

降水強度與傾斗式雨量計量測誤差的探討

徐仲毅 林博雄 張然峰
台灣大學大氣科學系

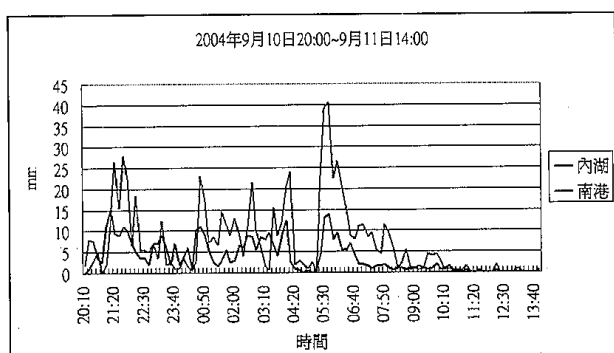
摘要

2005年9月11日清晨台北盆地東區的自動氣象站和雨量站偵測到超大豪雨個案，其中的南港測站更超越其他鄰近測站雨量將近2倍之多。本文透過氣象局儀器檢校中心雨量計檢校系統以及新增的固定降水流量設施，針對台禹MW210S型傾斗式雨量計進行降水強度和雨量筒系統性誤差實驗，並透過專業數位攝影機以30Hz速度來觀察傾斗動作，嘗試解釋雨量低估原因。實驗結果發現，在降雨強度介於200 mm/hr~1300 mm/hr時，系統誤差在-2.17%~-16.61%之間，並且降雨強度越大，雨量短少量就越大，兩者趨近線性關係。由慢速反覆重播攝影畫面確認了傾斗低估雨量之原因。我們認為2005年9月11日台北東區鄰近測站雨量分布極度不均勻現象，原因不在南港測站數據之高估，而是週遭部分測站雨量嚴重低估。

關鍵字：降雨強度、傾斗式雨量計、環境遮蔽

一、前言

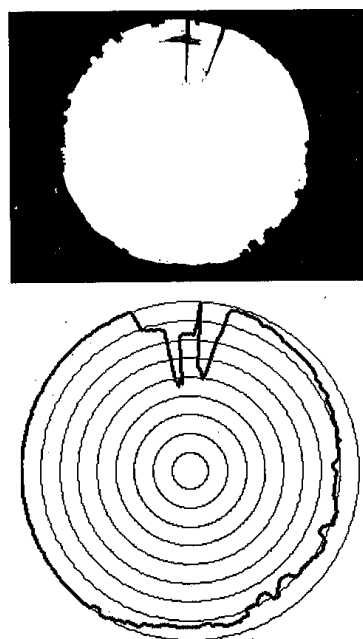
2005年9月10日到11日台灣北部地區受到熱帶低壓(後來發展成輕度颱風“海馬”)環流影響而發生連續性降水現象；11日05:30~06:10am期間台北盆地東區南港自動氣象站偵測到240mm/hr超大豪雨，然而鄰近4~6公里的測站並無偵測到類似強度的降水，並且南港測站連續24小時累積雨量超越其他鄰近測站2倍之多(圖一)，五分山雷達影像也並無辨識出這一極小降水尺度的暴雨個案。此一不尋常的降雨記錄係屬自然界真實的降水特徵？或是另有其他人為因素或儀器系統性誤差所造成？實有待探討釐清。



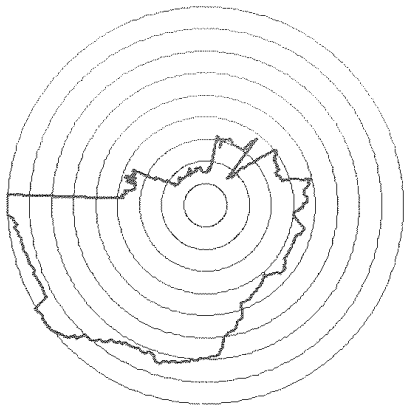
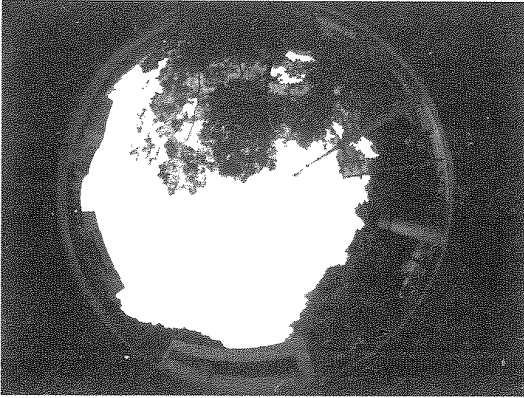
圖一：2005年9月10~11日南港及內湖測站降雨量比較圖。

過去文獻認為傾斗式雨量計最大的觀測誤差來源，是雨量計本體以及週遭環境的風場形變所造成(Sevruk, 1982; Tammelin, 1982; Sevruk et al, 1989, 1991, 1994; Folland, 1988; Hall, 1993; WMO, 1996; Strangeways, 2000)，根據徐(2001)的儀器顯露度(exposure)量測

方法，南港測站的雨量計顯露度計算結果為 6.5° (圖二)，合於WMO站址規範(WMO, 1996)，內湖站雨量計顯露度卻高達 43.8° (圖三)，屬於嚴重遮蔽的站址。根據上述文獻結果顯示，風場形變所造成的降雨觀測誤差大小不會超過-30%的低估，並且在風速大、降雨強度弱的情境才有可能造成顯著的量測誤差。反觀在超大降水強度之下的傾斗式雨量計系統性誤差(如傾斗動作和類比訊號紀錄器的反應)是否仍在正常工作範圍，則從未有專文探討。

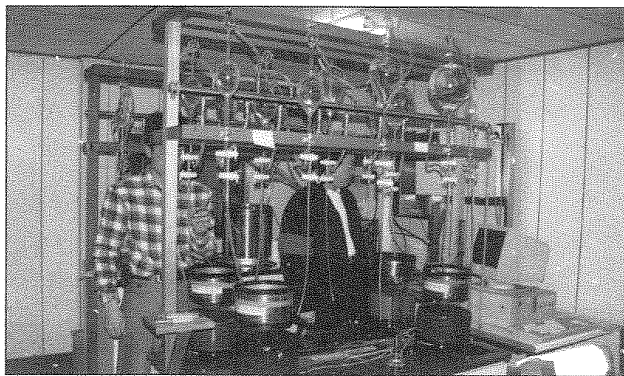


圖二：南港測站儀器顯露度計算圖。



圖三：內湖測站儀器顯露度計算圖。

中央氣象局儀器檢校中心傾斗式雨量計之校驗，係採用固定體積的滴定方式進行（圖四），檢校的降雨強度最大只達100mm/hr，因此，傾斗式雨量計在降雨強度超過100mm/hr以上時的系統誤差為何？本研究針對以上的問題，以實驗室流程設計的觀察紀錄方法加以釐清。

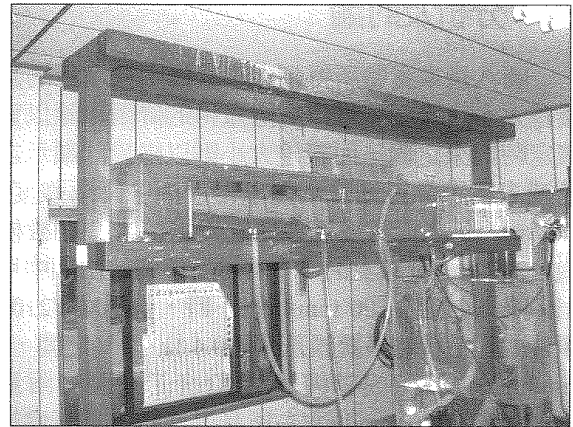


圖四：氣象局儀器檢校中心現行之雨量計檢校設備。

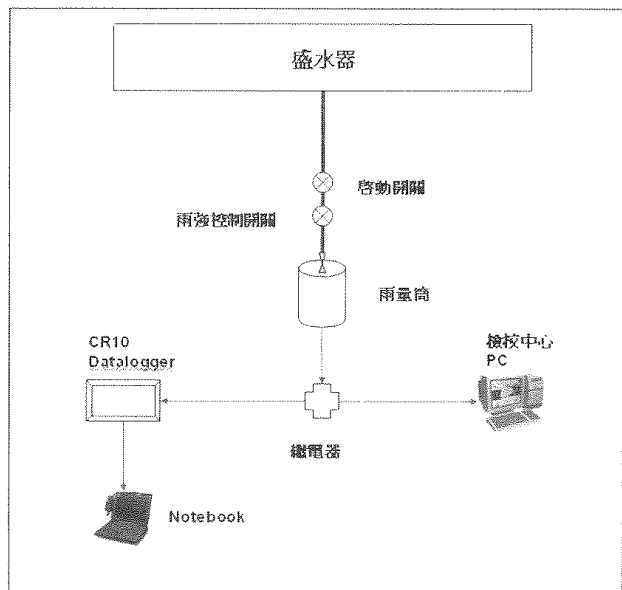
二、研究方法

本實驗利用中央氣象局儀器檢校中心雨量筒檢校系統，以及新增的固定降水流量設施（圖五），針對台禹公司生產的MW210S型傾斗式雨量計（口徑20cm）來進行降水強度和雨量計系統誤差的關聯測試；實驗儀器及架構如圖六所示，盛水器透過抽水

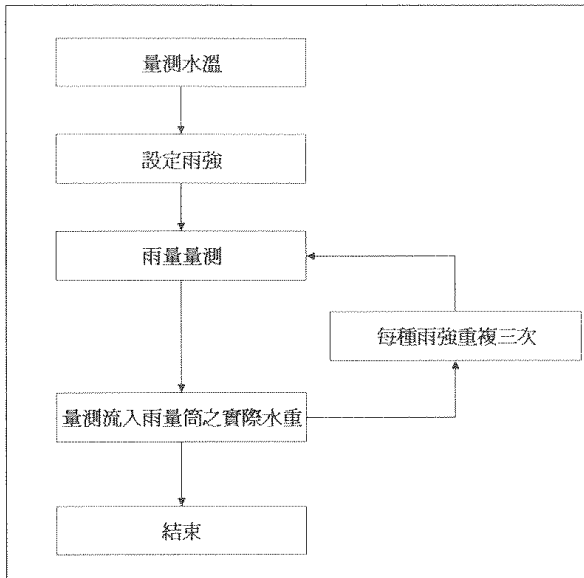
馬達來維持供水槽水面高度，以維持固定水壓來提供固定流量，降雨強度的大小則透過雨強控制開關控制出水流量大小，以達到不同等級流量(降水強度)的穩定輸出；傾斗式雨量計的計次訊號則透過記電器將訊號分接到檢校中心電腦以及台灣大學自備的Campbell CR-10記錄器，利用檢校中心電腦的即時監控軟體所反演的降雨強度，微調雨強控制開關後開始記錄實驗時間與傾斗反應數據（時間間距1秒）。實驗流程如圖七，每次實驗前先量測水溫，並調整降雨強度至預計值，調整完畢後開始滴定，並確實記錄滴定的開始及結束時間，最後量測所滴定的水重，以滴定的水重作為實際之降雨量，與雨量計所量得知降雨量互相比較，求得各降雨強度下的誤差大小。每種降雨強度重複三次，以確保實驗之準確性。此外，我們以30Hz(每秒30個畫面)SONY DSR-200A DVCAM專業數位攝影機，將水流及傾斗的運作過程攝影記錄，再重複慢速播放來觀察水流和傾斗反應動作。



圖五：氣象局儀器檢校中心固定降水流量設施。



圖六：降雨強度與觀測誤差實驗儀器及架構。

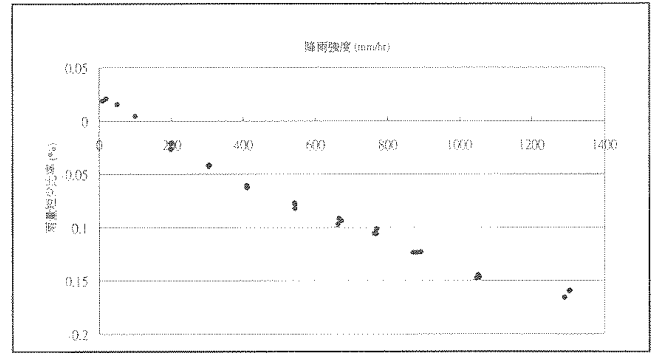


圖七：降雨強度與觀測誤差實驗流程。

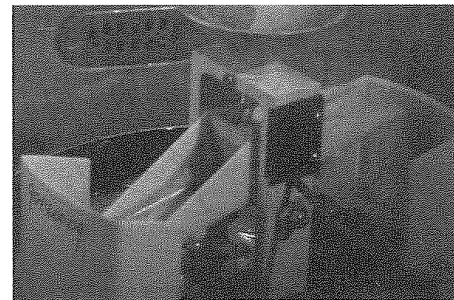
三、分析及討論

圖八是本實驗所得到之不同降雨強度下的觀測誤差大小，降雨強度以實際量得的降雨量除以實際滴定時間來定義，而誤差大小則以雨量計顯示之雨量減去實際量得知降雨量求得。圖中降雨強度100 mm/hr以下之資料為氣象局儀器檢校中心之檢校數據，200 mm/hr以上則為本實驗所量得。由圖中可看出，降雨強度在100 mm/hr以下時，台禹MW210S型傾斗式雨量計的系統誤差介於0.4%~2%之間，200 mm/hr以上時，誤差轉為負值(表示量測的雨量短少)，由強度200 mm/hr左右所測得-2.17%逐漸增加至強度1300mm/hr 所測得的-16.61%；降雨強度越大，雨量短少的比例就越大，並且相當接近線性關係。

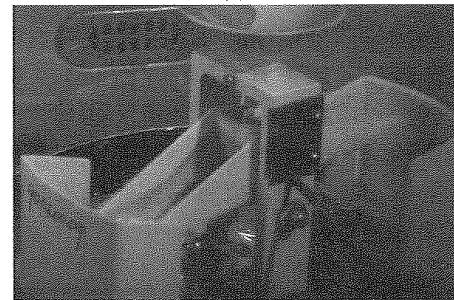
我們預期在強降水情況下，傾斗會因為水流衝擊而提早動作，因而產生雨量高估的可能。然而，經由攝影機慢速分隔撥放畫面(圖九)來檢視水流和傾斗翻轉動作，我們發現降水強度增大時，漏斗所排下的水流會在兩傾斗上下替換過程中，先行由較低位置的傾斗洩出，這些先行流出的水量在傾斗翻轉完成前已倒出傾斗之外而未被記錄，因此造成傾斗式雨量計在強降水時的低估現象，低估的降雨量與漏斗排水量(降雨強度)成正比，此一論點與圖八的系統低估誤差--降雨強度的線性關係吻合。



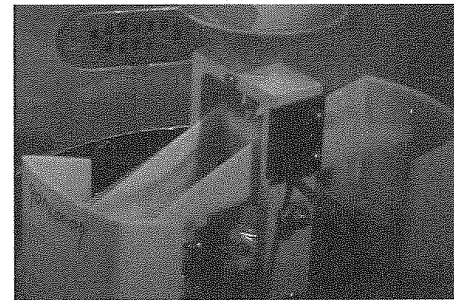
圖八：降雨強度與傾斗式雨量計之觀測誤差圖，其中橫軸為降雨強度(mm/hr)，縱軸為觀測誤差之百分比(%)。



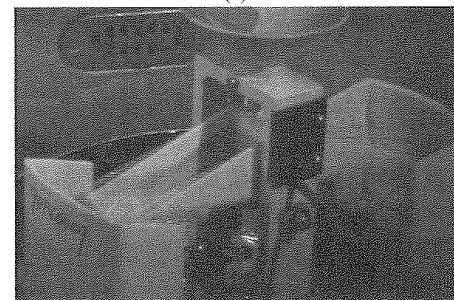
(a)



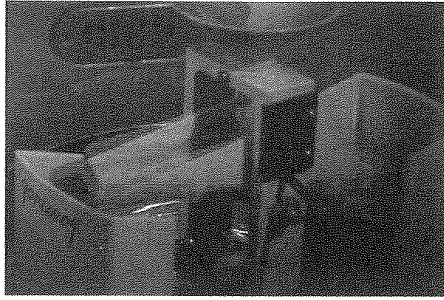
(b)



(c)



(d)



(e)

圖九：傾斗翻轉之連續畫面（每個畫面的時間間距為1/30秒）。

四、結論

綜合以上的實驗過程，我們得到以下數點結論：

1. 簡易型的傾斗式雨量計(如台禹MW210S型)所進行的強降雨實驗誤差，得知在降雨強度介於200 mm/hr ~ 1300 mm/hr 時，其低估誤差在-2.17% ~ -16.61%之間。
2. 由每秒30個畫面所攝得的傾斗動作影像可知，傾斗翻轉時水流會順著較低位置的傾斗一側先流出，造成量測的雨量數據短少，其短少量並與降雨強度成正比。
3. 2005年9月11日清晨南港測站最大降雨強度大約是240 mm/hr，推估其誤差大約在-3%左右，然而內湖測站儀器環境遮蔽嚴重，因此台北東區鄰近測站雨量分布極度不均勻現象，原因不在南港測站數高估，而是週遭部分測站雨量嚴重低估。

中央氣象局建置的台灣地區自動雨量及氣象遙測系統(ARMTS)係採用澳洲Rimco-8300 30公分口徑傾斗雨量計其有鍍上金色鐵質的重型傾斗以及漏斗穩定排水裝置380mm/hr降雨強度的誤差約是 -5%。圖八是否適用於這款雨量計值得繼續探索，但是台禹MW210S簡易型傾斗式雨量計廣被台灣水利單位所採用，對於河川水文的雨量監控應用，實有必要加以檢討與修正。

參考文獻

- 徐仲毅，2001：風場變形所造成的降雨觀測偏差。國立台灣大學碩士論文。
- Folland, C. K., 1988: Numerical models of the raingauge exposure problem, field experiments and an improved collector design. *Q.J. Roy. Meteorol. Soc.*, **114**, 1485-1516.
- Hall, D. J., J. G. Irwin, B. H. stone and S. L. Upton, 1993: Aerodynamics consideration in precipitation collector design. In. S. Couling(Ed.) *Measurement of airborne pollutants*. 104-148, Butterworth Heinemann, Oxford.
- Sevruk, B., 1982 : Methods of correction for systematic error in point precipitation measurement for operational use. Operational Hydrology Report No.21, WMO-No.589, Geneva.
- Sevruk, B., J. A. Hertig and R. Spiess., 1989: Wind field deformation above the precipitation gauge orifices. *Internat. Assoc. Hydrol. Scie.*, **179**, 65-70.
- Sevruk, B., J. A. Hertig and R. Spiess., 1991: The effect of a precipitation gauge rimon the wind field deformation as investigated in a wind tunnel. *Atmosp. Envir.*, **25A**, 1173-1179.
- Sevruk, B., J. A. Hertig and R. Tettamanti, 1994: The effect of orifice rin thickness on the wind speed above precipitation gauge. *Atmosp, Envir.* 28, 1939-1944.
- Strangeways, I., 2000 : Measuring the natural environment. Cambridge university press., pp365.
- Tammelin, B., 1982: The wind-induced error of the finnish rain gauge(in Finnsh). *Ilamtietteen Laitoksen Tiedonantojy*, Helsinki, No.36, pp58.
- World Meteorological Organization, 1996 : Guide to meteorological instruments and methods of observation. Sixth edition, WMO-No.8, Geneva.