。雖然，儀器製造商在設計上已儘量讓拆卸更方便，但的確增加清潔維護的困難度（此可能係有些使用單位直接將虹吸作用的調節器直接移除的主要原因）。

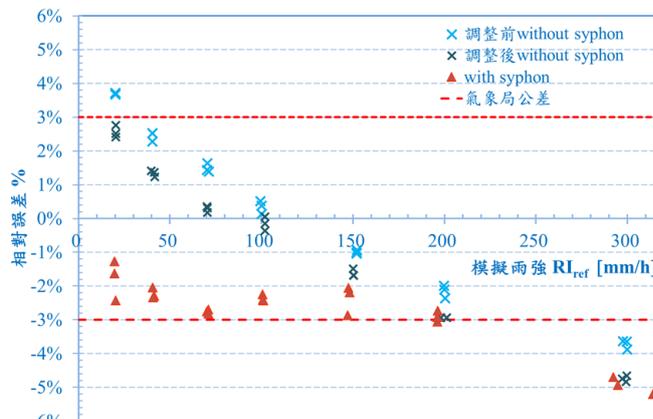


圖 3 具虹吸調節器雨量計在各不同模擬雨強量測之相對誤差變化例



圖 4 傾斗式雨量計虹吸調節器

本文針對前述幾款具虹吸調節器傾斗雨量計，包括：全新及經使用過一段時間虹吸式雨量計進行校驗分析，主要議題包括：(1)虹吸調節器之影響；(2)是否達到廠商宣稱的目的；(3)虹吸發揮作用的範圍；(4)訂出此類具虹吸調節作用雨量計之校驗程序。本研究初步獲致以下結果：

1. 整批傾斗雨量計（TBRG with syphon）在移除syphon後，雨量測值（器示值）皆呈現高估現象（雖然有些雨量計相對器差仍可符合氣象法公差，亦即目前

國內對雨量計器差的要求；但大部份皆已超出容許誤差範圍，此會造成因合格判定及校準困擾）。

- 2.虹吸調節器的確會發揮調節承雨筒傳輸雨的流率，但經實測顯示調節器傳輸雨水的行為變異度大（針對同一雨強降水而言，輸水及停水時間間隔不一），因此也改變計量傾斗受水的時間；因此可能扭曲實際降雨歷線分布圖（特別是較小雨強及較小時間尺度上的探討），並且放大每次量測結果（器示值、誤差）之變異度（再現性變差）。
- 3.當模擬雨強在150mm/h左右時，因雨水流徑形成連通管，虹吸作用失去作用；當模擬雨強到達 220~225mm/h 左右時，現有尺度虹吸管因排水不及，雨量會開始在承雨筒內往上累積至平衡高度（藉由位能之增加而提昇輸水流率；因此不同雨強，承雨筒內之累積雨量會有不同的平衡高度）。
- 4.虹吸調節器產生作用之變異度大，全新以及經使用一段時間後的虹吸調節器會有不同的表現。冒然移除虹吸調節器會造成觀測雨量（雨量計器示值）變多，但是否仍符合器差要求，需進行完整校驗。
- 5.有必要針對此類（具虹吸式調節）雨量計器差特性，發展出一套不同的校驗程序及規範以因應，滿足雨量計一般校驗及校準需求。（例如澳洲水文儀器製造商會特別要求不可移除虹吸調節器，如下表1）

表 1 澳洲水文Model TB300廠商宣稱規格（摘錄）

Receiving Collector:203 ± 0.5mm (8") diameter
Accuracy: ±3.0% to 380mm/hr (syphon must be fitted) ±5.0% to 500mm/hr (syphon must be fitted)

四、虹吸式傾斗雨量計之校驗與校準

由於傾斗雨量計裝置虹吸調節器後，明顯改變雨量計之計量機制，而現有雨量計之校驗及校準卻全係針對雨量計之計量機制。事實上，虹吸調節器調節流率的行為變異度不小。為滿足此類具虹吸調節功能雨量計校驗及校準需求，本研究建議將此類傾斗式雨量計視為特殊規格件處理，亦即先針對被校件（w/o syphon）之計量誤差部份進行校驗，其後再針對裝置虹吸調節器（with syphon）後之器差進行校驗。該被校件如果有需要進行調整（校準）需求，會先移除受校件之虹吸調節器（然後參考該虹吸調節器實際作用範圍後）再進行校準。並且再調整完成後，再將虹吸調節器置回，並且進行另次的校驗（查核）。最後之校正報告，亦會分別針對有或無虹吸調節器之器差狀況清楚說明，俾提供後續使用上判斷依據。

五、結論與建議

本研究以台大TAF認證雨量計校正實驗室（2859）2016年實際校驗11具裝置有虹吸調節器傾斗雨量計之經驗，除比較分析其計量器差特性外，提出一套不同的校驗程序及規範以因應，俾滿足雨量計一般校驗及校準需求。同時，建立台大雨量計校正實驗室校驗此類雨量計之標準作業程序。收件時會先將具虹吸調節功能傾斗式雨量計視為特殊規格件處理，亦即先針對被校件（w/o syphon）之計量誤差進行校驗，再針對裝置虹吸調節器（with syphon）後之器差進行校驗。

該被校件如果有需要進行調整（校準），會先移除受校件之虹吸調節器（然後參考該虹吸調節器實際作用範圍後）再進行校準。調整完成後，另再進行一次置回虹吸調節器後的校驗（作為查核），並清楚說明有或無虹吸調節器之器差狀況，俾提供後續使用上判斷依據。本文針對此類（具虹吸式調節）雨量計器差特性發展之校驗程序，仍有待累積更多校驗實例經驗累積，盼請更多有識之專家學者提供意見，俾作後續修正，滿足雨量計校驗之需求及目的。

致謝

本文感謝好友氣象局儀校中心臧靖宇、陳明欽兩位先生之鼓勵，將雨量計校正實驗室一些技術性、看似枝微細節但卻重要的觀察，寫成論文與大家分享交流。同時，儀校中心葉瑞元技正協助指正，並提供我們諸多在雨量計校驗方面之寶貴經驗，衷心感謝。

參考文獻

- 1.謝黎惠等（2015），雨量計檢校一傾斗式雨量計器差分析及探討摘要，104年天氣分析與預報研討會，交通部中央氣象局，2015年9月16-18日。
2. Servruk, B., Klemm, S., (1989), Catalogue of National Standard Precipitation Gauges, Instruments and Observation Methods. Report No. 39, 1989.
3. Servruk, B., Zahlavova, L., (1994), Classyfication System of Precipitation Gauge Syte Exposure: Evaluation and Application, International J. CLIMATOLOGY, Vol. 14, 681-689 (1994)
4. WMO (2006), WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges, Final Report, Instruments and observation Method.
5. WMO (2006), Abridged final report with resolutions and recommendations, WMO-No. 1019, ISBN 92-63-11019-0, Commissyon for Instruments and Methods of Observation, Fourteenth sessyon, Geneva,7-14 December 2006.
6. WMO (2008), Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, WMO Pub. No. 8 Seventh Edition. WMO, Geneva978-92-63-10008-5.

