經濟部標準檢驗局 104 年度

自行研究計畫

報告書編號：104-50

水量計在不同串聯數量下對檢定計量影響之分析與探討

經濟部標準檢驗局臺南分局第四課編印

中 華 民 國 104 年 11 月

104 年度自行研究計畫月份工作進度表

研究題目	水量計在不同串聯數量下對檢定計量影響之分析與探討
參與人員	楊技士永名、楊技士宗哲
研究目標	1.將不同廠牌水量計依不同串聯數量進行測試檢定,探討與分析計量準確相關性。 2.所得結果回饋廠商，提供廠商探討其水量計特性。 3.所得結果回饋採購單位，做為驗收考量。 4.所得結果回饋總局，做為制定相關法規之參考。

預 定 工 作 進 度 摘 要

年	月	工 作 摘 要	預定進度
104	01	收集研究計畫相關資料	5%
104	02	收集研究計畫相關資料	5%
104	03	訪談國內製造廠商	20%
104	04	訪談國內製造廠商	30%
104	05	水量計之串聯數量與計量準確相關性測試	40%
104	06	水量計之串聯數量與計量準確相關性測試	50%
104	07	水量計之串聯數量與計量準確相關性測試	60%
104	08	水量計之串聯數量與計量準確相關性測試	70%
104	09	資料彙整分析	80%
104	10	資料彙整分析	90%
104	11	編輯印製研究報告	100%

經濟部標準檢驗局臺南分局104年度自行研究報告提要表			填表人：楊永名 填表日期：104.11.30
研究報告名稱	水量計在不同串聯數量下對檢定計量影響之分析與探討		
研究單位及人員	第四課 楊永名、楊宗哲	研究時間	自104年01月01日 至104年11月31日

報　告　內　容　提　要

（一）研究緣起與目的：

依能量不滅定理來推斷，當水流經過某一阻礙物時，勢必會損耗一些能量，而轉化成動能或熱能等其它能量。所以當水流通過水量計時，將部份能量轉化成推動葉輪之動能，因而耗損些微能量，因此當水量計串聯越多時，理應所損耗的能量將會越多，而串聯下游端的水量計所承受的水流流速或水流條件將會有所變化，而此變化是否會影響水量計的計量結果？是以本研究做進一步探討，所預期的研究效益包括有：

1. 將研究結果回饋給總局，做為制定相關法規之參考。
2. 將研究結果回饋給檢定（查）單位，做為單位在執行水量計檢定（查）測試時之注意事項。
3. 將研究結果回饋給水量計廠商，提供廠商在設計水量計之參考依據及改善方向。
4. 將研究結果回饋給供（用）水單位或消費者，做為採購考量及驗收依據。

（二）研究方法與過程：

1. 本研究選擇某廠牌的B級口徑20 mm速度型多重噴嘴式水量計共16只進行試驗，按照所分配位置將其串聯安裝在水量計檢定測試平臺上，然後依試驗規劃逐一減少串聯的數量，觀察水量計在不同串聯數量下對檢定計量的影響程度。
2. 本研究的試驗規劃中將依水量計串聯數量不同分別進行16輪試驗，每輪試驗須進行3次重複性試驗，將所測得之器差值取其平均值及標準差，再做進一步分析。
3. 本研究使用某TAF認可流量測試實驗室進行檢驗，其檢驗設備主要為水量計檢定測試平臺。
4. 依「水量計型式認證技術規範」及「水量計檢定查查技術規範」有關器差檢驗之規定，執行相關檢驗，分別就在大流及小流二種情況下，針對水量計在不同串聯數量下對器差的影響進行分析與探討。

（三）分析與結論：

1. 上游端水量計對下游端水量計的影響主要有二：包括能量的損失及紊流或亂流的生成。其中，能量的損失會減緩水流流速，進而降低葉輪轉動的速率，造成水量計的器示值會小於實際收集量，因而產生負器差；而紊流或亂流若沒有適當的管線長度使其逐漸恢復成穩流，而直

接流入下一只水量計時，將無法形成規律的旋流，而使得葉輪轉速突然增快或減慢，連帶影響檢定計量的準確性。

2. 在大流情況下，上游端水量計所造成的能量損失對計量準確性影響較為嚴重，且器差值會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈線性擴大；對小流情況而言，上游端水量計所形成的紊流或亂流效應，對計量準確性的影響比能量損失更為明顯，由於紊流或亂流效應會造成不確定性的干擾，因此器差值會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈現無規則的變化。不管是能量的損失，或者是紊流或亂流的生成，其對器差的負面影響皆還在可接受範圍內，意即器差仍在法定公差內。

3. 針對速度型水量計而言，當檢定過程中水量計採用串聯方式進行檢驗，其上游端水量計串聯數量的多寡對計量器差準確性的確有影響，雖然器差仍在法定公差(±2%)以內，但是針對糾紛鑑定的水量計而言，就不適合利用串聯方式進行檢定計量，以避免上游端水量計所造成能量的損失及紊流或亂流的生成影響計量結果，避免不必要爭議。

4. 由於上游端水量計所形成的紊流或亂流，需流經適當長度後方能恢復成穩流狀態，如此才能減少對下游端水量計其器差的影響。相關技術規範中並沒有明確定義何謂適當長度，僅在壓力損失試驗中有定義上游及下游管段的直線長度須大於 15 倍的水量計內徑，惟該定義是否適用於器差試驗？針對此一問題可再進一步分析探討。

目　　錄

頁次

壹、前言……9

一、研究動機……9

二、研究目的……9

三、研究進程……10

貳、文獻回顧……12

一、水量計簡介……12

二、結構原理……15

三、相關法規及執行現況……18

參、研究方法……24

一、試驗規劃……24

二、試驗樣品……24

三、檢驗設備……27

四、準備作業……28

五、檢標標準……31

肆、檢驗結果……34

一、上游端水量計串聯數量與檢定計量之關係……35

二、上游端水量計串聯數量與器差變化率之關係……51

伍、結論與探討……62
一、在大流情況時上游端串聯數量對計量準確性的影響……62
二、在小流情況時上游端串聯數量對計量準確性的影響……66
三、速度型水量計之上游端串聯數量對計量準確性的整體評估 70
陸、建議事項……73
柒、參考文獻……74
捌、附錄……77

圖　　次

圖 1-1 研究流程……11
圖 2-1 速度型水量計結構圖……16
圖 2-2 單一噴嘴及多重噴嘴水量計工作原理示意圖……18
圖 2-3 水量計業者申請程序及規範……20
圖 2-4 水量計的相關法規架構圖……23
圖 3-1 水量計檢定測試平臺的位置配置圖……25
圖 3-2 TAF 流量測試實室的水量計檢定測試平臺……27
圖 4-1 在大流情況下各只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其器差平均值的關係圖……41
圖 4-2 在大流情況下各只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其

殘值的關係圖……44
圖4-3 在小流情況下各只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其器差平均值的關係圖……48
圖 4-4 在小流情況下各只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其殘值的關係圖……50
圖 4-5 在大流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量與其對應的器差平均值變化率之關係圖……54
圖 4-6 在大流情況下器差平均值變化率與水量計數量之分佈圖…56
圖 4-7 在小流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量與其對應的器差平均值變化率之關係圖……59
圖 4-8 在小流情況下器差平均值變化率與水量計數量之分佈圖…61

表　　次

表 3-1 每一只水量計在每一輪試驗中的試驗規劃流……26
表 3-2 B 級口徑 20 mm 水量計之檢定流量、收集量及公差規定……29
表 4-1 大流情況下各廠牌水量計在不同的偏轉角度之試驗結果…32
表 4-2 在大流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值及標準值一覽表……39
表 4-3 在小流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器

差平均值及標準值一覽表……46
表 4-4 在大流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值變化率一覽表……53
表 4-5 在小流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值變化率一覽表……58

壹、前言

一、研究動機

目前國內民眾自來水計量使用之水量計，係由自來水公用事業單位（台灣自來水股份有限公司及台北自來水事業處）所安裝；一般而言，自來水事業單位取得水量計之程序約略如下：發包採購→廠商生產、申請檢定→自來水事業單位收貨驗收→安裝於使用者處所。當檢定單位進行水量計之檢定時，通常將多個水量計以串聯方式串接於檢定測試平臺上進行檢驗，以節省檢驗時間；相同地，自來水事業單位在收貨驗收測試時，也是將多個水量計以串聯方式串接於檢定測試平臺上進行檢驗。可是依能量不滅定理來推斷，當水流經過某一阻礙物時，勢必會損耗一些能量，而轉化成動能或熱能等其它能量；所以當水流通過水量計時，將某些能量轉化成推動葉輪之動能，因而耗損些微能量，因此當水量計串聯越多時，理應所損耗的能量將會越多，而串聯下游端的水量計所承受的水流流速或水流條件將會有所變化，而此變化是否會影響水量計的計量結果，目前國內尚無相關研究進行分析與探討，而這正是本研究所欲探討之目的所在。

二、研究目的

當多個水量計串聯裝置於檢定測試平臺上，其串聯數量的多寡是

否會影響計量器差結果？尤其是串聯後端的水量計，其所承受的影響是否更為明顯？本研究針對上述問題，分析與探討在不同串聯數量時，對水量計之檢定計量結果的影響程度及關連性，並將研究結果進一步提供給檢定（查）單位及供（用）水單位，列為在日後檢定、檢查或驗收水量計過程中應注意的事項。本研究所預期的研究效益包括有：

（一）將研究結果回饋給總局，做為制定相關法規之參考。

（二）將研究結果回饋給檢定（查）單位，做為單位在執行水量計檢定（查）測試時之注意事項。

（三）將研究結果回饋給水量計廠商，提供廠商在設計水量計之參考依據及改善方向。

（四）將研究結果回饋給供（用）水單位或消費者，做為採購考量及驗收依據。

三、研究進程

依照所預定之工作進度，進一步區分為三個研究階段，分別為第一階段－研究課題確立、第二階段－研究試驗進行及第三階段－效益分析檢討，依據每一階段的研究內容及重心，再細分為各研究主題(如圖 1-1)，力求在規劃時間內逐一完成相關主題工作，以期本研究能如期完成。

第一階段：研究課題確立
研究動機與目的
文獻回顧與整理
擬定計劃與方法
蒐集水量計相關文獻與法規，了解現行水量計安裝方式之規範及檢定執行之情形；據此，擬定研究計劃及設計試驗流程。
第二階段：研究試驗進行
準備樣品與設備
進行試驗與數據收集
備妥儀器設備及購置試驗樣品，依所規劃試驗流程進行數據收集，力求在預定時程內完成相關試驗。
第三階段：效益分析檢討
數據統計、評估及分析
結論與建議
完稿、編印及送審
若於上一階段試驗中遭遇問題或失敗，可於此階段進行修正或彌補；依所收集的試驗數據進行統計、評估及分析，進一步獲致結論及建議，並予以完稿送審。

圖 1-1 研究流程

貳、文獻回顧

一、水量計簡介

水量計，中國大陸稱為「水表」，日本稱為「量水器（水道メータ一）」，歐美稱為「water meter」，是一種測量供水使用量的裝置，常見於家庭自來水及工業用水的用戶端，其顯示的度數作為計算水費之依據。依據國家標準 CNS 14866-1（101 年新版）將水量計定義為「積算量測的儀器，不論其技術，可連續測定流過之水體積之水量計」[14]；國際法定計量組織（International Organization for Legal Metrology, OIML）則定義為「Instrument intended to measure continuously, memorize and display the volume of water passing through the measurement transducer at metering conditions」（一種儀器在測量條件下可用於連續地測量、記憶及顯示流經量測感應轉換器的水量）[1]。

自 1825 年英國的克路斯（Coluz）發明具有儀表指示裝置的水量計以來，水量計的發展已有近二百年的歷史[2]。期間水量計的結構發展出各種型式，但工作原理及基本結構仍大致維持不變，只是在設計、材料、電子化等方面上不斷求新求變，以提高水量計的計量準確性及可靠性，也降低製造成本。

目前全球水量計依計算總水量的原理主要可分為機械式水量計

與電子式水量計兩種。依國家標準 CNS 14866-1(93 年舊版)之定義，機械式水量計係指利用一種直接的機械程序，依量測方式可分類為使用具有可移動壁的體積容器（容積型水量計）及利用水流作用在運動機件的旋轉速率（速度型水量計）[11]；而國家標準 CNS 14866-1（101 年新版）則將電子式水量計納入定義：「依電氣或電子原理及依機械原理結合電子裝置，用以計量冷飲水及熱水實際體積流量之水量計」，可視為「配備電子裝置之機械式水量計」[14]。簡言之，機械式水量計是由齒輪帶動來計算度數，電子式水量計是用電子感應來進行計量。

其中，「容積型水量計」及「速度型水量計」之定義如下：

(一) 容積型水量計 (Volumetric meter)：由已知容積之容器及藉水流驅動之機構所組成的裝置，適用於封閉導管。該容器可連續充水以及排空，以計算通過之容積，並總和其流量體積 [11]。容積型水量計的敏感度及精度皆優良，特別在微量流量亦可正確計測；但較流速式構造複雜，水中如有砂粒、鐵銹等雜物萬一進入造成故障，維修管理較難，在國內除非作鑑定等特殊用途使用外，甚少使用[6]。

(二) 速度型水量計 (Velocity meter)：由水流速度直接移動運動元件所組成的一種裝置，適用於封閉導管。運動元件的移動藉由機構或其他方法傳送至指示裝置，由指示裝置和流動體積又可

分為奧多曼水量計及單一噴嘴或多重噴嘴水量計[11]：

1. 奧多曼水量計（Woltmann meter）：由繞著水量計流動軸旋轉的螺旋狀葉片所組成的一種裝置。中國大陸又稱為「螺翼式水表」[2]。
2. 單一噴嘴及多重噴嘴水量計（Single-jet and multi-jet meters）：由繞著與水量計中水流垂直之軸旋轉的葉輪所組成的一種裝置。如果噴嘴衝擊葉輪的單一地方，則此水量計稱為單一噴嘴水量計；如果噴嘴同時衝擊許多環繞葉輪之點則稱為多重噴嘴水量計。中國大陸則稱為「單流速及多流速旋翼式水表」[2]。

為讓水量計之使用者可依其環境及實際之需求選用合適度量等級之產品，國家標準 CNS 14866-1（93 年舊版）參考國際標準 ISO 將水量計依度量等級由低至高區分為 A 級、B 級、C 級及 D 級，度量等級係反應水量計的工作流量範圍；對這四個等級而言，超載流量與常設流量均是相同，所不同的是分界流量和最小流量的差別，特別是流量測試點的低區更有 1 至 2 倍的差別[11]。而國家標準 CNS 14866-1(101 年新版）則改以流量量測範圍來界定，量測範圍由常設流量與最小流量之比值來定義，其比值有 10、12.5、16、20……到 800，其值愈高表示量測範圍愈廣[14]。

二、結構原理

由於速度型水量計具有結構簡單、成本低廉及維修容易等優點，常被使用於家庭用水量計，以下將針對此型式水量計做說明。

（一）結構組成

速度型水量計其內部結構主要由外殼、測量裝置和指示裝置所組成，如圖 2-1 所示。依國家標準 CNS 14866-1 規定，水量計中與水流接觸的材料必須是無毒、無垢的[11,14]。外殼材料其表面不得有敲擊痕跡或修補之現象，殼內外不得塗以防漏塗料、臘、水玻璃或其他材料[9]，目前在市場上使用的主要有六種：灰鑄鐵、球墨鑄鐵、黃銅、工程塑料、鋁合金及不銹鋼，國內多以黃銅為主[5]；測量裝置由套筒、葉輪盒、葉輪、頂尖、調節器等構成，葉輪用於獲取流量大小變化的運動測量元件（奧多曼水量計的葉輪為螺旋狀葉片；單一噴嘴及多重噴嘴水量計為旋轉狀葉狀），調節器用於調節水量計指示的體積流量；指示裝置一般由防塵蓋、壓罩、密封圈、橡膠圈、表玻璃、齒輪組、計數器、刻度盤等組成，其作用是讀取記錄水量計的累積流量，計數器常見形式有指針式、字輪式和指標字輪組合式，目前常用的是指標字輪組合式[2]。

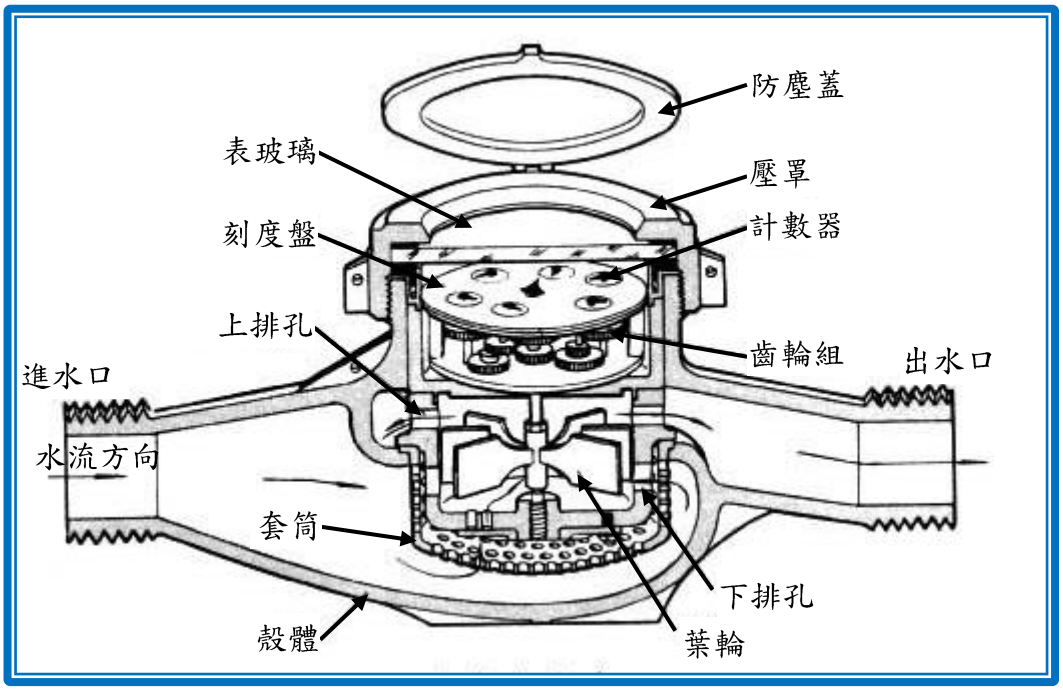

圖 2-1 速度型水量計結構圖[4]

（二）工作原理

參考圖 2-1，當水流從進水口流進之後通過外殼的下部環形空間，稱為「下內匣」；在這個環形空間的上面有「上內匣」和出水口相通；套筒的底部有個帶有小孔的過濾網，濾出水中的雜物；套筒側面有上下兩排圓孔，圓孔的位置恰好與外殼的上下內匣對應著，下排是進水孔，上排是出水孔，而這兩排圓孔的孔徑方向都是沿著葉輪的切線方向[6]。當水從下排孔沿切線方向流進去，將會形成旋流，並順勢推動葉輪旋轉產生轉矩，然後通過上排孔流出。每當葉輪旋轉一圈，就有一恒定體積的水流通過，代表葉輪轉速與流過水量計的總水量成正比關係，葉輪的轉動經齒輪組減速後帶動計數器，在刻度盤上累計葉輪

旋轉的圈數，再乘以一恒定體積，即可以得到流過水量計的總水量[5]。

齒輪盒和刻度盤直接浸於水中的水量計稱為濕式水量計，具有結構簡單、成本低及機械阻力小等優點，有微量水流過指示裝置即能靈敏反應，計量準確度較高[4]；反之，指示裝置不浸在水中則為乾式水量計，其葉輪與中心齒輪是相分離，葉輪上端由磁性元件與中心齒輪下端的磁性元件相耦合，當水流推動葉輪旋轉時，通過葉輪上端的磁性元件與中心齒輪下端的磁性元件相吸或相斥，驅動中心齒輪同步旋轉，並由中心傳動計數器記錄流經水量計的水量[3]。由於乾式水量計採用的是磁傳動，表玻璃內沒水，故不受水中懸浮雜質的影響，同時也避免因表內外溫差而造成玻璃下方起霧或凝結水珠等干擾，確保指示裝置的正常運作和讀數的清晰可辨，適合天寒易凍地區。

至於單一噴嘴及多重噴嘴水量計的差別從字意就不難理解，多重噴嘴水量計是由多重（股）水流從葉輪盒四周噴嘴流入，驅動葉輪旋轉，從而進行計量，如圖 2-2(2)所示，主要用於口徑 20 ㎜～50 ㎜之水量計；單一噴嘴水量計則是單一水流驅動葉輪旋轉，其進水口及出水口即為噴嘴，如圖 2-2(1)所示，主要用於口徑 13 ㎜ 之小型水量計[6]。由於多重噴嘴水量計的水流均是從切線方向進入衝擊葉輪轉動，單一噴嘴水量計則是水流可以從各個方向進入衝擊葉輪轉動，不難想像單一噴嘴水量計如果水流長期衝擊葉輪容易造成葉輪的偏心

磨損，從而影響計量精度，所以多重噴嘴水量計較單一噴嘴水量計更加穩定耐用。

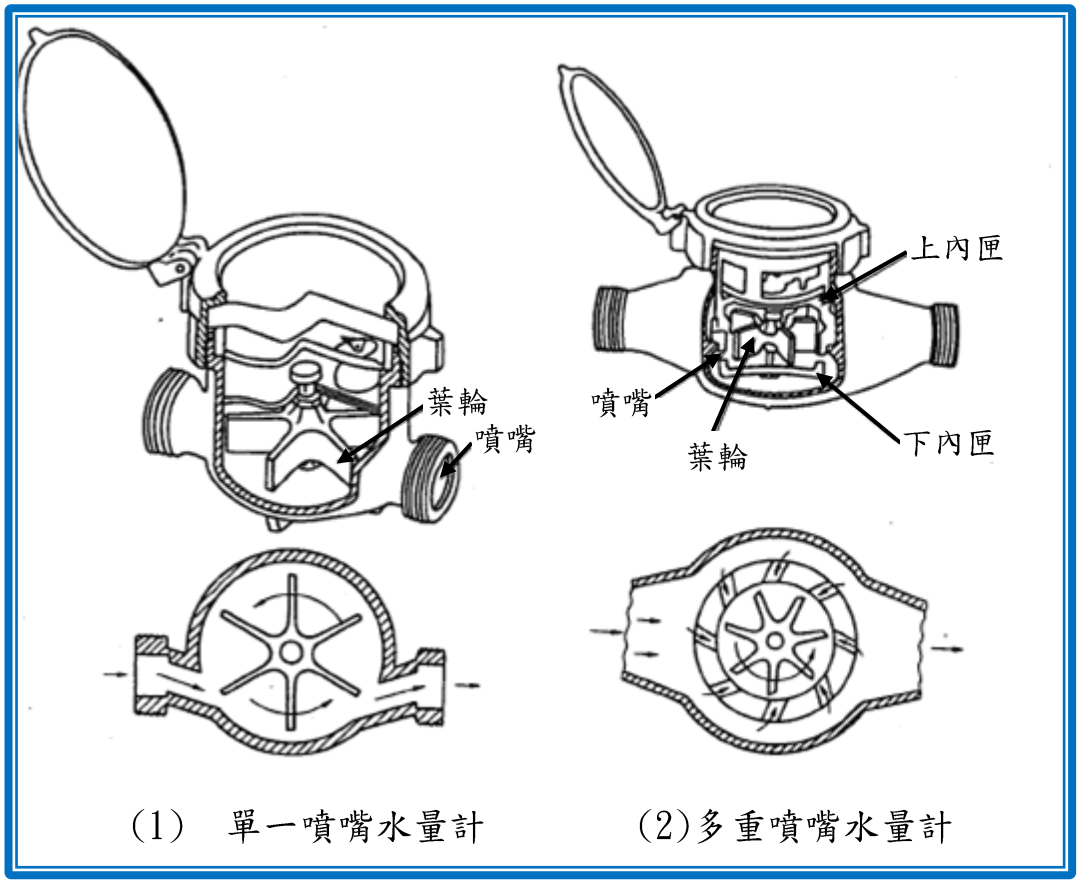

圖 2-2 單一噴嘴及多重噴嘴水量計工作原理示意圖[6]

三、相關法規及執行現況

依照「度量衡法」第 5 條「為確保交易公平、維護大眾安全健康及環境保護，主管機關得就供交易、證明、公務檢驗、環境保護、公共安全、醫療衛生有關之度量衡器，指定為法定度量衡器。」、第 14 條第 1 項「度量衡專責機關得對法定度量衡器施予檢定。」及第 20

條「應經檢定之法定度量衡器，未經檢定合格，或未依前條規定重新申請檢定合格者，不得為計量使用或備置，亦不得販賣或意圖販賣而陳列；應經檢定之法定度量衡器，其最長使用期限屆滿者，亦同。」規定，凡被指定為法定度量衡器，則須經過檢定合格方得以計量使用、備置，販賣或意圖販賣而陳列。

再依照「度量衡法」第 25 條「經主管機關指定應經型式認證之法定度量衡器，度量衡業應於國內製造或自國外輸入前，先向度量衡專責機關申請型式認證；經認可後，始得辦理檢定。」規定，若法定度量衡器被指定為應經型式認證者，則須先型式認證認可後，方能辦理檢定；而水量計即屬此一法定度量衡器範疇，在「度量衡器型式認證管理辦法」第 2 條即規定：「應經型式認證之法定度量衡器種類及範圍如下：……三、水量計：（一）標稱口徑五十毫公尺以上一〇〇毫公尺以下之渦流型水量計。（二）標稱口徑一三毫公尺以上三〇〇毫公尺以下之容積型及速度型（奧多曼、單一噴嘴及多重噴嘴）水量計……」因此，對於標稱口徑 50 mm 以上 100 mm 以下之渦流型及連結式水量計，以及標稱口徑 13 mm 以上 300 mm 以下之容積型及速度型（奧多曼、單一噴嘴及多重噴嘴）水量計，不管由國內製造或國外進口，均須先經型式認證認可後，再經檢定合格方能流通於市場。水量計業者申請程序及規範可參考圖 2-3：

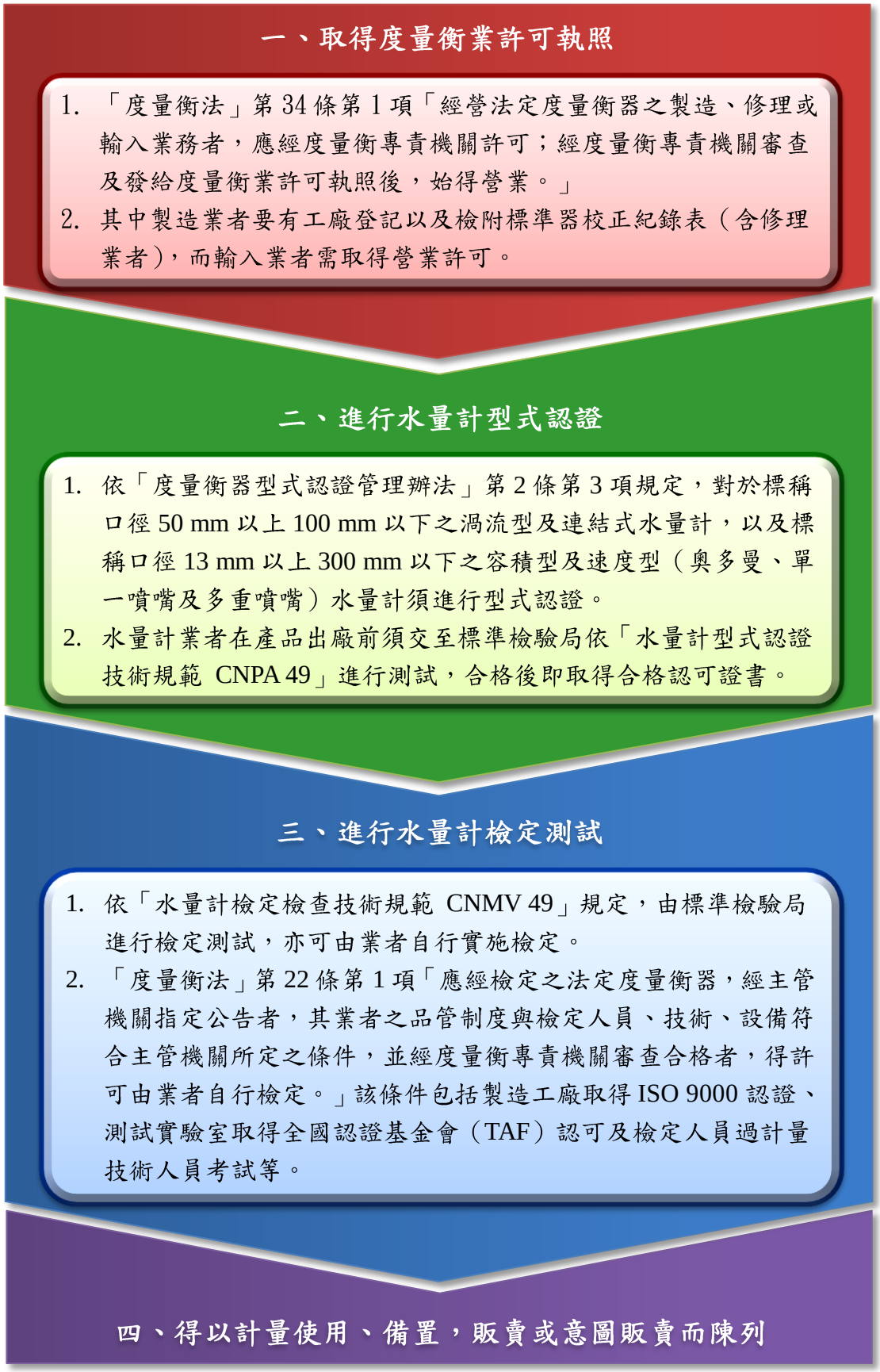

圖 2-3 水量計業者申請程序及規範

現行我國水量計101年新版國家標準可分為CNS 14866-1「完全充滿的密閉導管內水流量之量測－冷飲水及熱水用水量計－第1部：規範」、CNS 14866-2「完全充滿的密閉導管內水流量之量測－冷飲水及熱水用水量計－第2部：安裝要求」及CNS 14866-3「完全充滿的密閉導管內水流量之量測－冷飲水及熱水用水量計－第3部：試驗法與裝備」等3種水量計國家標準，皆參採國際標準 ISO 4064：2005以不變更技術內容加以修訂，並於101年2月完成修訂公布。新公布之水量計系列標準除適用於一般常見之機械式水量計外，並更擴充其適用範圍於電子式水量計，在標準中更規範如耐久性、水溫試驗、內壓試驗、逆流試驗及流速場不規則性試驗等要求，以提高水量計產品之計量穩定性。而「水量計型式認證技術規範 CNPA 49」也於103年11月3日公告修正，將新版的CNS 14866相關技術內容直接摘錄於規範內（但部份技術內容仍沿用舊版CNS14866），並於104年1月1日實施。但目前「水量計檢定檢查技術規範 CNMV 49」的技術規範仍沿用 93 年公告的舊版國家標準 CNS 14866-1「密閉導管內水流量之測量—冷飲水用水量計—第1部：規範」、CNS 14866-2「密閉導管內水流量之測量—冷飲水用水量計—第2部：安裝規定與選用」及CNS 14866-3「密閉導管內水流量之測量—冷飲水用水量計—第3部：檢驗法及設備」，主要以機械式原理的水量計制定其規範，不過主管機

關標準檢驗局已於104年9月16日公告新版「水量計檢定檢查技術規範 CNMV 49」修正草案，以儘速與新修訂的國家標準及型式認證技術規範之規定與用語相一致。簡單來說，針對申請水量計型式認證而言，部份試驗方法已修訂成符合新版國家標準CNS 14866(101年版)；而申請水量計檢定檢查業務時，其試驗方法仍須依循舊版國家標準CNS 14866(93年版)，不過未來將會朝向使用新版國家標準CNS 14866（101年版)，以符合國際檢驗標準。

至於通訊標準，可細分為通訊介面、通訊協定及通訊系統，在自動讀表技術所採用通訊介面與系統方面，依87年公布的讀表介面標準實施，可分為國家標準CNS 14273「自動讀表系統使用有線電信網路讀表介面單元」及國家標準CNS 14274「自動讀表系統使用無線通信網路讀表介面單元」(101年7月26日則將CNS 14273與CNS 14274修訂整合成CNS 14273「自動讀表系統之通訊介面單元」，並廢止CNS 14274)；但由於目前國內在通訊協定部份暫無相關規範標準，故自動讀表通訊介面尚未實施相關檢定。綜上所述，可將水量計的相關法規架構歸納如圖2-4所示：

圖 2-4 水量計的相關法規架構圖

參、研究方法

一、試驗樣品

考量目前國內家庭用水量計最常使用為 B 級口徑 20mm 速度型水量計，故本研究將選用某一廠牌的 B 級口徑 20 mm 速度型多重噴嘴式水量計共 16 只，分別以第 A 只、第 B 只、……到第 P 只共 16 個代碼來予以編號標示，以避免混淆。

二、試驗規劃

本研究主要探討水量計在不同串聯數量下對計量器差所造成影響。因此，本研究將針對各種不同串聯數量組合進行試驗規劃，而這 16 只水量計在檢定測試平臺的分配位置如圖 3-1 所示。其中，第 A 只水量計放在檢定測試平臺進水端第 1 位置、第 B 只水量計放在檢定測試平臺進水端第 2 位置、第 C 只水量計則放在檢定測試平臺進水端第 3 位置……以此類推，直至第 P 只則是放在最後一個位置，即最靠近檢定測試平臺出水端側；而每只水量計之前後距離均保持一定的適當長度，並避開管道轉彎處 [17]，以減少不必要的干擾及變數。同時，為了配合試驗規劃，每一只水量計的分配位置將固定不變，以方便計量管理。

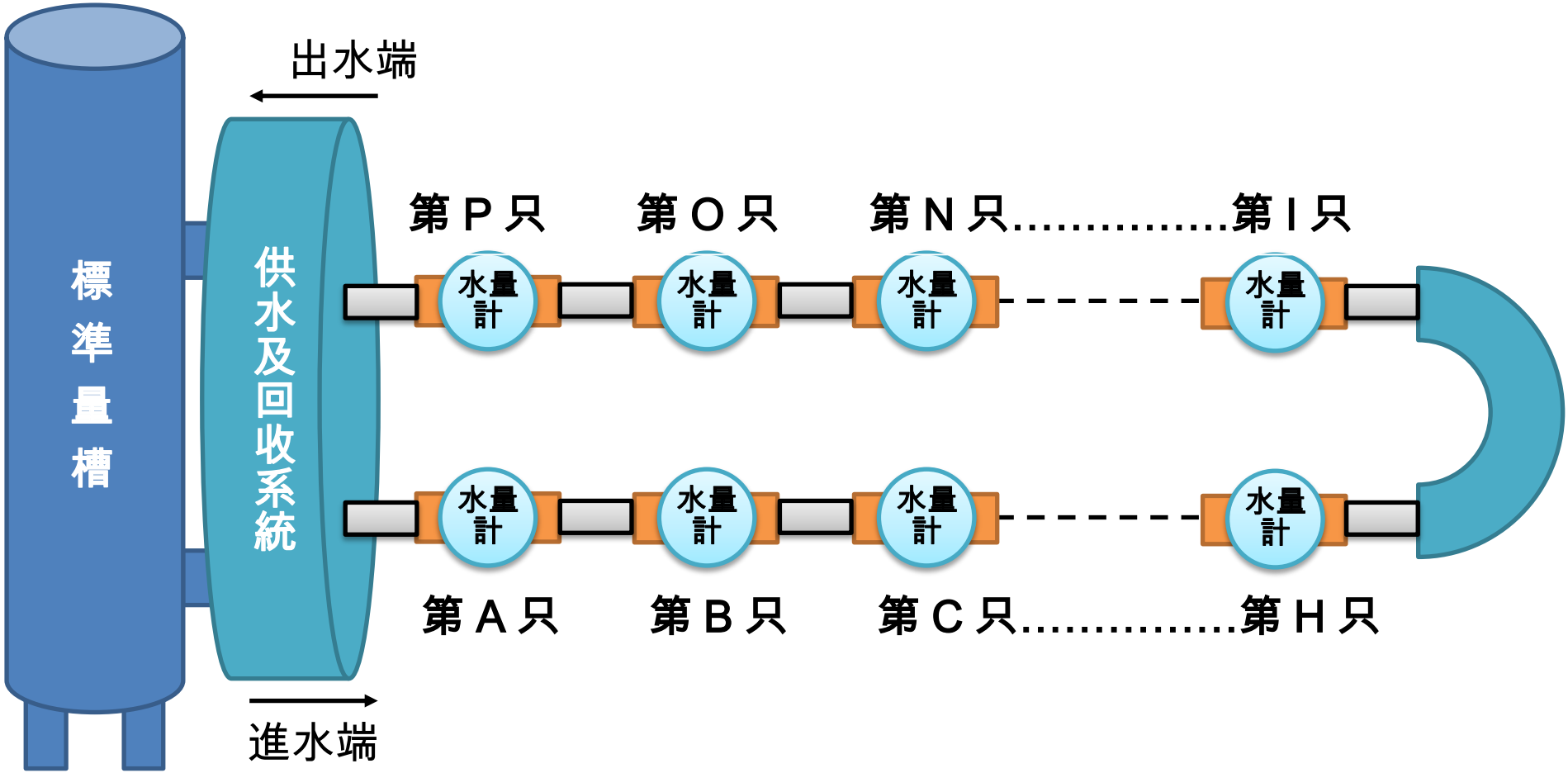

圖 3-1 水量計檢定測試平臺的位置配置圖

為了便於計算水量計串聯數量的多寡，將依表 3-1 的試驗規劃流程進行：在第 1 輪試驗中，16 只水量計依圖 3-1 的編號順序（由第 A 只、第 B 只……第 P 只）全數串聯後進行檢驗；第 2 輪試驗中，將第 A 只水量計移除，換上空管，留下 15 只水量計串聯繼續檢驗；第三輪試驗中，再將第 B 只水量計移除，換上空管，只留下 14 只水量計繼續檢驗；以此類推，直到第 16 輪試驗時，將只餘第 P 只水量計。

表 3-1 每一只水量計在每一輪試驗中的試驗規劃流程

水量計編號	第A只	第B只	第C只	第D只	第E只	第F只	第G只	第H只	第I只	第J只	第K只	第L只	第M只	第N只	第O只	第P只
第 1 輪試驗	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 2 輪試驗	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 3 輪試驗	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 4 輪試驗	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 5 輪試驗	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 6 輪試驗	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 7 輪試驗	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 8 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 9 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
第 10 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○
第 11 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
第 12 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
第 13 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○
第 14 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○
第 15 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○
第 16 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○

註：◯代表裝置，╳代表移除。

三、檢驗設備：

考量試驗過程的複雜性，以及試驗進行中須保持連續測試等因素，本研究將借用某廠商所提供的 TAF 認可流量測試實驗室進行檢驗，借用的檢驗設備主要為水量計檢定測試平臺，包括有標準量槽、試驗管段、夾緊器、暫態流量指示計及壓力表等，可以進行壓力檢驗、器差檢驗和壓力損失檢驗，其設備皆符合101年新版國家標準CNS 14866-3及93年舊版國家標準 CNS 14866-3 有關試驗法與設備之相關規定，如圖 3-2 所示。

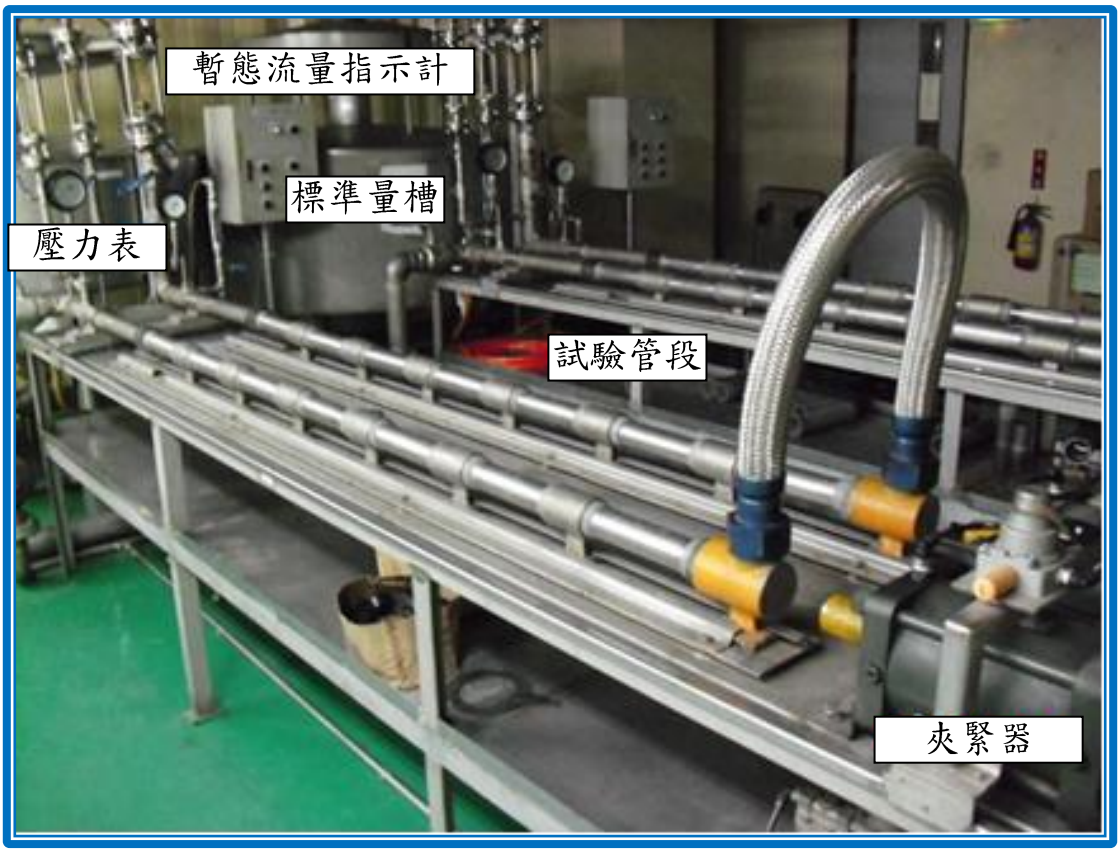

圖 3-2 TAF 流量測試實驗室的水量計檢定測試平臺

四、準備作業：

依現行「水量計檢定檢查技術規範」第 4.3 節「水量計流量檢定、檢查之步驟如下……受檢水量計可以多個串聯同時檢定……」規定，對於多個水量計可依串聯方式進行檢定。首先，依圖 3-1 之水量計檢定測試平臺的位置配置圖進行安裝，為使每一只水量計在檢定測試平臺上以串聯方式進行檢驗時，減少外在的不確定因素，並確保每個位置點的水量計所承受之水流條件維持相同，本研究將每只水量計依序平均分散在檢定測試平臺上，並使水量計前後距離保持適當長度，避開管道轉彎處[17]，以「第 A 只、第 B 只、第 C 只、……第 P 只」順序進行水量計的排列。然後再依照表 3-1 之試驗規劃流程，逐一進行每一輪試驗的器差檢驗，而每一輪試驗各重複 3 次，蒐集相關器差數據，求取平均值及標準差，做進一步分析與探討。

目前「水量計檢定檢查技術規範」尚沿用舊版國家標準 CNS 14866（93 年版）；而「水量計型式認證技術規範」已部份修訂符合新版國家標準 CNS 14866（101 年版）。為使本研究的研究成果能具有符合現行及未來標準之參考價值，因此水量計的安裝方式將依照國家標準 CNS 14866-2（93 年舊版）第 7 節，以及國家標準 CNS 14866-2（101 年新版）第 6 節安裝要求進行；而器差檢驗方式亦要同時符合上述二者規範之要求，茲以下將相關檢驗規定綜合節錄於下：

（一）水量計型式認證技術規範：

1. A6.3 管路……在**零流量**時在水量計上端部分的管路亦應該保有至少 **0.005MPa 的正壓力**。
2. A6.3.3……檢驗台之操作應能使經水量計的水量等於參考裝置量測到的水量，並**應先排除檢驗台相互連接之管路內及水量計內的空氣**……。
3. A.6.3.4.5 速度型水量計……建議儘可能不要讓彎管、泵、推拔塊及管路直徑變更，並安裝在緊鄰水量計之上游側及將水量計安裝在可**提供最長上游及下游的直管段上**。
4. A.6.6.2 壓力：在選定流量下，整個檢驗期間的壓力應保持一定。以檢驗流量≦0.1q_p，測試 N≦10 的水量計時，如果檢驗台的供水是由固定水頭槽之管路而來，則在水量計之**進水口（或串聯檢驗下的第一個水量計的進水口）可以保持壓力的固定**。並可確保水流不受干擾。其他供水方式其所引起的壓力脈動如果不會超過固定水頭槽的亦得使用。所有其他檢驗時，水量計的**上游壓力變化不得超過 10%。壓力量測的最大不確定度應該是量測值的 5%。水量計進水口處的壓力不得超過其標稱壓力。**
5. A.6.6.3 流量（Flowrate）：整個檢驗過程流量應固定保持在

選定的數值。在每一個檢驗中（不包括開始及停止），流量的相對變化不得超過從 q_{min} 到 q_t（不含）±2.5%；從 q_t（含）到 q_s±5%。流量是在檢驗中流過之容量除以時間。上述的流量變動狀況是可接受的，如果(在流到空氣中的)壓力相對變化或（在密閉管路中）壓力損失的相對變化並不超過：從 q_{min} 到 q_t（不含）±5%；從 q_t（含）到 q_s±10%。

6. A.6.6.4 溫度：在檢驗中**水溫度的改變不得超過 5℃**。量測溫度的**最大不確定度不得超過 1℃**。

（二）水量計檢定檢查技術規範：

1. 4.3.1(1)受檢水量計可以多個串聯同時檢定，於串聯時，**其前端及後端應分別留有適當長度之直管**。
2. 4.3.2(2)水量計裝妥後，應先通水，排除水量計及管線內之空氣，然後以出水口旋塞（閥）調整檢定流量。水量計**進口端管路應保有至少 5 kPa 的正壓力**。

綜合上述規定，本研究針對水量計之器差檢驗的準備作業包括如下：

1. 為保持串聯水量計的水流條件穩定，其前端及後端分別留有適當長度之直管，其長度將依壓力損失試驗之規定，設定串聯的水量

計前端及後端長度為L≧15D（D是水量計的內徑）。

2. 串聯檢驗下的第一個水量計的進水口管路壓力保持在零流量時保有至少0.005MPa的正壓力，在有通水過程則保持在5 kPa的正壓力，且壓力變化不得超過10%。

3. 進行器差試驗前先行通水，使水量計計量超過 1 立方公尺，以確保計數器有正常動作。

五、檢驗標準：

水量計的檢定計量主要係以器差檢驗做為試驗項目，即器差檢驗結果是否符合法定公差範圍做為水量計合格與否之判定依據。器差檢驗之定義誠如「水量計型式認證技術規範」第A6.1節所闡述：「本技術規範中所用以決定器差的方法是所謂收集法，其係利用一個或多個收集容器收集流經水量計的水量然後以容量或稱重來決定水量……**器差之檢驗主要是把接受檢驗水量計之指示值與校正過參考裝置的指示值做對照比較**。」其檢驗方式可參照第5.4節有關器差檢驗之規定，執行器差檢驗前，應依據該水量計之度量等級，檢驗7個流量點，分別為：

(1) 介於 q_{min} 和 $1.1q_{min}$ 之間，公差為 ±5%。

(2) 介於 $0.5(q_{min}+q_t)$ 和 $0.55(q_{min}+q_t)$ 之間，公差為 ±5%。

(3)介於 q_t和 $1.1q_t$之間，公差為 ±2%。

(4)介於 0.25（q_t＋q_p）和 0.3（q_t＋q_p）之間，公差為 ±2%。

(5)介於 $0.45q_p$ 和 0.5 q_p之間，公差為 ±2%。

(6)介於 $0.9q_p$和 q_p之間，公差為 ±2%。

(7)介於 $0.9q_s$和 q_s之間，公差為 ±2%。

其中，常設流量（Permanent flow-rate，q_p）為水量計在正常使用狀況下以適當的方式操作時的流量；超載流量（Overload flow-rate，q_s）為水量計在短期間內不劣化而以適當的方式操作時的流量，其值為 q_p的 2 倍；最小流量（Minimum flow-rate，q_{min}）為水量計能夠指出仍在公差內的最低流量；分界流量（Transitional flow-rate，q_t）為發生在 q_s及 q_{min}間的一個流量值，流量範圍在此分為「上區」及「下區」，每區各訂定有公差。

再依「水量計檢定檢查技術規範」第 5.2 節之規定，一般水量計檢定試驗則是從其中 7 個流量點中擇取最常用的流量點(3)(以下簡稱小流）及流量點（6)(以下簡稱大流）為檢定流量；故本研究以此 2 點之流量及收集量作為判定水量計檢定計量之依據，以貼近實際使用情況。

依據「水量計檢定檢查技術規範」第 4.5 節規定，水量計之器差，係以受檢水量計之顯示值（器示值 X）減去通過水之實際體積（收集

量 Y)，然後除以通過水之實際體積（Y）算出百分比，公式如下：

$$\text{器差百分比}(\%) = \frac{X - Y}{Y} \times 100\% \text{；}$$

再依「水量計檢定檢查技術規範」第 4.6 節規定，水量計之檢定公差為所計量之±2%，即水量計之器差須在檢定公差(收集量 × ±2%)範圍內，其檢定結果方予以合格。B 級口徑 20 mm 水量計在不同檢定流速及收集量所對應之檢定公差可歸納於表 3-2。

表 3-2 B 級口徑 20 mm 水量計之檢定流量、收集量及公差規定

流量點	口徑 20 mm		檢定公差
	流量(m^3/h)	收集量(L)	
流量點(3)q_t和 1.1q_t（小流）	0.20～0.22	50	±2%
流量點(6)0.9q_p和 q_p（大流）	2.25～2.50	300	±2%

肆、檢驗結果

本研究的主要目的是針對在水量計檢驗過程中，在檢定測試平臺上串聯數量的多寡對檢定計量的影響程度進行分析與探討。依能量不滅定理來推斷，當水流經過某一水量計時，將會損耗些微能量以轉化成動能來驅動葉輪轉動，經齒輪組帶動刻度盤，以顯示水流流經水量計的流量，來方便計量；因此當水量計串聯越多時，理應所損耗的能量將會越多，對下游端水量計而言，所承受的水流流速或水流條件將會比上游端水量計有所減損或改變；所以，本研究將藉由改變水量計串聯的數量多寡，試著尋求上游端水量計串聯數量對下游端水量計的檢定計量之影響程度。

本研究選用 B 級口徑 20 mm 速度型多重噴嘴式水量計共 16 只，分別以第 A 只、第 B 只、……到第 P 只共 16 個代碼來予以編號標示，並依圖 3-1 的編號順序（由第 A 只、第 B 只……到第 P 只）進行串聯檢驗，然後再依表 3-1 的試驗規劃流程分成 16 輪試驗來進行器差檢驗：在第 1 輪試驗中，16 只水量計全數進行檢驗；第 2 輪試驗中，將第 A 只水量計移除，換上空管，留下 15 只水量計串聯繼續檢驗；第 3 輪試驗中，再將第 B 只水量計移除，換上空管，只留下 14 只水量計繼續檢驗；以此類推，直到第 16 輪試驗時，將只剩下第 P 只水量計進行檢驗。而每一輪試驗分別進行連續 3 次的重複性器差檢驗，

並將試驗數據予以蒐集記錄。

本研究蒐集相關器差數據之流程如下：首先記錄水量計的指示裝置上之初讀值(V_{mi})，然後將標準量槽的閥門開啟，使得槽內的總水量流通過待檢驗的多個串聯水量計後，再記錄水量計的指示裝置上之終讀值(V_{mf})，同時記錄標準量槽所流失的總水量。其中終讀值扣掉初讀值即為器示值(V_m)，標準量槽所流失的總水量即為收集量(V_a)，器差(E)則為器示值減去收集量後再除以收集量之百分比，其公式為：$E = \frac{V_m - V_a}{V_a} \times 100\%$。蒐集相關器差數據後，每一輪試驗共有 3 次重複性試驗，再求取其平均值及標準差。由於原始數據資料繁多，為避免篇幅冗長及版面擁擠，將其整理於附錄。

首先，針對上游端水量計的串聯數量對下游端水量計的檢定計量之影響做逐一探討。

一、 上游端水量計串聯數量與檢定計量之關係

本研究主要探討上游端水量計串聯數量的多寡對下游端水量計的檢定計量之影響程度，表 3-1 所規劃的 16 輪器差檢驗並無法一目了然有關上游端水量計串聯數量的變化，因此將表 3-1 轉換成另一觀察型式，即觀察上游端水量計的串聯數量與下游端水量計的檢定計量之關係；簡而言之，就是上游端的串聯水量計如果越多，下游端的水

量計器差是否會受影響？因此，在表 3-1 的第 1 輪試驗中，第 A 只水量計的上游端並無水量計，其上游端水量計數量為 0；第 B 只水量計的上游端有 1 只水量計，即第 A 只水量計，其上游端水量計數量為 1；第 C 只的上游端則有 2 只水量計串聯在一起，即第 A 及第 B 只水量計，故其上游端水量計數量為 2；……第 P 只水量計的上游端水量計數量為 15。在第 2 輪試驗中，第 A 只水量計被移除，因此對第 B 只水量計而言，就無上游端的水量計，其上游端水量計就為 0；對第 C 只水量計來說，其上游端的水量計數量則降為 1，即是第 B 只水量計；第 D 只水量計其上游端水量計數量為 2；……第 P 只水量計的上游端水量計數量為 14。在第 3 輪試驗中，第 A、B 只水量計被移除，因此第 C 只水量計其上游端水量計就為 0；對第 D 只水量計而言，其上游端的水量計則為 1，即為第 C 只水量計；第 E 只水量計其上游端水量計數量則為 2；……第 P 只水量計的上游端水量計數量降為 13。……每一輪試驗中的各只水量計其上游端水量計串聯數量即可以此類推，當至第 16 輪試驗時，第 P 只水量計的上游端水量計數量則為 0。經過上述統計結果，在每一輪試驗中，每一只水量計其上游端水量計串聯數量即可整理成表 4-1 所示。

表 4-1 每一只水量計在各輪試驗中的上游端水量計數量的統計表

水量計編號	第A只	第B只	第C只	第D只	第E只	第F只	第G只	第H只	第I只	第J只	第K只	第L只	第M只	第N只	第O只	第P只
第 1 輪試驗	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
第 2 輪試驗	×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
第 3 輪試驗	×	×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
第 4 輪試驗	×	×	×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第 5 輪試驗	×	×	×	×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
第 6 輪試驗	×	×	×	×	×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第 7 輪試驗	×	×	×	×	×	×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第 8 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	0	1	2	3	4	5	6	7	8
第 9 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	0	1	2	3	4	5	6	7
第 10 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	1	2	3	4	5	6
第 11 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	1	2	3	4	5
第 12 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	1	2	3	4
第 13 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	1	2	3
第 14 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	1	2
第 15 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	1
第 16 輪試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0

註：表格中的數字代表該只水量計在某一輪試驗中的上游端水量計數量

由於器差檢驗可分為大流及小流二種情況下，茲以下分別在這二種情形下其上游端水量計的串聯數量與下游端水量計的檢定計量關係進行研究與分析。

(一)大流分析

從附錄中擷取每一輪試驗在大流情況下的數據,針對不同的水量計串聯數量下連續 3 次所得的器差各求取平均值及標準差,再配合表 4-1 所統計的上游端水量計串聯數量,將其平均值及標準差彙整於表 4-2 中。

在表 4-2 中,每一列分別代表第 A、第 B、第 C、……第 P 只共 16 只水量計在大流的情況;每一欄則代表就同一只水量計而言,隨著上游端水量計串聯數量的增減,其器差檢驗結果之平均值與標準差的變化情形。因此由每一欄中可以明顯觀察出,每一只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其檢定計量的關係。

從表 4-2 中可以明顯發現,在大流情況下,不管任何一只水量計隨著上游端水量計串聯數量的增加,下游端水量計其器差平均值以乎有擴大的趨勢;至於標準差部份幾乎維持在 0.05%以下,也就是說 3 次重複性試驗結果有著相同的變化,並無太大的差異性。為利於觀察其趨勢變化,將每一只水量計在大流情況下依不同的上游端水量計串聯數量連續 3 次所得的器差平均值及標準差,繪成折線圖,如圖 4-1 所示,其中,橫座標為上游端水量計串聯數量,縱座標為器差平均值,而每一顏色的折線則代表各只水量計隨著上游端水量計串聯數量的增加,其所對應的器差平均值之變化情形。

表 4-2 在大流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值及標準值一覽表

上游端水量計數量	第 A 只		第 B 只		第 C 只		第 D 只		第 E 只		第 F 只		第 G 只		第 H 只	
	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值
0	-0.87%	0.03%	-0.85%	0.02%	-0.61%	0.07%	-0.65%	0.04%	-0.40%	0.00%	-0.68%	0.02%	-0.30%	0.00%	-0.51%	0.04%
1	---	---	-0.88%	0.02%	-0.68%	0.02%	-0.62%	0.02%	-0.72%	0.02%	-0.82%	0.04%	-0.49%	0.02%	-0.53%	0.03%
2	---	---	---	---	-0.78%	0.02%	-0.65%	0.02%	-0.80%	0.06%	-0.87%	0.00%	-0.55%	0.02%	-0.51%	0.02%
3	---	---	---	---	---	---	-0.73%	0.00%	-0.88%	0.05%	-0.87%	0.03%	-0.58%	0.02%	-0.52%	0.04%
4	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.89%	0.02%	-0.85%	0.02%	-0.64%	0.02%	-0.53%	0.00%
5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.87%	0.00%	-0.71%	0.04%	-0.55%	0.02%
6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.78%	0.02%	-0.59%	0.02%
7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.63%	0.00%
8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

表 4-2 在大流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值及標準值一覽表(續)

上游端水量計數量	第 I 只		第 J 只		第 K 只		第 L 只		第 M 只		第 N 只		第 O 只		第 P 只	
	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值
0	-0.85%	0.04%	-0.32%	0.04%	-0.42%	0.04%	-0.63%	0.03%	-0.52%	0.02%	-0.61%	0.02%	-0.42%	0.05%	-0.42%	0.02%
1	-0.83%	0.00%	-0.50%	0.03%	-0.54%	0.02%	-0.62%	0.02%	-0.69%	0.02%	-0.74%	0.04%	-0.51%	0.05%	-0.52%	0.02%
2	-0.81%	0.02%	-0.52%	0.02%	-0.52%	0.07%	-0.63%	0.03%	-0.70%	0.00%	-0.79%	0.02%	-0.50%	0.03%	-0.54%	0.02%
3	-0.88%	0.02%	-0.51%	0.05%	-0.51%	0.04%	-0.65%	0.02%	-0.71%	0.02%	-0.79%	0.04%	-0.49%	0.02%	-0.55%	0.02%
4	-0.93%	0.00%	-0.53%	0.00%	-0.52%	0.02%	-0.67%	0.00%	-0.75%	0.02%	-0.79%	0.02%	-0.51%	0.02%	-0.54%	0.02%
5	-0.89%	0.02%	-0.55%	0.02%	-0.57%	0.00%	-0.67%	0.03%	-0.71%	0.02%	-0.81%	0.05%	-0.52%	0.02%	-0.53%	0.00%
6	-0.91%	0.02%	-0.61%	0.02%	-0.58%	0.02%	-0.71%	0.02%	-0.68%	0.04%	-0.81%	0.04%	-0.51%	0.04%	-0.55%	0.02%
7	-0.88%	0.02%	-0.61%	0.02%	-0.58%	0.02%	-0.68%	0.02%	-0.73%	0.03%	-0.78%	0.02%	-0.51%	0.02%	-0.57%	0.00%
8	-0.90%	0.06%	-0.64%	0.02%	-0.58%	0.02%	-0.67%	0.03%	-0.74%	0.02%	-0.83%	0.03%	-0.48%	0.04%	-0.55%	0.04%
9	---	---	-0.68%	0.02%	-0.59%	0.02%	-0.67%	0.03%	-0.78%	0.02%	-0.84%	0.04%	-0.52%	0.02%	-0.53%	0.00%
10	---	---	---	---	-0.62%	0.02%	-0.69%	0.02%	-0.80%	0.00%	-0.85%	0.02%	-0.54%	0.02%	-0.55%	0.02%
11	---	---	---	---	---	---	-0.73%	0.03%	-0.84%	0.02%	-0.84%	0.02%	-0.58%	0.04%	-0.60%	0.00%
12	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.89%	0.02%	-0.89%	0.02%	-0.59%	0.02%	-0.60%	0.03%
13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.91%	0.02%	-0.63%	0.03%	-0.60%	0.00%
14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.69%	0.02%	-0.65%	0.02%
15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.71%	0.02%

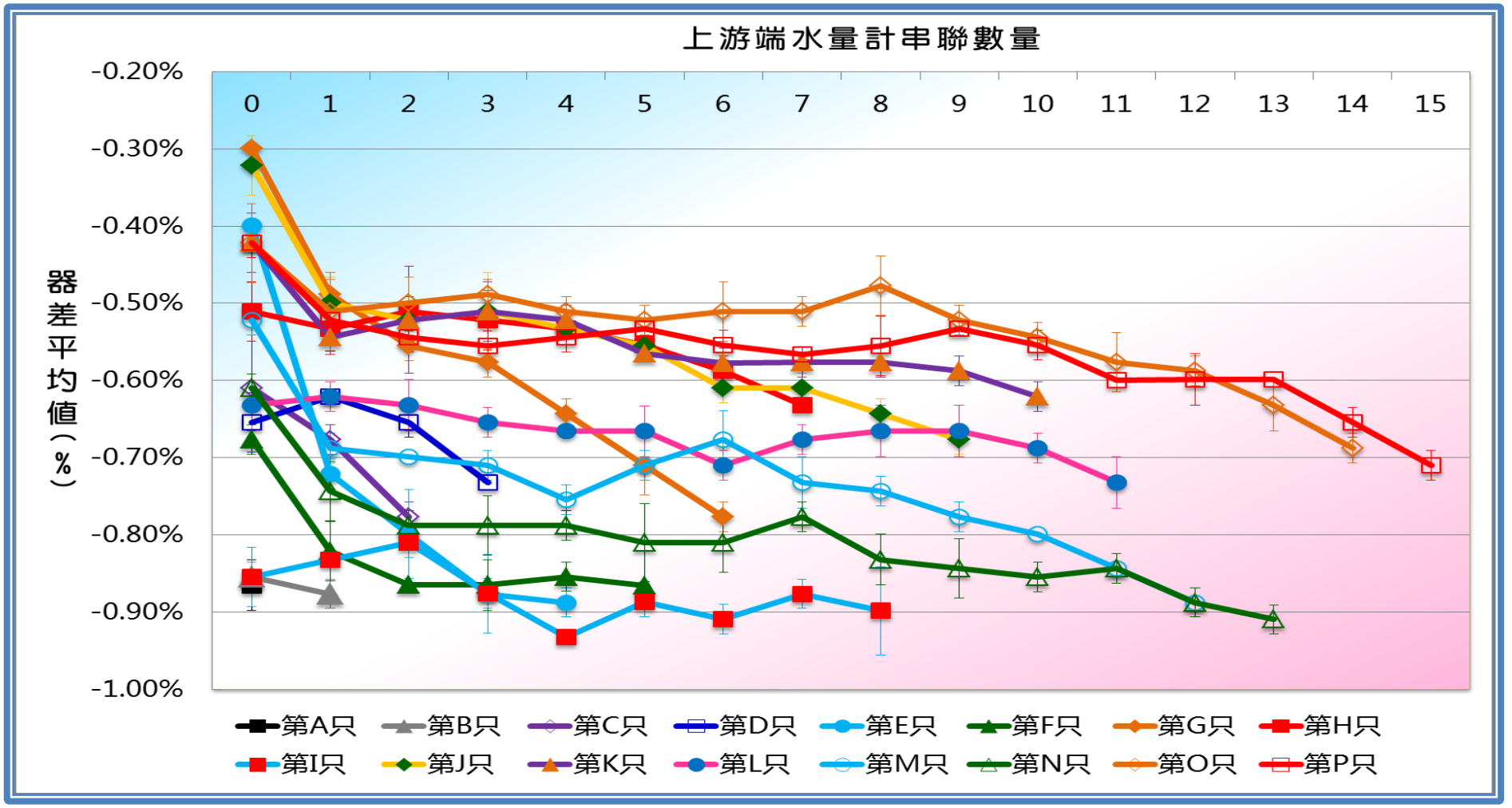

圖 4-1 在大流情況下各只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其器差平均值的關係圖

從圖 4-1 的折線趨勢可以發現，對大部份的水量計而言，當上游端的水量計串聯數量越多時，其器差結果就有明顯增大的現象，不過仍維持在法定公差(±2%)以內，標準差則無太大的差異。除了第 A 只水量計只有一組數值，無法判定其趨勢外，觀察其它各只水量計皆有相似的趨勢，也就是隨著上游端水量計串聯數量的增加，下游端水量計的器差平均值有擴大趨勢，只是擴大程度依每只水量計而有所不同；而且上游端水量計串聯數量越多時，其器差擴大趨勢就越明顯（本研究內文所稱之”擴大”係指器差平均值與零器差做比較。對品質佳的水量計而言，理應器差平均值為零，若為正器差或負器差，皆代表水量計本身有計量誤差，當器差值離零越來越遠，代表計量誤差有擴大趨勢；若器差值離零越來越近，則代表計量誤差有逐漸縮小的趨勢）。

另外，從圖 4-1 亦可發現，其中有不少水量計當其上游端一旦有水量計串聯時，其器差將比無任何上游端水量計串聯時之器差來的擴大許多，如第 E、F、G、J、M 及 N 只水量計等；也就是說，裝置有上游端水量計與未裝置有上游端水量計之器差檢驗結果有明顯之擴大差距，反而隨著串聯數量的增多，其器差擴大增幅不似上述來的如此顯著。若將器差檢驗結果扣除未裝置有上游端水量計之器差平均值，其所得稱之為殘值，或許將更容易觀察。

因此，改以未裝置有上游端水量計之器差平均值當作基準值（即上游端水量計串聯數量為零時之器差平均值設定為零），觀察在各上游端水量計串聯數量時之器差平均值扣除基準值後所得之殘值變化關係，然後繪成折線圖，如圖 4-2 所示。其中，殘值的公式為

$$\text{殘值} = \left(\begin{array}{l}\text{某上游端水量計串聯}\\ \text{數量的器差平均值}\end{array}\right) - \left(\begin{array}{l}\text{未裝置有上游端水量}\\ \text{計的器差平均值}\end{array}\right)$$

由於第 A 只水量計僅有單一只水量計進行器差試驗，因此在圖 4-2 中並無顯示其曲線。從圖 4-2 中發現，在大流情況下，隨著上游端水量計串聯數量增多，其器差平均值之殘值差距也緩慢擴大，且略呈線性關係，只是線性斜率依各只水量計而有所不同。換句話說，若不考慮未裝置有上游端水量計之情況，只單純觀察有上游端水量計串聯情況時，其器差平均值所呈現的計量誤差會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈線性擴增。另外，也可以發現其殘值幾乎為負值，意味著只要上游端裝置有水量計時，將會使下游端水量計的器差平均值下降，而且降低的程度與上游端水量計串聯數量的多寡呈線性的關係。

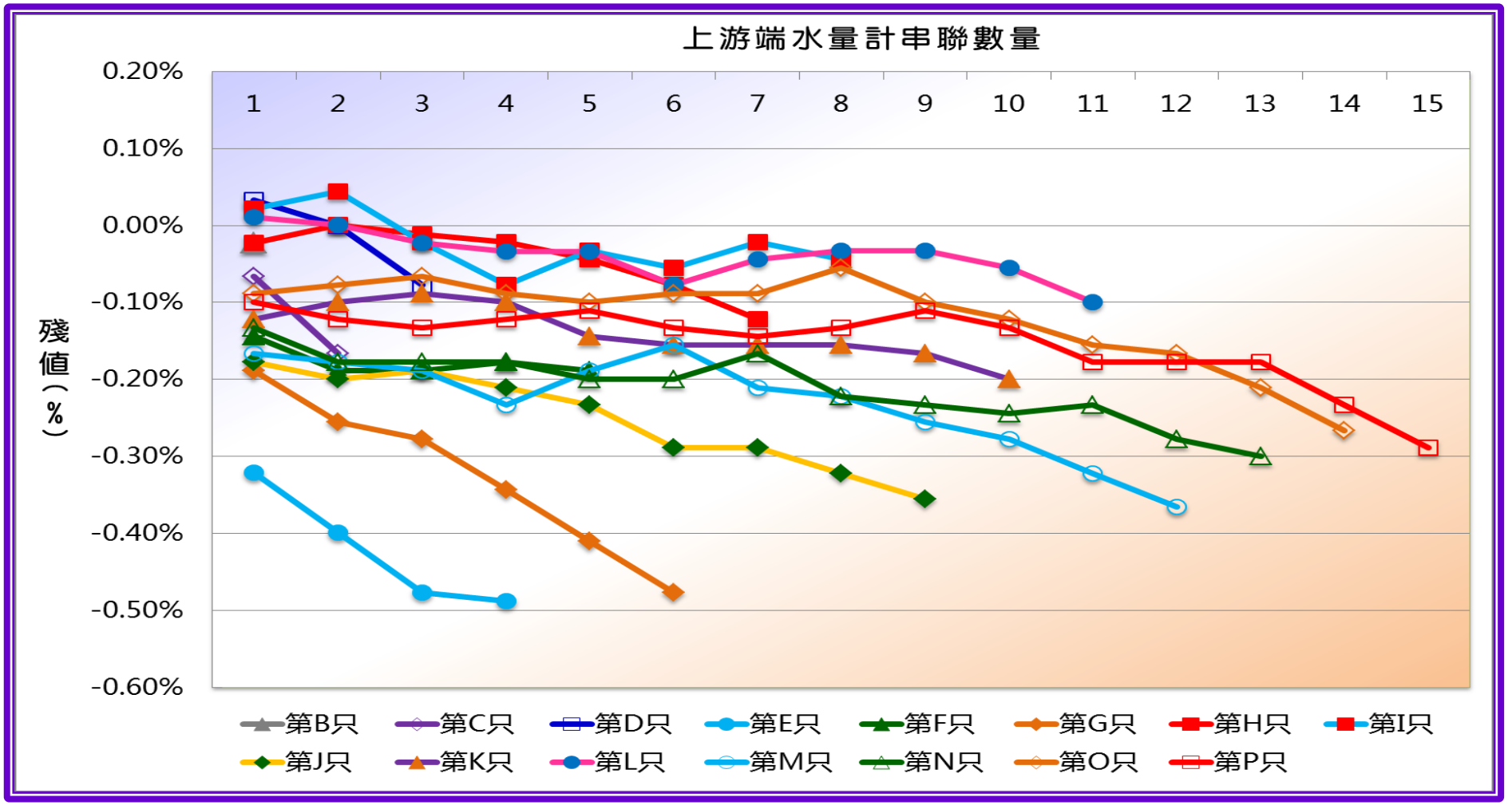

圖 4-2 在大流情況下各只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其殘值的關係圖

(二)小流分析：

從附錄中擷取每一輪試驗中在小流情況下的數據，針對不同的水量計串聯數量下連續 3 次所得的器差各求取平均值及標準差，再配合表 4-1 所統計的上游端水量計串聯數量，將其平均值及標準差彙整於表 4-3 中。

在表 4-3 中，每一列分別代表第 A、第 B、第 C、……第 P 只共 16 只水量計在小流的情況；每一欄係代表就同一只水量計而言，隨著上游端水量計串聯數量的增減，其器差檢驗結果之平均值與標準差的變化情形。從表 4-3 中發現，不管任何一只水量計隨著上游端水量計串聯數量的增加，下游端水量計其器差平均值不似大流情況有明顯的擴大趨勢。再將表 4-3 結果依各只水量計在小流情況下隨著不同的上游端水量計數量連續 3 次所得的器差平均值及標準差，繪成折線圖，如圖 4-3 所示。

從圖 4-3 的折線關係可以發現，在小流情況下，隨著上游端水量計串聯數量的增加，下游端水量計其器差平均值以乎没有太大的變化趨勢，也没有什麼規則性可言，且器差維持在法定公差(±2%)以內；標準差則落在 0 %至 0.11%區間，並無太大的差異性。

表 4-3 在小流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值及標準值一覽表

上游端水量計數量	第 A 只		第 B 只		第 C 只		第 D 只		第 E 只		第 F 只		第 G 只		第 H 只	
	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值
0	-0.13%	0.11%	-0.07%	0.11%	-0.07%	0.11%	0.72%	0.11%	0.26%	0.11%	0.33%	0.11%	0.72%	0.11%	0.59%	0.00%
1	---	---	-0.13%	0.11%	-0.07%	0.11%	0.46%	0.11%	0.20%	0.00%	0.26%	0.11%	0.53%	0.11%	0.66%	0.11%
2	---	---	---	---	0.00%	0.00%	0.39%	0.00%	0.20%	0.00%	0.26%	0.11%	0.53%	0.11%	0.59%	0.00%
3	---	---	---	---	---	---	0.46%	0.11%	0.13%	0.11%	0.26%	0.11%	0.59%	0.20%	0.59%	0.00%
4	---	---	---	---	---	---	---	---	0.13%	0.11%	0.20%	0.20%	0.59%	0.00%	0.59%	0.00%
5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.20%	0.00%	0.53%	0.11%	0.59%	0.20%
6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.53%	0.11%	0.53%	0.11%
7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.59%	0.00%
8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

表 4-3 在小流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值及標準值一覽表(續)

上游端水量計數量	第 I 只		第 J 只		第 K 只		第 L 只		第 M 只		第 N 只		第 O 只		第 P 只	
	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值	平均值	標準值
0	0.26%	0.11%	0.66%	0.11%	0.46%	0.11%	0.20%	0.00%	0.79%	0.00%	0.40%	0.00%	0.72%	0.11%	0.20%	0.00%
1	0.40%	0.00%	0.33%	0.11%	0.26%	0.11%	0.07%	0.11%	0.86%	0.11%	0.33%	0.11%	0.59%	0.00%	0.13%	0.11%
2	0.33%	0.11%	0.40%	0.00%	0.26%	0.11%	0.13%	0.11%	0.79%	0.00%	0.40%	0.00%	0.53%	0.11%	0.07%	0.11%
3	0.33%	0.11%	0.40%	0.00%	0.33%	0.11%	0.07%	0.11%	0.86%	0.11%	0.33%	0.11%	0.59%	0.00%	0.13%	0.11%
4	0.26%	0.11%	0.40%	0.00%	0.33%	0.11%	0.13%	0.11%	0.79%	0.00%	0.40%	0.00%	0.46%	0.11%	0.26%	0.11%
5	0.33%	0.11%	0.33%	0.11%	0.33%	0.11%	0.13%	0.11%	0.79%	0.00%	0.40%	0.00%	0.59%	0.00%	0.20%	0.00%
6	0.26%	0.11%	0.46%	0.11%	0.26%	0.11%	0.13%	0.11%	0.79%	0.00%	0.40%	0.00%	0.53%	0.11%	0.13%	0.11%
7	0.26%	0.11%	0.26%	0.11%	0.26%	0.11%	0.07%	0.11%	0.79%	0.00%	0.40%	0.00%	0.59%	0.00%	0.13%	0.11%
8	0.20%	0.00%	0.33%	0.11%	0.26%	0.11%	0.07%	0.11%	0.79%	0.00%	0.46%	0.11%	0.59%	0.00%	0.20%	0.00%
9	---	---	0.33%	0.11%	0.20%	0.00%	-0.07%	0.11%	0.86%	0.11%	0.33%	0.11%	0.53%	0.11%	0.13%	0.11%
10	---	---	---	---	0.26%	0.11%	-0.07%	0.11%	0.79%	0.00%	0.40%	0.00%	0.53%	0.11%	0.07%	0.11%
11	---	---	---	---	---	---	-0.07%	0.11%	0.79%	0.00%	0.33%	0.11%	0.59%	0.00%	0.07%	0.11%
12	---	---	---	---	---	---	---	---	0.79%	0.00%	0.33%	0.11%	0.59%	0.00%	0.07%	0.11%
13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.40%	0.00%	0.53%	0.11%	0.13%	0.11%
14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.53%	0.11%	0.07%	0.11%
15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.13%	0.11%

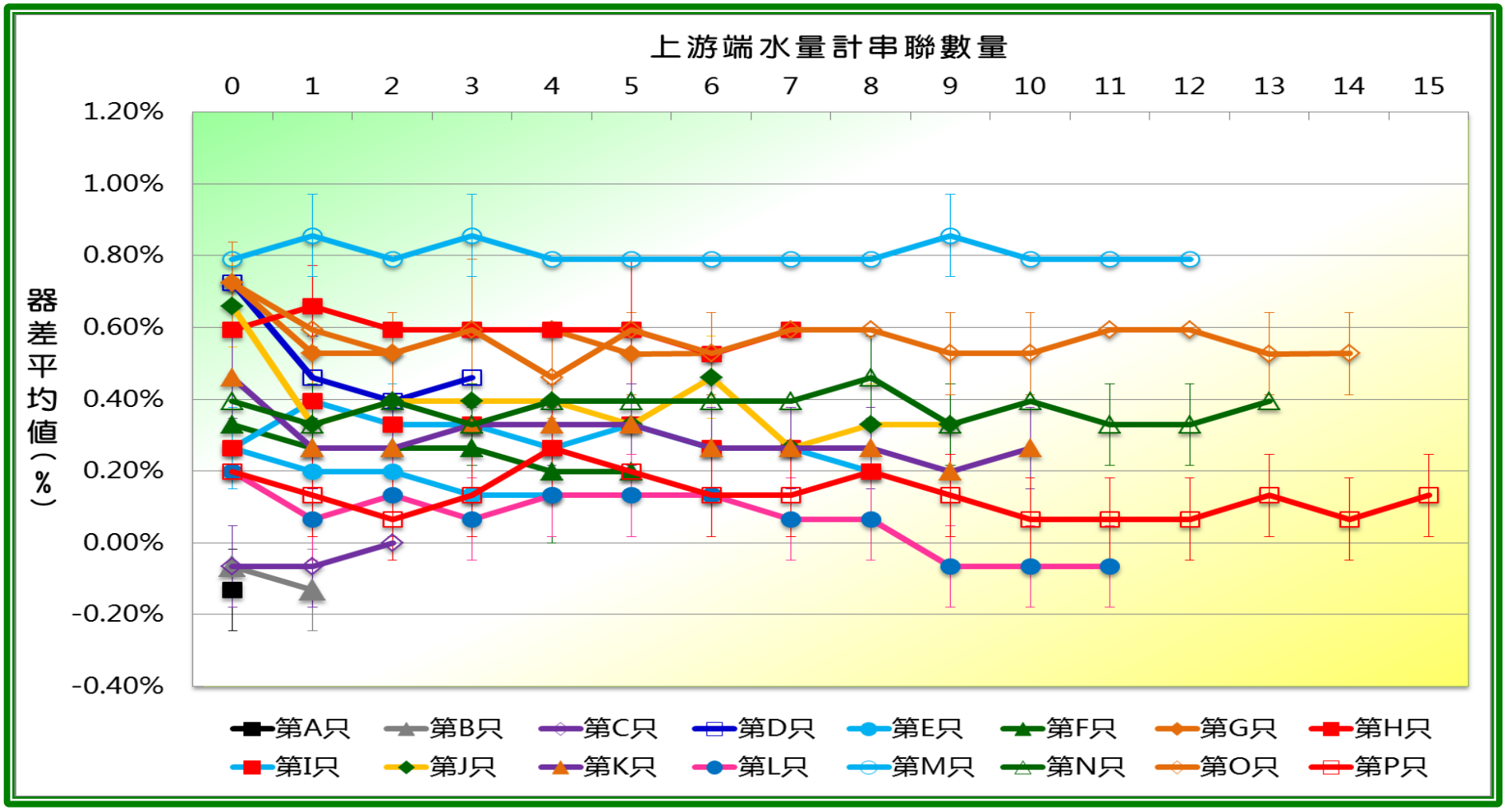

圖 4-3 在小流情況下各只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其器差平均值的關係圖

在大流情況下，可以發現有一現象，即有相當一部份水量計當其上游端一旦有串聯水量計裝置時，其器差將比未裝置有上游端水量計之器差檢驗結果有明顯之擴大差距，反而隨著串聯數量的增多，其器差擴大增幅不似上述來的如此顯著；但對圖 4-3 所示的小流情況而言，該現象並不明顯。

為慎重起見，將器差檢驗結果扣除未裝置有上游端水量計之器差平均值所得之殘值，繪成圖 4-4 之關係圖。從圖中，在小流情況下，隨著上游端水量計串聯數量增多，其器差平均值之殘值並無規則性的變化可言；換言之，在小流情況下，隨著上游端水量計串聯數量增多，其下游端水量計的器差平均值之擴大趨勢並不存在，甚至呈現没有規律的變化。另外，從圖 4-4 亦可發現，器差檢驗結果扣除未裝置有上游端水量計之器差平均值所得之殘值大部份為負值或者為零，這代表當上游端裝置有水量計時，或許没有影響，但大部份可能會導致整體的器差平均值下降，只是降低的程度與上游端水量計串聯數量的多寡並無絕對的關係。

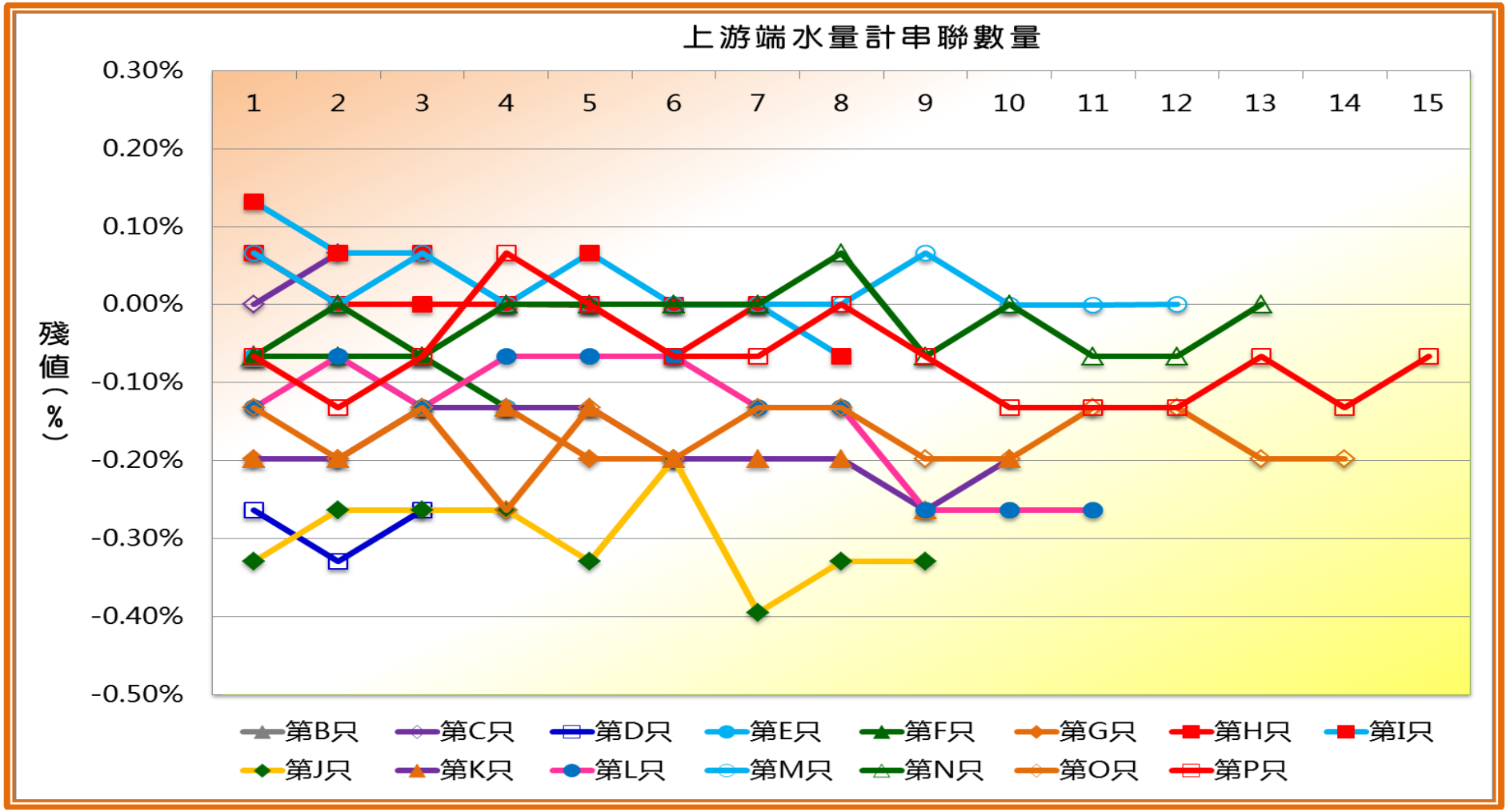

圖 4-4 在小流情況下各只水量計在不同上游端水量計串聯數量與其殘值的關係圖

二、 上游端水量計串聯數量與器差變化率之關係

誠如前述曾經提到，從圖 4-1 可以發現，在大流情況下，對大部份水量計而言，裝置有上游端水量計與未裝置有上游端水量計之器差檢驗結果有明顯的擴大差距，然後隨著串聯數量的增多，其器差擴大增幅將不似上述來的如此顯著；反倒是在小流情況下，圖 4-2 所顯示隨著上游端水量計串聯數量的增多，其器差擴大的變化趨勢並不明顯且没有規則性。

為了更清楚地觀察器差檢驗結果隨著上游端水量計串聯數量增減的變化情形，依表 4-1 及表 4-2 分別重新建立在大流情況及小流情況下其上游端水量計串聯數量與器差平均值變化率之關係圖。其中，器差平均值變化率的定義如下：

$$\text{器差平均值變化率}(\%) = \left(\frac{\text{在某上游端水量計串聯數量時的器差平均值} - \text{在前上游端水量計串聯數量時的器差平均值}}{\text{在前上游端水量計串聯數量時的器差平均值}}\right) \times 100\%$$

其中，器差平均值變化率若為正值，代表器差平均值將會隨著上游端水量計串聯數量的增加而擴大；反之，器差平均值變化率若為負值，則代表器差平均值會隨著上游端水量計串聯數量的增加而縮少。

(一)大流分析：

依大流情況之表 4-2 重新建立上游端水量計串聯數量與器差平均值變化率之關係，其結果如表 4-4。其中，對未裝置有上游端水量計而言，依器差平均值變化率之定義將無器差平均值變化率，因此表 4-4 中並未顯示上游端水量計串聯數量為零時之器差平均值變化率；同樣的，對第 A 只水量計而言，因為只有一組器差平均值，自然也無器差平均值變化率。

從圖 4-1 可以發現在大流情況下，除了第 B、D、H、I 及 L 只水量計的變化情形不明顯外，大部份的水量計其上游端一旦裝置水量計串聯時，其器差平均值將比無任何上游端水量計串聯時之器差平均值來的增大許多，以致在表 4-4 中的器差平均值變化率會異常增大，甚至大於 20%以上者有 9 只水量計（如紅色標記），例如第 E 只水量計的器差平均值變化率高達 82.50%、第 G 只水量計的器差平均值變化率達 62.87%、第 J 只水量計的器差平均值變化率則有 55.22%、第 M 只水量計的器差平均值變化率亦有 31.91%等；之後，隨著上游端水量計串聯數量的增加，其器差平均值變化率大多介於-6%至 10%區間做變化，且大部份為正值，這意味著下游端水量計的器差平均值有明顯擴大的趨勢，而擴大的程度也大多落在某一區間。若將表 4-4 的結果轉換成圖 4-5 的折線圖，將可輕易發現此一現象。

表 4-4 在大流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值變化率一覽表

上游端水量計數量	在大流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值變化率															
	第A只	第B只	第C只	第D只	第E只	第F只	第G只	第H只	第I只	第J只	第K只	第L只	第M只	第N只	第O只	第P只
1	---	2.60%	10.92%	-5.08%	80.50%	21.35%	62.87%	4.37%	-2.60%	55.22%	28.90%	-1.75%	31.91%	21.82%	21.01%	23.70%
2	---	---	14.75%	8.94%	10.77%	5.37%	13.67%	-4.22%	-2.65%	4.44%	-4.05%	1.75%	1.61%	5.97%	-2.17%	4.22%
3	---	---	---	8.20%	9.73%	0.00%	3.97%	2.21%	8.16%	-2.11%	-2.13%	3.54%	1.55%	0.00%	-2.22%	2.04%
4	---	---	---	---	1.27%	-1.27%	11.54%	2.09%	6.36%	4.29%	2.20%	1.69%	6.29%	-0.03%	4.55%	-2.00%
5	---	---	---	---	---	1.30%	10.36%	4.17%	-4.79%	4.20%	8.45%	0.02%	-5.88%	2.85%	2.14%	-2.04%
6	---	---	---	---	---	---	9.37%	6.01%	2.50%	9.96%	1.99%	6.61%	-4.67%	0.00%	-2.10%	4.13%
7	---	---	---	---	---	---	---	7.55%	-3.65%	0.00%	-0.03%	-4.66%	8.14%	-4.09%	0.00%	2.03%
8	---	---	---	---	---	---	---	---	2.53%	5.47%	0.00%	-1.67%	1.55%	7.08%	-6.50%	-1.96%
9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5.17%	1.93%	0.00%	4.44%	1.37%	9.24%	-3.98%
10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5.66%	3.34%	2.86%	1.28%	4.29%	4.11%
11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6.45%	5.57%	-1.30%	6.09%	8.04%
12	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5.26%	5.27%	1.92%	-0.03%
13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.50%	7.56%	0.00%
14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8.77%	9.27%
15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8.47%

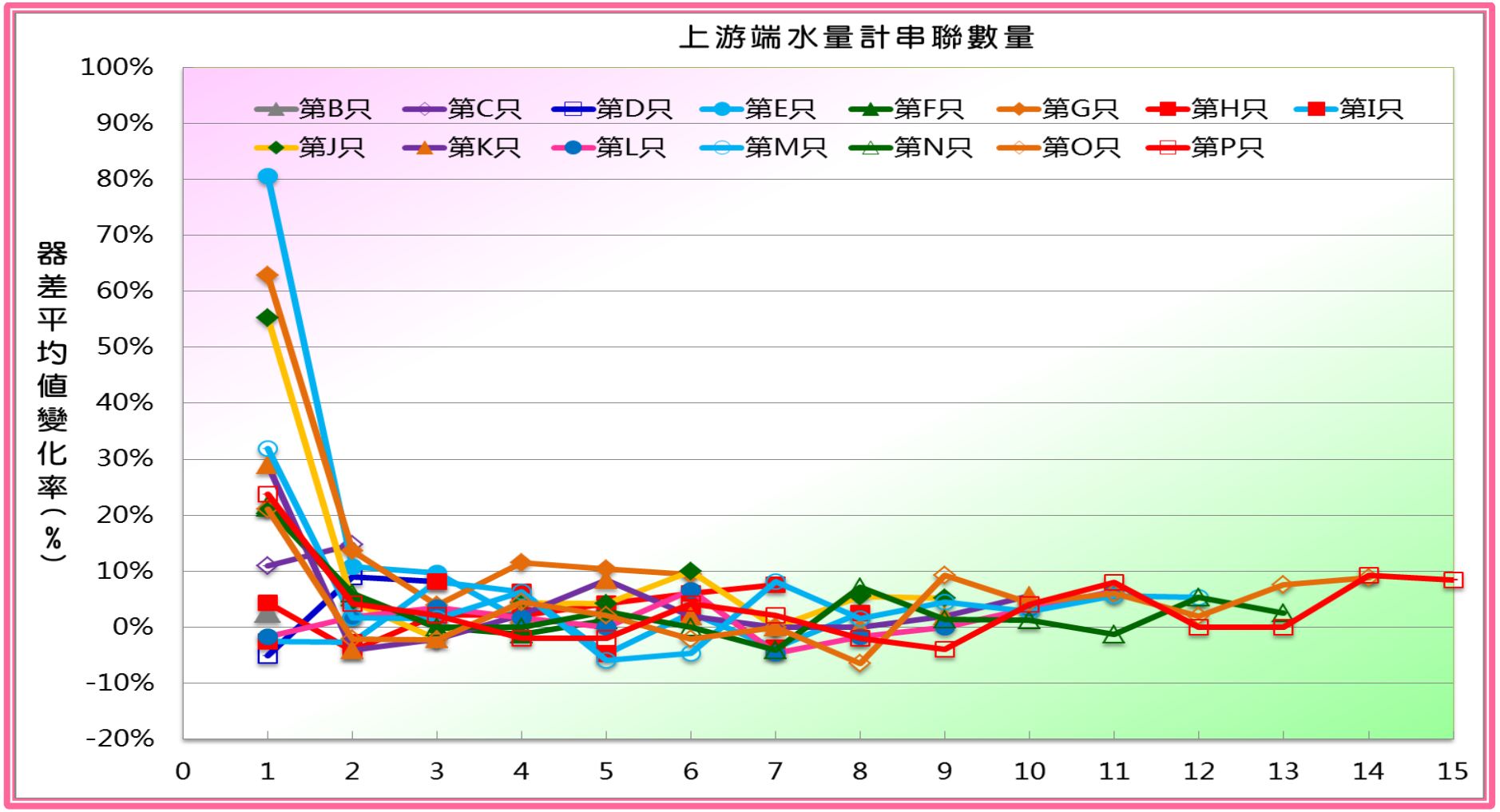

圖 4-5 在大流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量與其對應的器差平均值變化率之關係圖

將表 4-4 的結果依器差平均值變化率的大小進行分類統計，可繪成長條圖，如圖 4-6 所示。於圖 4-6 中，將器差平均值變化率分成 16 個區間，包括：-10%～-8%、-8%～-6%、-6%～-4%、-4%～-2%、-2%～0%、0%～2%、2%～4%、4%～6%、6%～8%、8%～10%、10%～12%、12%～14%、14%～16%、16%～18%、18%～20%、以及大於 20%；其中器差平均值變化率超過 20%以上者共有 9 只水量計，均發生在裝置有上游端水量計 1 只與未裝置有上游端水量計之間所測得，更證實裝置有上游端水量計的確對下游端水量計的檢定計量造成不小的影響；若將此器差平均值變化率不予考慮，則發現器差平均值變化率大多座落在-6%至 10%之間，其中又以 0～6%區間為最多，合計有 54 只（如圖 4-6 中的紅色長條），而且器差平均值變化率為正值者共有 91 只，遠遠大於器差平均值變化率為負值的 29 只。因此，排除裝置有上游端水量計 1 只與未裝置有上游端水量計之間所測得的器差平均值變化率，單單就上游端水量計串聯數量的增減進行分析，其器差平均值變化率大多維持正值，代表大部份器差平均值將會隨著上游端水量計串聯數量的增加而擴大，且器差平均值變化率以 0～6%居多。

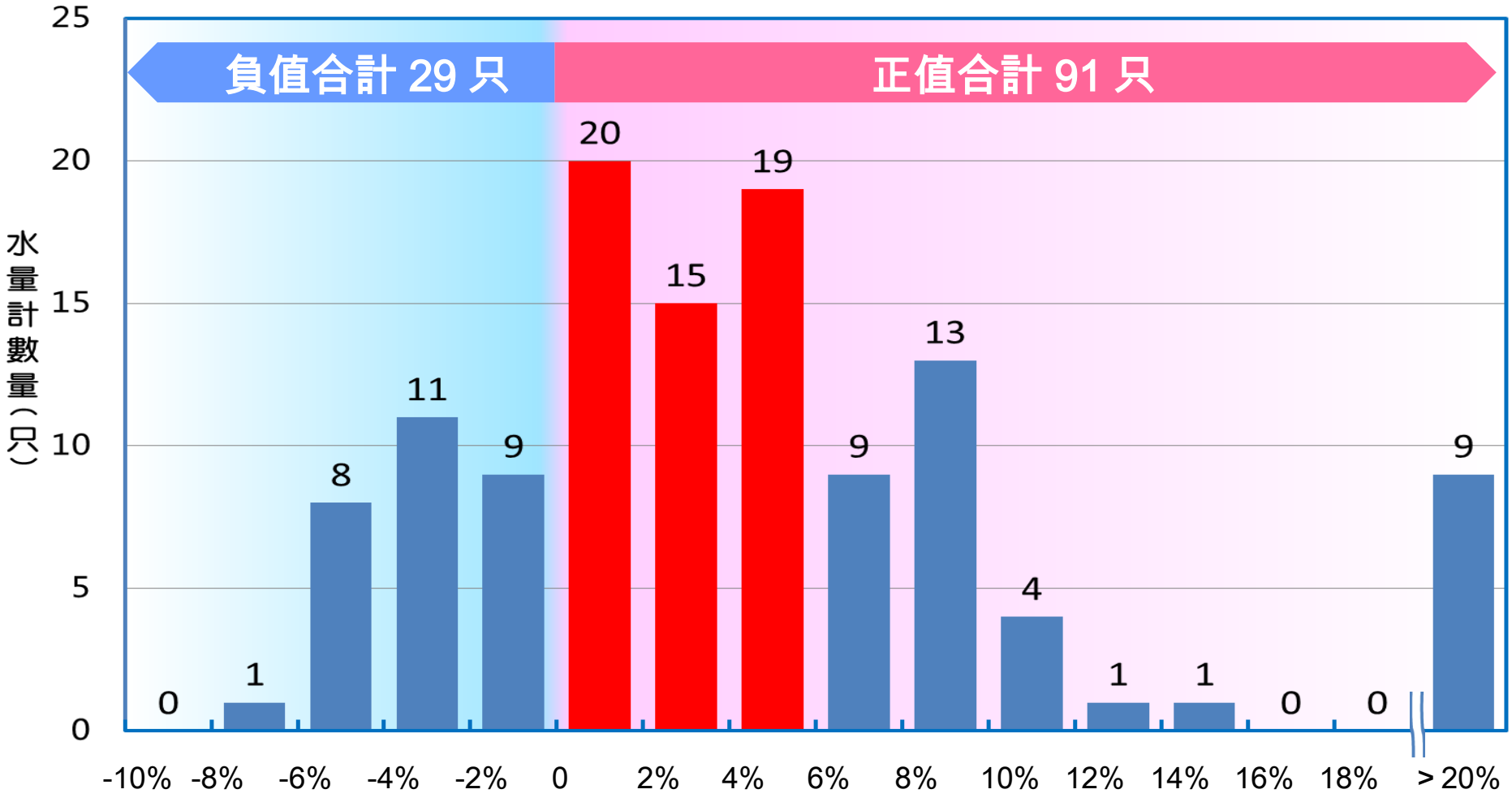

圖 4-6 在大流情況下器差平均值變化率與水量計數量之分佈圖

(二)小流分析：

從圖 4-3 可以發現在小流情況下，隨著上游端水量計串聯數量的增加，下游端水量計其器差平均值以乎没有明顯的規則變化；同時，也未如大流情況般裝置有上游端水量計與未裝置有上游端水量計之器差檢驗結果有明顯之擴大差距的現象。若從圖 4-4 觀察器差檢驗結果扣除未裝置有上游端水量計之器差平均值所得之殘值變化，繪成圖 4-4 之關係圖，亦未如大流情況般呈現線性關係

依小流情況之表 4-3 重新建立上游端水量計串聯數量與器差平均值變化率之關係，其結果如表 4-5。其中，對未裝置有上游端水量計而言，並無器差平均值變化率。

從表 4-5 可以發現在小流情況下，器差平均值變化率的分佈情形並没有什麼規律性，甚至部份器差平均值變化率會有異常擴增，例如有高於 20%以上者（如紅色標記），也有低於-20%以下者（如藍色標記），甚至超出±100%範圍（集中在第 B、C、L 及 P 只水量計，在表中以紅色粗框標示）。為能進一步觀察，將表 4-5 的結果轉換成圖 4-7 的折線圖，亦可輕易發現此一現象，即器差平均值變化率的分佈情形並没有規律性可言，且變化程度也有相當的差異性。

表 4-5 在小流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值變化率一覽表

上游端水量計數量	在小流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量所對應之器差平均值變化率															
	第A只	第B只	第C只	第D只	第E只	第F只	第G只	第H只	第I只	第J只	第K只	第L只	第M只	第N只	第O只	第P只
1	---	100.40%	0.00%	-36.40%	-25.00%	-20.00%	-27.27%	11.11%	50.00%	-50.00%	-42.86%	-66.67%	8.33%	-16.67%	-18.18%	-33.33%
2	---	---	-100.00%	-14.29%	-0.07%	0.00%	0.00%	-10.00%	-16.67%	20.00%	0.00%	100.00%	-7.69%	20.00%	-11.11%	-50.00%
3	---	---	---	16.74%	-33.29%	-0.05%	12.50%	0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	-50.00%	8.33%	-16.67%	12.50%	100.00%
4	---	---	---	---	0.00%	-24.96%	-0.07%	0.00%	-20.00%	0.00%	0.00%	100.00%	-7.69%	20.00%	-22.22%	100.00%
5	---	---	---	---	---	0.00%	-11.10%	-0.04%	25.00%	-16.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	28.57%	-25.00%
6	---	---	---	---	---	---	0.05%	-11.12%	-20.04%	40.00%	-20.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-11.11%	-33.33%
7	---	---	---	---	---	---	---	12.56%	0.00%	-42.91%	0.00%	-50.00%	0.00%	0.00%	12.50%	0.00%
8	---	---	---	---	---	---	---	---	-24.96%	25.07%	-0.05%	0.00%	0.00%	16.67%	0.00%	50.00%
9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.04%	-25.01%	-199.80%	8.33%	-28.57%	-11.11%	-33.33%
10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	33.42%	0.20%	-7.75%	20.00%	0.00%	-50.00%
11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.00%	0.00%	-16.70%	12.50%	0.00%
12	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.07%	0.00%	-0.07%	0.00%
13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20.05%	-11.10%	100.00%
14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.05%	-50.00%
15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100.00%

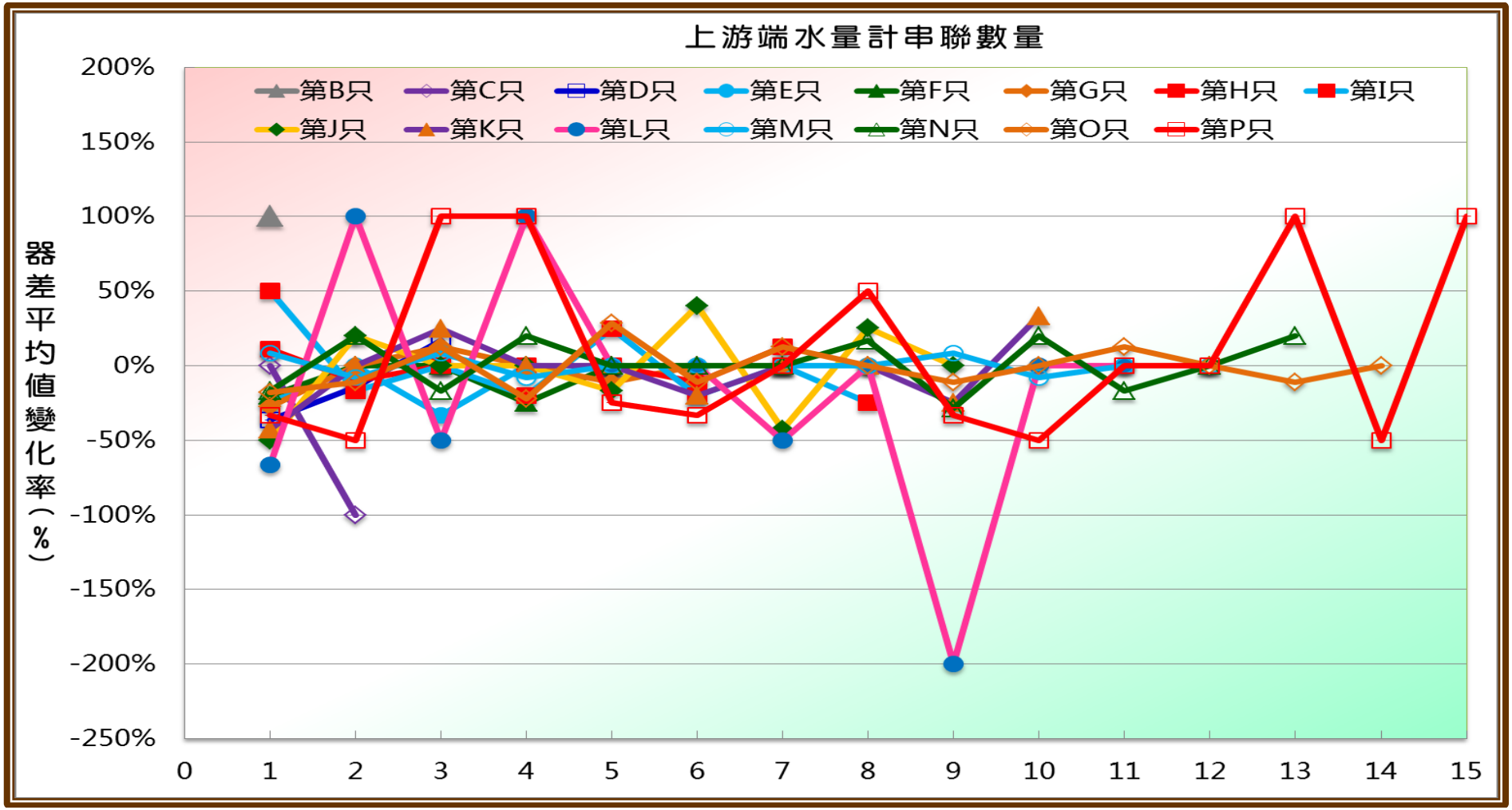

圖 4-7 在小流情況下各只水量計其上游水量計串聯數量與其對應的器差平均值變化率之關係圖

比照大流分析模式，將表 4-5 的結果依器差平均值變化率的大小進行分類統計，進而繪成長條圖，如圖 4-8 所示。於圖 4-8 中，將器差平均值變化率分成 22 個區間，包括：小於-20%、-20%～-18%、-18%～-16%、-16%～-14%、-14%～-12%、-12%～-10%、-10%～-8%、-8%～-6%、-6%～-4%、-4%～-2%、-2%～0%、0%～2%、2%～4%、4%～6%、6%～8%、8%～10%、10%～12%、12%～14%、14%～16%、16%～18%、18%～20%、以及大於 20%；其中器差平均值變化率超過 20%範圍者共有 16 只水量計，低於-20%範圍者共有 25 只水量計，除了超出±100%範圍都集中在第 B 只、第 C 只、第 L 只及第 P 只水量計外，大部份水量計的器差平均值變化率以座落在-2%～2%區間為最多，共有 44 組，剩下的器差平均值變化率則零星地分佈其它區間。至於器差平均值變化率為正值者合計有 61 只水量計，為負值者合計 59 有只水量計，二者數量相當，並無明顯的差別性。

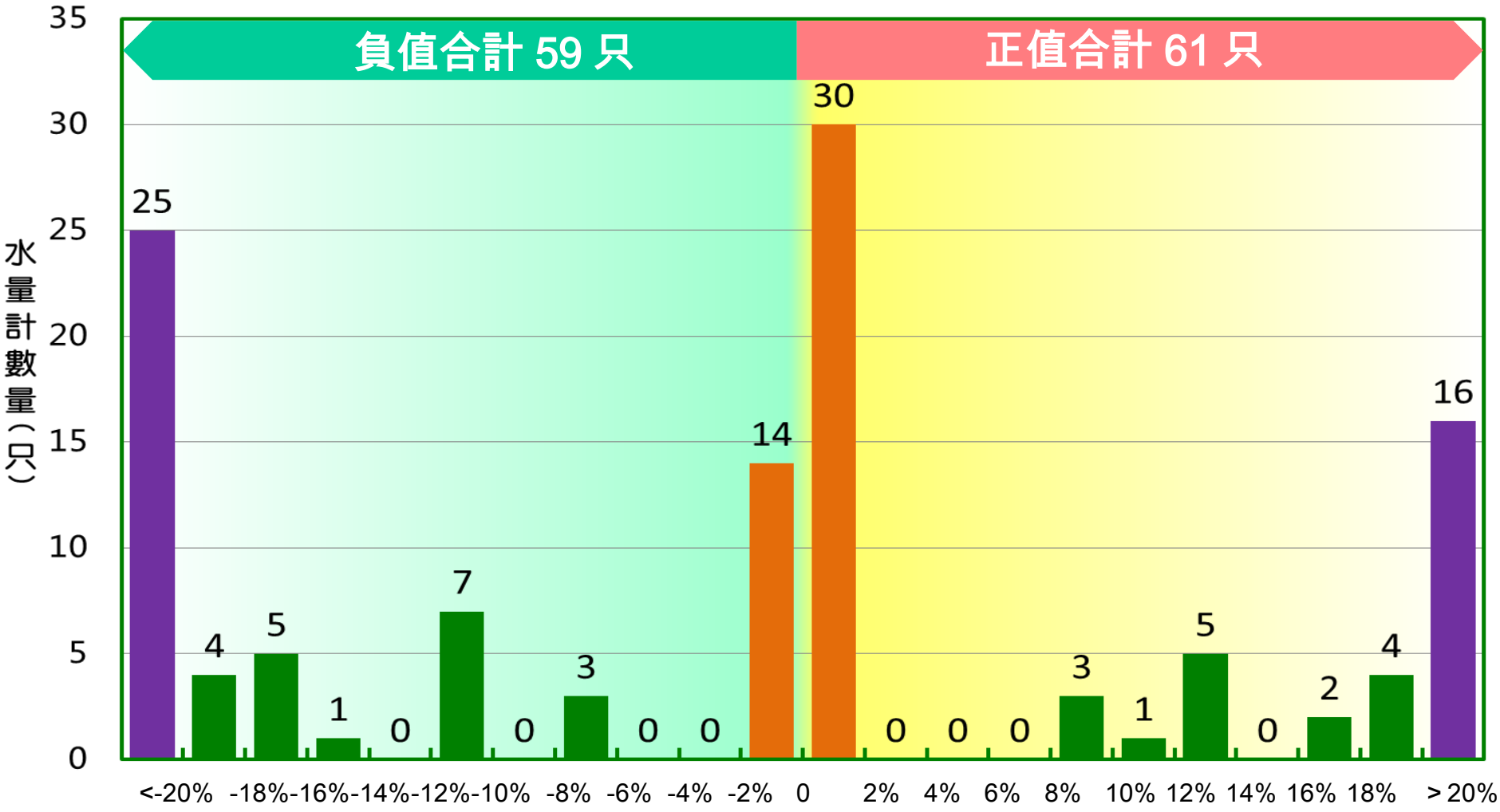

圖 4-8 在小流情況下器差平均值變化率與水量計數量之分佈圖

伍、結論與探討

根據上一節的試驗結果，分別依大流及小流情況，進一步分析所得到的結論與其原因，可歸結成以下幾點：

一、在大流情況時上游端串聯數量對計量準確性的影響：

（一） 從圖 4-1 發現，對大部份的水量計而言，當上游端的水量計數量越多時，其器差檢驗結果有逐漸擴大的趨勢，不過其器差仍維持在法定公差(±2%)範圍以內；而標準差則無太大的變化，意味著重複性試驗均呈現類似的結果。另外，有不少水量計當其上游端一旦串聯水量計時，其器差將比無上游端水量計串聯時之器差來的擴增許多。

（二） 為了避免水量計本身的原始器差值影響分析判斷，因此將各只水量計檢驗所得的器差平均值扣除未裝置有上游端水量計之器差平均值後所獲得之殘值，繪成圖 4-2 做進一步分析。從圖 4-2 中發現，隨著上游端水量計串聯數量增多，其器差平均值之殘值差距會呈現線性的擴大，而線性斜率依各只水量計而有所差異，同時殘值幾乎皆為負值。

（三） 本研究係選擇速度型多噴嘴式水量計，主要係藉由水流沿著切線方向流入葉輪盒，形成旋流，大力衝擊葉輪旋轉產生轉矩，然後葉輪的轉動經齒輪組減速後帶動計數器，在刻度盤

上累計葉輪旋轉的圈數，進而可以推算出流過水量計的總水量。「水量計型式認證技術規範」第 A.6.6.節規定「影響器差影響器差檢查的主要因素……檢驗台上壓力、流量與溫度的變化，及精密量測這些物理量的一些不確定性是影響器差檢驗結果的最主要因素。」所以在器差試驗過程中，若壓力、流速或者外在環境遭受到干擾時，將會影響計量結果。因此在大流情況時，水流的速度較大，相對地推動葉輪旋轉的轉速也比較快，而水流通過水量計所損耗之能量即為提供水流推動水量計葉輪轉動所需之動能，依照動能與速度平方呈正比之關係，當葉輪轉速越快時，水流所損耗的動能就越多，因此傳送至下一只水量計時的流速將因此減緩，進而降低推動葉輪旋轉之轉速，連帶使得齒輪組及計數器運轉減慢，所以對檢定計量上會造成若干的負器差，即水量計的器示值會小於實際的收集量；而隨著水量計串聯數量的增多，所損耗的能量也會隨著線性增多，因此會使下游端水量計的檢定計量越來越失準，即器差值會隨之擴大，並且器差值與上游端水量計串聯數量是呈現線性關係，這就是圖 4-2 所觀察到隨著上游端水量計串聯數量增多，其器差平均值之殘值差距會呈線性擴大的主因。

（四） 觀察圖 4-6 所示的器差平均值變化率與上游端水量計串聯數量的關係圖，其中器差平均值變化率超過 20%以上者共有 9 只水量計，皆出現在裝置有上游端水量計 1 只與未裝置有上游端水量計之間所測得，呼應圖 4-1 所發現到有一些水量計當其上游端一旦有水量計串聯時，其器差將比無上游端水量計串聯時之器差來的擴增許多之異常現象。針對無上游端水量計串聯的水量計而言，由於流進來的水流係經過適當長度的管線，所以呈現穩流型態，對檢定計量上不會形成太大的誤差；一旦上游端有水量計串聯時，穩流經過水量計帶動葉輪的擾動後，勢必會造成紊流或亂流的產生，若沒有經過適當長度的管線讓紊流或亂流逐漸恢復成穩流，而直接流入下一只水量計時，紊流或亂流因無法形成規律的旋流，自然就影響旋流推動葉輪旋轉次數，連帶影響計量的準確性；且該紊流或亂流也有可能會使葉輪轉速增快或減慢，因而產生器差的變化。改由觀察表 4-4，大部份的水量計其上游端一旦裝置水量計串聯時,其器差平均值變化率將會異常增大許多，且以正值的器差平均值變化率為居多，即意味器差平均值將會因裝置有上游端水量計而擴大，這代表上游端水量計除了會造成能量減損外，其所產生的紊流或亂流也會使下游端水

量計葉輪轉速增快或減慢，在能量減損及紊流或亂流造成葉輪轉速減慢二者雙重效應影響之下，就有可能使負器差倍增，進而產生超過20%以上的器差平均值變化率。從表4-4發現，在上游端水量計數量為1時的器差平均變化率以正值為最多，可說明在大流情況下，大部份紊流或亂流會比穩流更容易造成下游端的水量計葉輪轉速減慢。

（五） 於圖4-6中，發現器差平均值變化率大多落在-6%至10%之間，其中又以 0～6%區間為最多，而且器差平均值變化率為正值的數量遠遠大於器差平均值變化率為負值。這意味著隨著水量計串聯數量的增加，其負器差擴大的比率大概為 0～6%，依上述推論，可推斷上游端水量計所造成的能量減損及紊流或亂流導致葉輪轉速減慢二者雙重效應對下游端水量計是固定的，因此才會形成隨著上游端水量計串聯數量增多時（排除上游端水量計串聯數量為零時，即未裝置有水量計串聯之情況），其器差結果會隨之線性擴大。在本研究中，即使流速會因上游端水量計的影響而有所減緩，不過大流的流速仍須保持在2.25至2.5m^3/h規定範圍內；而且每只水量計串聯的管線長度皆是相同，上游端水量計所造成的紊流或亂流逐漸恢復成穩流之時機也會大致相同，理論上二者效應對下游端

水量計的影響應該會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈線性增加，但由於每只水量計所產生的能量損耗及紊流或亂流現象或多或少還是會有所差異，因此才使得器差平均值變化率會在0～6%之間做一區間變化,但並不影響線性的趨勢，且器差維持在法定公差範圍內。至於有部份會產生負值的器差平均值變化率，意味著器差平均值將會隨著上游端水量計串聯數量的增加而縮少，有可能係不穩定的紊流或亂流使葉輪導致轉速增快,進而抵減能量損耗所造成的器差擴大所致，不過數量並不多。

二、 在小流情況時上游端串聯數量對計量準確性的影響：

（一） 從圖 4-3 可以發現，在小流情況下，隨著上游端水量計串聯數量的增加，下游端水量計其器差平均值没有太大的變化趨勢，也無規則性可言，而器差可維持在法定公差(±2%)以內；標準差則落在 0 %至 0.11%區間，並無太大的差異性。

（二） 若觀察圖 4-4 之殘值變化情形，隨著上游端水量計串聯數量增多，其器差平均值之殘值亦無明顯規則性的變化；不過圖中的大部份殘值為負值或者為零，這代表當上游端裝置有水量計時，除了一部份没有影響外，大部份會使器差平均值下

降，只是降低的程度與上游端水量計串聯數量的多寡並無絕對的關係。

（三） 正如前述，速度型多噴嘴式水量計係利用水流沿切線方向流入葉輪盒，藉由旋流使葉輪轉動再傳動至齒輪組帶動計數器，進而累計流過水量計的總水量。傳動過程中除了須靠穩定水流、穩定流速、及穩定外在環境來支撐或帶動整個測量裝置，若有某項因素遭受到干擾時，勢必會影響計量結果。在小流情況時，水流的速度（0.2～0.22m^3/h）遠小於大流流速（2.25～2.5m^3/h）相對地推動葉輪旋轉的轉速也較慢，因此水流通過水量計所損耗之能量（即為提供水流推動水量計葉輪轉動所需之動能）就比大流來的少許多，對檢定計量所造成的負器差就不似大流情況那麼明顯。不過從圖 4-4 之殘值大部份為負值或者為零，這代表當上游端裝置有水量計串聯時，能量的減損的確會造成器差平均值下降而產生負器差，只是降低的程度與上游端水量計串聯數量的多寡並無線性的關係，代表可能還有其它不確定因素所導致，例如紊流或亂流的干擾等。

（四） 觀察圖 4-8 所示的器差平均值變化率與上游端水量計串聯數量的關係圖，其中器差平均值變化率超過 20%範圍者共有 16

只水量計，低於-20%範圍者共有 25 只水量計，甚至有超出±100%範圍，其它水量計的器差平均值變化率座落在-2%～2%區間為最多，共有 44 組。至於器差平均值變化率為正值者合計有 61 只水量計，為負值者合計 59 有只水量計，二者數量上並無明顯差異性。從圖 4-8 可以發現，器差平均值變化率的分佈呈現兩極化，不是在-2%～2%區間，要不然就是超出±20%範圍為居多，造成這種的現象有可能是紊流或亂流所導致。當上游端有水量計串聯時，穩流經過水量計帶動葉輪後，將會造成紊流或亂流的產生，若没有經過適當長度的管線讓紊流或亂流逐漸恢復成穩流，而直接流入下一只水量計時，紊流或亂流有可能會使葉輪轉速增快或減慢，進而產生器差的變化，連帶影響計量的準確性。由於小流的流速較慢，因此產生紊流或亂流的情況未如大流來的嚴重，在相同長度的管線下，恢復成穩流的機會比大流來的高，自然對器差的影響就大為降低；但是一旦紊流或亂流因某種因素未能即使恢復成穩流，勢必會降低計量的準確性。由於小流所產生的器差值通常比大流相對來的小，依器差平均值變化率的定義，分母為在前上游端水量計串聯數量時的器差值，當分母越小時，紊流或亂流效應所導致器差的變化率將會被放大，所以

器差平均值變化率才會有超出±20%範圍，甚至超出±100%範圍的情形發生。

（五） 綜合上述，上游端水量計所造成的能量損失，對下游端水量計的影響不若大流來的明顯。但上游端水量計所形成的紊流或亂流現象，對下游端水量計的器差結果就有決定性的影響，若紊流或亂流在進入下一只水量計前就能恢復成穩流，即使有些微的能量損失，對器差的影響將是有限，因此器差平均值變化率會落在-2%～2%區間；但若因為水量計本身因素或者其它外在因素的影響，導致紊流或亂流未能即時恢復成穩流，將有可能使葉輪轉速增快或減慢，進而影響計量的準確性，其影響層面遠比能量損失來的明顯，也因此造成器差平均值變化率有超出±20%範圍，甚至超出±100%範圍的情況。至於圖 4-8 中，統計器差平均值變化率為正值者有 61 只水量計，為負值者有 59 只水量計，二者數量上並無明顯差別性，這代表紊流或亂流造成葉輪轉速增快或減慢的情形皆有可能發生，才會使得器差值變大或變小，導致器差平均值變化率有正負值之分。

三、速度型水量計之上游端串聯數量對計量準確性的整體評估：

在「水量計型式認證技術規範」第A.6.3.4節規定「安裝特定型式水量計的注意事項……A.6.3.4.5 速度型水量計：一些對水流擾動敏感的速度型水量計，水流擾動會引起嚴重誤差。但是安裝條件影響準確性的機制尚未被清楚地界定出，建議儘可能不要讓彎管、泵、推拔塊及管路直徑變更，並安裝在緊鄰水量計之上游側及將水量計安裝在可提供最長上游及下游的直管段上。」這正說明速度型水量計很容易受到水流擾動干擾而引起嚴重誤差，因此當水量計採用串聯方式進行檢驗時，其上、下游端的水量計須保持最長或適當長度的直線管以減緩紊流或亂流生成，避免對器差造成的負面影響。

綜合上述的分析，上游端水量計對下游端水量計的影響主要有二：包括能量的損失及紊流或亂流的生成。其中，能量的損失會減緩水流流速，進而降低葉輪轉動的速率，造成水量計的器示值會小於實際收集量，因而產生負器差；而紊流或亂流若沒有適當的管線長度使其逐漸恢復成穩流，而直接流入下一只水量計時，將無法形成規律的旋流，而使得葉輪轉速突然增快或減慢，連帶影響檢定計量的準確性。

對大流情況而言，其流速相對較大，依動能與速度平方成正比關係推論，由於水量計所損失的能量係轉為推動葉輪轉動的動能，因此

能量損失將比小流情況來的大，而且會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈現累計的線性增加。而未裝置上游端水量計與上游端有裝置水量計時的器差有明顯的擴增差異，則證實上游端水量計所形成紊流或亂流效應的確會對下游端水量計的器差產生一定的影響，而且是以造成負器差的情況居多。但紊流或亂流所造成的器差損失是有一定限度，因此隨著上游端水量計串聯數量的增多，其器差並不會無限的擴增。而且，在大流情況下，能量損失對計量準確性的線性影響遠比紊流或亂流來的明顯，因此才會有如圖 4-2 所示，即使受到紊流或亂流的不確定性干擾，計量誤差仍會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈現線性擴增之現象。

反觀在小流情況下，其流速遠小於大流流速，因此上游端水量計所造成的能量損失將會減少許多，這意味著紊流或亂流效應對檢定計量的影響相對來說就更為明顯。由於能量損失使下游端水量計的器差損失會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈線性變化，至於紊流或亂流效應則會使下游端水量計的器差產生不確定性之變化。正因為在小流情況下，上游端水量計所造成的能量損失將會比紊流或亂流效應對檢定計量的影響相對來的小，因此將未如大流情況般其殘值會隨著上游端水量計串聯數量變化而呈線性關係，反而隨著上游端水量計串聯數量增多，其下游端水量計的器差則没有規律的變化可言；同時，

也未如大流情況般裝置有上游端水量計與未裝置有上游端水量計之器差檢驗結果有明顯擴大差距的現象。

簡言之，上游端水量計所造成的能量損失，在大流情況下對檢定計量的準確性影響較為嚴重，且器差值會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈線性擴大；對小流情況而言，上游端水量計所形成的紊流或亂流效應，對檢定計量的準確性影響比能量損失更為明顯，由於紊流或亂流效應會造成不確定性的干擾，因此器差值會隨著上游端水量計串聯數量的增加而呈現無規則的變化。不管是能量的損失，亦或是紊流或亂流的生成，其對器差的負面影響皆還在可接受的範圍內，意即器差仍在法定公差內。

陸、建議事項

（一）針對速度型水量計而言，當檢定過程中水量計採用串聯方式進行檢驗，其上游端水量計串聯數量的多寡對計量器差準確性的確有影響，對大流情況而言，其器差會呈現線性擴大；對小流情況而言，其器差會產生不規則的變化，不過器差仍在法定公差(±2%)以內。但是針對糾紛鑑定的水量計而言，就不適合利用串聯方式進行檢定計量，以避免上游端水量計所造成能量的損失及紊流或亂流的生成影響計量結果，衍生不必要的爭議。

（二）由於上游端水量計所形成的紊流或亂流，需流經一定的距離後方能恢復成穩流狀態，如此才能減少對下游端水量計其器差的影響。相關技術規範中提及串聯時水量計間須保有適當長度的直管，卻没有明確定義何謂適當長度，僅在壓力損失試驗中有定義上游及下游管段的直線長度須大於 15 倍的水量計內徑。惟該定義是否適用於器差試驗？亦或大流情況與小流情況是否皆適用？針對此一問題可再進一步分析探討。

柒、參考文獻

1. OIML R 49-1, ”Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water－Part 1: Metrological and technical requirements Compteurs”, 2006.
2. “水表基礎知識講座”，百度文庫，http://wenku.baidu.com/view/cdb8081bb7360b4c2e3f6457.html。
3. “乾式水表與濕式水表區別”，買購網，http://zhishi.maigoo.com/48242.html
4. “熱工儀錶－流量測量儀表”，百度貼吧，http://tieba.baidu.com/p/742838095
5. “水表知識”， http://z.xuanzhou.gov.cn/.../水表知识_1455132031250.doc
6. 王炳鑫，”認識自來水水表”，深溝水源生態園區，http://sgwep.water.gov.tw/03download.asp
7. 經濟部標準檢驗局，“度量衡法”，98 年 01 月 21 日修正。
8. 經濟部標準檢驗局，”度量衡器型式認證管理辦法”，103 年 08 月 08 日修正。
9. 經濟部標準檢驗局，“水量計檢定檢查技術規範 CNMV 49”，第

三版，97 年 06 月 25 日公告。

10. 經濟部標準檢驗局，“水量計型式認證技術規範 CNPA 49”，第二版，94 年 12 月 08 日公告。

11. 經濟部標準檢驗局，“CNS 14866-1 密閉導管內水流量之量測－冷飲水用水量計－第 1 部：規範”，93 年 10 月 20 日公布。

12. 經濟部標準檢驗局，“CNS 14866-2 密閉導管內水流量之量測－冷飲水用水量計－第 2 部：安裝規定與選用”，93 年 10 月 20 日公布。

13. 經濟部標準檢驗局，“CNS 14866-3 密閉導管內水流量之量測－冷飲水用水量計－第 3 部：試驗法與設備”，93 年 10 月 20 日公布。

14. 經濟部標準檢驗局，“CNS 14866-1 完全充滿的密閉導管內水流量之量測－冷飲水及熱水用水量計－第 1 部：規範”，101 年 02 月 14 日修訂公布。

15. 經濟部標準檢驗局，“CNS 14866-2 完全充滿的密閉導管內水流量之量測－冷飲水及熱水用水量計－第 2 部：安裝要求”，101 年 02 月 14 日修訂公布。

16. 經濟部標準檢驗局，“CNS 14866-3 完全充滿的密閉導管內水流量之量測－冷飲水及熱水用水量計－第 3 部：試驗法與裝備"，101 年 02 月 14 日修訂公布。

17. 楊永名，”水量計在不同檢定測試位置對計量影響之分析”，104 年 05 月，標準與檢驗第 189 期。

捌、附錄

第 16 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 A 只	1	2595.6	2893.5	297.9	300.4	-0.83%	3520.0	3570.6	50.6	50.6	0.00%
	2	2893.5	3191.4	297.9	300.5	-0.87%	3570.6	3621.1	50.5	50.6	-0.20%
	3	3191.4	3489.2	297.8	300.5	-0.90%	3621.1	3671.6	50.5	50.6	-0.20%
第 B 只	1	2578.2	2876.0	297.8	300.4	-0.87%	3502.2	3552.8	50.6	50.6	0.00%
	2	2876.0	3173.9	297.9	300.5	-0.87%	3552.8	3603.3	50.5	50.6	-0.20%
	3	3173.9	3471.7	297.8	300.5	-0.90%	3603.3	3653.8	50.5	50.6	-0.20%
第 C 只	1	2422.9	2721.0	298.1	300.4	-0.77%	3348.1	3398.7	50.6	50.6	0.00%
	2	2721.0	3019.2	298.2	300.5	-0.77%	3398.7	3449.3	50.6	50.6	0.00%
	3	3019.2	3317.3	298.1	300.5	-0.80%	3449.3	3499.9	50.6	50.6	0.00%
第 D 只	1	2585.0	2883.2	298.2	300.4	-0.73%	3510.7	3561.6	50.9	50.6	0.59%
	2	2883.2	3181.5	298.3	300.5	-0.73%	3561.6	3612.4	50.8	50.6	0.40%
	3	3181.5	3479.8	298.3	300.5	-0.73%	3612.4	3663.2	50.8	50.6	0.40%
第 E 只	1	2574.7	2872.5	297.8	300.4	-0.87%	3498.9	3549.6	50.7	50.6	0.20%
	2	2872.5	3170.3	297.8	300.5	-0.90%	3549.6	3600.2	50.6	50.6	0.00%
	3	3170.3	3468.1	297.8	300.5	-0.90%	3600.2	3650.9	50.7	50.6	0.20%
第 F 只	1	2333.2	2631.0	297.8	300.4	-0.87%	3257.6	3308.3	50.7	50.6	0.20%
	2	2631.0	2928.9	297.9	300.5	-0.87%	3308.3	3359.0	50.7	50.6	0.20%
	3	2928.9	3226.8	297.9	300.5	-0.87%	3359.0	3409.7	50.7	50.6	0.20%
第 G 只	1	2594.4	2892.5	298.1	300.4	-0.77%	3519.8	3570.6	50.8	50.6	0.40%
	2	2892.5	3190.7	298.2	300.5	-0.77%	3570.6	3621.5	50.9	50.6	0.59%
	3	3190.7	3488.8	298.1	300.5	-0.80%	3621.5	3672.4	50.9	50.6	0.59%
第 H 只	1	2580.0	2878.5	298.5	300.4	-0.63%	3506.7	3557.6	50.9	50.6	0.59%
	2	2878.5	3177.1	298.6	300.5	-0.63%	3557.6	3608.5	50.9	50.6	0.59%
	3	3177.1	3475.7	298.6	300.5	-0.63%	3608.5	3659.4	50.9	50.6	0.59%
第 I 只	1	2508.2	2806.0	297.8	300.4	-0.87%	3432.4	3483.1	50.7	50.6	0.20%
	2	2806.0	3103.6	297.6	300.5	-0.97%	3483.1	3533.8	50.7	50.6	0.20%
	3	3103.6	3401.5	297.9	300.5	-0.87%	3533.8	3584.5	50.7	50.6	0.20%
第 J 只	1	2512.6	2811.0	298.4	300.4	-0.67%	3438.8	3489.6	50.8	50.6	0.40%
	2	2811.0	3109.4	298.4	300.5	-0.70%	3489.6	3540.3	50.7	50.6	0.20%
	3	3109.4	3407.9	298.5	300.5	-0.67%	3540.3	3591.1	50.8	50.6	0.40%
第 K 只	1	2512.2	2810.7	298.5	300.4	-0.63%	3438.9	3489.6	50.7	50.6	0.20%
	2	2810.7	3109.4	298.7	300.5	-0.60%	3489.6	3540.4	50.8	50.6	0.40%
	3	3109.4	3408.0	298.6	300.5	-0.63%	3540.4	3591.1	50.7	50.6	0.20%

第 L 只	1	2265.2	2563.5	298.3	300.4	-0.70%	3190.8	3241.4	50.6	50.6	0.00%
	2	2563.5	2861.8	298.3	300.5	-0.73%	3241.4	3292.0	50.6	50.6	0.00%
	3	2861.8	3160.0	298.2	300.5	-0.77%	3292.0	3342.5	50.5	50.6	-0.20%
第 M 只	1	2098.2	2396.0	297.8	300.4	-0.87%	3022.6	3073.6	51.0	50.6	0.79%
	2	2396.0	2693.8	297.8	300.5	-0.90%	3073.6	3124.6	51.0	50.6	0.79%
	3	2693.8	2991.6	297.8	300.5	-0.90%	3124.6	3175.6	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	2546.8	2844.5	297.7	300.4	-0.90%	3470.9	3521.7	50.8	50.6	0.40%
	2	2844.5	3142.3	297.8	300.5	-0.90%	3521.7	3572.5	50.8	50.6	0.40%
	3	3142.3	3440.0	297.7	300.5	-0.93%	3572.5	3623.3	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	2500.3	2798.6	298.3	300.4	-0.70%	3426.4	3477.3	50.9	50.6	0.59%
	2	2798.6	3097.1	298.5	300.5	-0.67%	3477.3	3528.1	50.8	50.6	0.40%
	3	3097.1	3395.5	298.4	300.5	-0.70%	3528.1	3579.0	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	2505.5	2803.8	298.3	300.4	-0.70%	3431.4	3482.0	50.6	50.6	0.00%
	2	2803.8	3102.1	298.3	300.5	-0.73%	3482.0	3532.7	50.7	50.6	0.20%
	3	3102.1	3400.5	298.4	300.5	-0.70%	3532.7	3583.4	50.7	50.6	0.20%

第 15 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 B 只	1	3747.7	4045.6	297.9	300.5	-0.87%	4649.0	4699.6	50.6	50.6	0.00%
	2	4045.6	4343.4	297.8	300.4	-0.87%	4699.6	4750.2	50.6	50.6	0.00%
	3	4343.4	4641.4	298.0	300.5	-0.83%	4750.2	4800.8	50.6	50.7	-0.20%
第 C 只	1	3593.8	3892.2	298.4	300.5	-0.70%	4496.8	4547.4	50.6	50.6	0.00%
	2	3892.2	4190.6	298.4	300.4	-0.67%	4547.4	4598.0	50.6	50.6	0.00%
	3	4190.6	4489.1	298.5	300.5	-0.67%	4598.0	4648.6	50.6	50.7	-0.20%
第 D 只	1	3757.3	4055.8	298.5	300.5	-0.67%	4660.5	4711.3	50.8	50.6	0.40%
	2	4055.8	4354.2	298.4	300.4	-0.67%	4711.3	4762.1	50.8	50.6	0.40%
	3	4354.2	4652.8	298.6	300.5	-0.63%	4762.1	4813.0	50.9	50.7	0.39%
第 E 只	1	3744.7	4042.4	297.7	300.5	-0.93%	4645.9	4696.6	50.7	50.6	0.20%
	2	4042.4	4340.3	297.9	300.4	-0.83%	4696.6	4747.3	50.7	50.6	0.20%
	3	4340.3	4638.2	297.9	300.5	-0.87%	4747.3	4798.0	50.7	50.7	0.00%
第 F 只	1	3503.5	3801.4	297.9	300.5	-0.87%	4404.9	4455.6	50.7	50.6	0.20%
	2	3801.4	4099.3	297.9	300.4	-0.83%	4455.6	4506.4	50.8	50.6	0.40%
	3	4099.3	4397.2	297.9	300.5	-0.87%	4506.4	4557.1	50.7	50.7	0.00%
第 G 只	1	3766.5	4065.0	298.5	300.5	-0.67%	4669.7	4720.6	50.9	50.6	0.59%
	2	4065.0	4363.2	298.2	300.4	-0.73%	4720.6	4771.5	50.9	50.6	0.59%
	3	4363.2	4661.5	298.3	300.5	-0.73%	4771.5	4822.4	50.9	50.7	0.39%

第 H 只	1	3753.3	4052.0	298.7	300.5	-0.60%	4657.1	4708.0	50.9	50.6	0.59%
	2	4052.0	4350.6	298.6	300.4	-0.60%	4708.0	4758.9	50.9	50.6	0.59%
	3	4350.6	4649.4	298.8	300.5	-0.57%	4758.9	4809.8	50.9	50.7	0.39%
第 I 只	1	3676.5	3974.4	297.9	300.5	-0.87%	4577.7	4628.4	50.7	50.6	0.20%
	2	3974.4	4272.2	297.8	300.4	-0.87%	4628.4	4679.2	50.8	50.6	0.40%
	3	4272.2	4570.0	297.8	300.5	-0.90%	4679.2	4730.0	50.8	50.7	0.20%
第 J 只	1	3683.4	3982.0	298.6	300.5	-0.63%	4586.7	4637.5	50.8	50.6	0.40%
	2	3982.0	4280.4	298.4	300.4	-0.67%	4637.5	4688.3	50.8	50.6	0.40%
	3	4280.4	4579.0	298.6	300.5	-0.63%	4688.3	4739.1	50.8	50.7	0.20%
第 K 只	1	3683.5	3982.3	298.8	300.5	-0.57%	4587.3	4638.0	50.7	50.6	0.20%
	2	3982.3	4280.9	298.6	300.4	-0.60%	4638.0	4688.7	50.7	50.6	0.20%
	3	4280.9	4579.6	298.7	300.5	-0.60%	4688.7	4739.5	50.8	50.7	0.20%
第 L 只	1	3434.9	3733.4	298.5	300.5	-0.67%	4337.8	4388.3	50.5	50.6	-0.20%
	2	3733.4	4031.7	298.3	300.4	-0.70%	4388.3	4438.9	50.6	50.6	0.00%
	3	4031.7	4330.1	298.4	300.5	-0.70%	4438.9	4489.6	50.7	50.7	0.00%
第 M 只	1	3268.0	3566.0	298.0	300.5	-0.83%	4169.5	4220.5	51.0	50.6	0.79%
	2	3566.0	3863.8	297.8	300.4	-0.87%	4220.5	4271.5	51.0	50.6	0.79%
	3	3863.8	4161.8	298.0	300.5	-0.83%	4271.5	4322.6	51.1	50.7	0.79%
第 N 只	1	3716.0	4013.8	297.8	300.5	-0.90%	4617.2	4668.0	50.8	50.6	0.40%
	2	4013.8	4311.6	297.8	300.4	-0.87%	4668.0	4718.8	50.8	50.6	0.40%
	3	4311.6	4609.4	297.8	300.5	-0.90%	4718.8	4769.6	50.8	50.7	0.20%
第 O 只	1	3672.1	3970.6	298.5	300.5	-0.67%	4575.5	4626.4	50.9	50.6	0.59%
	2	3970.6	4269.2	298.6	300.4	-0.60%	4626.4	4677.3	50.9	50.6	0.59%
	3	4269.2	4567.8	298.6	300.5	-0.63%	4677.3	4728.2	50.9	50.7	0.39%
第 P 只	1	3676.6	3975.1	298.5	300.5	-0.67%	4579.9	4630.5	50.6	50.6	0.00%
	2	3975.1	4273.6	298.5	300.4	-0.63%	4630.5	4681.2	50.7	50.6	0.20%
	3	4273.6	4572.1	298.5	300.5	-0.67%	4681.2	4731.9	50.7	50.7	0.00%

第 14 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 C 只	1	4730.8	5029.4	298.6	300.5	-0.63%	5632.2	5682.8	50.6	50.6	0.00%
	2	5029.4	5327.9	298.5	300.5	-0.67%	5682.8	5733.4	50.6	50.7	-0.20%
	3	5327.9	5626.8	298.9	300.5	-0.53%	5733.4	5784.0	50.6	50.6	0.00%
第 D 只	1	4895.3	5193.9	298.6	300.5	-0.63%	5798.7	5849.5	50.8	50.6	0.40%
	2	5193.9	5492.6	298.7	300.5	-0.60%	5849.5	5900.4	50.9	50.7	0.39%
	3	5492.6	5791.2	298.6	300.5	-0.63%	5900.4	5951.3	50.9	50.6	0.59%

第 E 只	1	4879.3	5177.5	298.2	300.5	-0.77%	5782.7	5833.4	50.7	50.6	0.20%
	2	5177.5	5475.7	298.2	300.5	-0.77%	5833.4	5884.2	50.8	50.7	0.20%
	3	5475.7	5773.6	297.9	300.5	-0.87%	5884.2	5934.9	50.7	50.6	0.20%
第 F 只	1	4639.1	4937.0	297.9	300.5	-0.87%	5540.3	5591.0	50.7	50.6	0.20%
	2	4937.0	5235.0	298.0	300.5	-0.83%	5591.0	5641.8	50.8	50.7	0.20%
	3	5235.0	5532.8	297.8	300.5	-0.90%	5641.8	5692.6	50.8	50.6	0.40%
第 G 只	1	4904.6	5203.1	298.5	300.5	-0.67%	5807.8	5858.7	50.9	50.6	0.59%
	2	5203.1	5501.7	298.6	300.5	-0.63%	5858.7	5909.7	51.0	50.7	0.59%
	3	5501.7	5800.3	298.6	300.5	-0.63%	5909.7	5960.6	50.9	50.6	0.59%
第 H 只	1	4891.7	5190.5	298.8	300.5	-0.57%	5795.7	5846.6	50.9	50.6	0.59%
	2	5190.5	5489.4	298.9	300.5	-0.53%	5846.6	5897.5	50.9	50.7	0.39%
	3	5489.4	5788.2	298.8	300.5	-0.57%	5897.5	5948.5	51.0	50.6	0.79%
第 I 只	1	4810.9	5108.7	297.8	300.5	-0.90%	5711.7	5762.4	50.7	50.6	0.20%
	2	5108.7	5406.4	297.7	300.5	-0.93%	5762.4	5813.2	50.8	50.7	0.20%
	3	5406.4	5704.2	297.8	300.5	-0.90%	5813.2	5864.0	50.8	50.6	0.40%
第 J 只	1	4820.4	5119.1	298.7	300.5	-0.60%	5723.9	5774.6	50.7	50.6	0.20%
	2	5119.1	5417.7	298.6	300.5	-0.63%	5774.6	5825.5	50.9	50.7	0.39%
	3	5417.7	5716.4	298.7	300.5	-0.60%	5825.5	5876.2	50.7	50.6	0.20%
第 K 只	1	4820.8	5119.6	298.8	300.5	-0.57%	5724.6	5775.4	50.8	50.6	0.40%
	2	5119.6	5418.4	298.8	300.5	-0.57%	5775.4	5826.2	50.8	50.7	0.20%
	3	5418.4	5717.1	298.7	300.5	-0.60%	5826.2	5876.9	50.7	50.6	0.20%
第 L 只	1	4570.9	4869.5	298.6	300.5	-0.63%	5473.9	5524.5	50.6	50.6	0.00%
	2	4869.5	5168.0	298.5	300.5	-0.67%	5524.5	5575.1	50.6	50.7	-0.20%
	3	5168.0	5466.4	298.4	300.5	-0.70%	5575.1	5625.7	50.6	50.6	0.00%
第 M 只	1	4403.8	4701.9	298.1	300.5	-0.80%	5305.6	5356.6	51.0	50.6	0.79%
	2	4701.9	5000.0	298.1	300.5	-0.80%	5356.6	5407.7	51.1	50.7	0.79%
	3	5000.0	5298.1	298.1	300.5	-0.80%	5407.7	5458.7	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	4850.9	5148.9	298.0	300.5	-0.83%	5752.3	5803.1	50.8	50.6	0.40%
	2	5148.9	5446.9	298.0	300.5	-0.83%	5803.1	5853.9	50.8	50.7	0.20%
	3	5446.9	5744.8	297.9	300.5	-0.87%	5853.9	5904.7	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	4809.8	5108.6	298.8	300.5	-0.57%	5713.5	5764.4	50.9	50.6	0.59%
	2	5108.6	5407.3	298.7	300.5	-0.60%	5764.4	5815.4	51.0	50.7	0.59%
	3	5407.3	5706.0	298.7	300.5	-0.60%	5815.4	5866.3	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	4813.6	5112.3	298.7	300.5	-0.60%	5717.2	5767.9	50.7	50.6	0.20%
	2	5112.3	5411.0	298.7	300.5	-0.60%	5767.9	5818.6	50.7	50.7	0.00%
	3	5411.0	5709.7	298.7	300.5	-0.60%	5818.6	5869.3	50.7	50.6	0.20%

第 13 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 D 只	1	6064.9	6363.5	298.6	300.5	-0.63%	6967.0	7018.0	51.0	50.6	0.79%
	2	6363.5	6662.1	298.6	300.5	-0.63%	7018.0	7069.0	51.0	50.6	0.79%
	3	6662.1	6960.5	298.4	300.5	-0.70%	7069.0	7119.9	50.9	50.6	0.59%
第 E 只	1	6048.5	6346.9	298.4	300.5	-0.70%	6950.6	7001.3	50.7	50.6	0.20%
	2	6346.9	6645.2	298.3	300.5	-0.73%	7001.3	7052.0	50.7	50.6	0.20%
	3	6645.2	6943.5	298.3	300.5	-0.73%	7052.0	7102.7	50.7	50.6	0.20%
第 F 只	1	5805.9	6103.8	297.9	300.5	-0.87%	6706.8	6757.5	50.7	50.6	0.20%
	2	6103.8	6401.7	297.9	300.5	-0.87%	6757.5	6808.3	50.8	50.6	0.40%
	3	6401.7	6699.6	297.9	300.5	-0.87%	6808.3	6859.0	50.7	50.6	0.20%
第 G 只	1	6074.2	6372.9	298.7	300.5	-0.60%	6977.7	7028.5	50.8	50.6	0.40%
	2	6372.9	6671.7	298.8	300.5	-0.57%	7028.5	7079.5	51.0	50.6	0.79%
	3	6671.7	6970.5	298.8	300.5	-0.57%	7079.5	7130.4	50.9	50.6	0.59%
第 H 只	1	6061.8	6360.7	298.9	300.5	-0.53%	6965.7	7016.6	50.9	50.6	0.59%
	2	6360.7	6659.6	298.9	300.5	-0.53%	7016.6	7067.5	50.9	50.6	0.59%
	3	6659.6	6958.5	298.9	300.5	-0.53%	7067.5	7118.4	50.9	50.6	0.59%
第 I 只	1	5976.3	6274.2	297.9	300.5	-0.87%	6877.2	6928.0	50.8	50.6	0.40%
	2	6274.2	6572.0	297.8	300.5	-0.90%	6928.0	6978.8	50.8	50.6	0.40%
	3	6572.0	6869.8	297.8	300.5	-0.90%	6978.8	7029.5	50.7	50.6	0.20%
第 J 只	1	5989.0	6287.6	298.6	300.5	-0.63%	6892.2	6943.0	50.8	50.6	0.40%
	2	6287.6	6586.3	298.7	300.5	-0.60%	6943.0	6993.8	50.8	50.6	0.40%
	3	6586.3	6885.0	298.7	300.5	-0.60%	6993.8	7044.7	50.9	50.6	0.59%
第 K 只	1	5989.7	6288.5	298.8	300.5	-0.57%	6893.1	6943.8	50.7	50.6	0.20%
	2	6288.5	6587.2	298.7	300.5	-0.60%	6943.8	6994.6	50.8	50.6	0.40%
	3	6587.2	6886.0	298.8	300.5	-0.57%	6994.6	7045.3	50.7	50.6	0.20%
第 L 只	1	5738.4	6036.9	298.5	300.5	-0.67%	6641.0	6691.6	50.6	50.6	0.00%
	2	6036.9	6335.5	298.6	300.5	-0.63%	6691.6	6742.3	50.7	50.6	0.20%
	3	6335.5	6633.9	298.4	300.5	-0.70%	6742.3	6792.9	50.6	50.6	0.00%
第 M 只	1	5571.3	5869.4	298.1	300.5	-0.80%	6473.0	6524.0	51.0	50.6	0.79%
	2	5869.4	6167.6	298.2	300.5	-0.77%	6524.0	6575.0	51.0	50.6	0.79%
	3	6167.6	6465.8	298.2	300.5	-0.77%	6575.0	6626.1	51.1	50.6	0.99%
第 N 只	1	6017.4	6315.3	297.9	300.5	-0.87%	6918.4	6969.2	50.8	50.6	0.40%
	2	6315.3	6613.3	298.0	300.5	-0.83%	6969.2	7020.0	50.8	50.6	0.40%
	3	6613.3	6911.2	297.9	300.5	-0.87%	7020.0	7070.8	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	5979.3	6278.0	298.7	300.5	-0.60%	6882.8	6933.7	50.9	50.6	0.59%
	2	6278.0	6576.9	298.9	300.5	-0.53%	6933.7	6984.6	50.9	50.6	0.59%

	3	6576.9	6875.6	298.7	300.5	-0.60%	6984.6	7035.5	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	5982.4	6281.1	298.7	300.5	-0.60%	6885.7	6936.3	50.6	50.6	0.00%
	2	6281.1	6579.9	298.8	300.5	-0.57%	6936.3	6987.0	50.7	50.6	0.20%
	3	6579.9	6878.5	298.6	300.5	-0.63%	6987.0	7037.6	50.6	50.6	0.00%

第 12 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 E 只	1	7458.7	7757.9	299.2	300.4	-0.40%	8358.9	8409.6	50.7	50.6	0.20%
	2	7757.9	8057.1	299.2	300.4	-0.40%	8409.6	8460.4	50.8	50.6	0.40%
	3	8057.1	8356.3	299.2	300.4	-0.40%	8460.4	8511.1	50.7	50.6	0.20%
第 F 只	1	7213.4	7511.4	298.0	300.4	-0.80%	8109.8	8160.5	50.7	50.6	0.20%
	2	7511.4	7809.2	297.8	300.4	-0.87%	8160.5	8211.2	50.7	50.6	0.20%
	3	7809.2	8107.2	298.0	300.4	-0.80%	8211.2	8262.0	50.8	50.6	0.40%
第 G 只	1	7485.6	7784.4	298.8	300.4	-0.53%	8384.4	8435.3	50.9	50.6	0.59%
	2	7784.4	8083.1	298.7	300.4	-0.57%	8435.3	8486.1	50.8	50.6	0.40%
	3	8083.1	8381.8	298.7	300.4	-0.57%	8486.1	8537.0	50.9	50.6	0.59%
第 H 只	1	7473.0	7771.9	298.9	300.4	-0.50%	8370.8	8421.7	50.9	50.6	0.59%
	2	7771.9	8070.8	298.9	300.4	-0.50%	8421.7	8472.6	50.9	50.6	0.59%
	3	8070.8	8369.5	298.7	300.4	-0.57%	8472.6	8523.5	50.9	50.6	0.59%
第 I 只	1	7380.3	7677.9	297.6	300.4	-0.93%	8275.8	8326.5	50.7	50.6	0.20%
	2	7677.9	7975.5	297.6	300.4	-0.93%	8326.5	8377.2	50.7	50.6	0.20%
	3	7975.5	8273.1	297.6	300.4	-0.93%	8377.2	8428.0	50.8	50.6	0.40%
第 J 只	1	7396.2	7694.9	298.7	300.4	-0.57%	8295.0	8345.8	50.8	50.6	0.40%
	2	7694.9	7993.6	298.7	300.4	-0.57%	8345.8	8396.6	50.8	50.6	0.40%
	3	7993.6	8292.4	298.8	300.4	-0.53%	8396.6	8447.3	50.7	50.6	0.20%
第 K 只	1	7396.7	7695.4	298.7	300.4	-0.57%	8295.3	8346.1	50.8	50.6	0.40%
	2	7695.4	7994.0	298.6	300.4	-0.60%	8346.1	8396.8	50.7	50.6	0.20%
	3	7994.0	8292.7	298.7	300.4	-0.57%	8396.8	8447.5	50.7	50.6	0.20%
第 L 只	1	7144.0	7442.4	298.4	300.4	-0.67%	8041.7	8092.3	50.6	50.6	0.00%
	2	7442.4	7740.7	298.3	300.4	-0.70%	8092.3	8142.9	50.6	50.6	0.00%
	3	7740.7	8039.1	298.4	300.4	-0.67%	8142.9	8193.6	50.7	50.6	0.20%
第 M 只	1	6976.8	7274.9	298.1	300.4	-0.77%	7874.0	7925.0	51.0	50.6	0.79%
	2	7274.9	7573.1	298.2	300.4	-0.73%	7925.0	7976.0	51.0	50.6	0.79%
	3	7573.1	7871.3	298.2	300.4	-0.73%	7976.0	8027.0	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	7421.5	7719.5	298.0	300.4	-0.80%	8317.8	8368.5	50.7	50.6	0.20%
	2	7719.5	8017.3	297.8	300.4	-0.87%	8368.5	8419.3	50.8	50.6	0.40%

	3	8017.3	8315.1	297.8	300.4	-0.87%	8419.3	8470.1	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	7387.6	7686.4	298.8	300.4	-0.53%	8286.5	8337.4	50.9	50.6	0.59%
	2	7686.4	7985.1	298.7	300.4	-0.57%	8337.4	8388.2	50.8	50.6	0.40%
	3	7985.1	8283.9	298.8	300.4	-0.53%	8388.2	8439.1	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	7390.2	7688.8	298.6	300.4	-0.60%	8288.7	8339.3	50.6	50.6	0.00%
	2	7688.8	7987.4	298.6	300.4	-0.60%	8339.3	8389.9	50.6	50.6	0.00%
	3	7987.4	8286.0	298.6	300.4	-0.60%	8389.9	8440.6	50.7	50.6	0.20%

第 11 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 F 只	1	8351.6	8650.0	298.4	300.5	-0.70%	9253.3	9304.1	50.8	50.6	0.40%
	2	8650.0	8948.5	298.5	300.5	-0.67%	9304.1	9354.8	50.7	50.6	0.20%
	3	8948.5	9247.0	298.5	300.5	-0.67%	9354.8	9405.6	50.8	50.6	0.40%
第 G 只	1	8626.7	8925.7	299.0	300.5	-0.50%	9528.8	9579.6	50.8	50.6	0.40%
	2	8925.7	9224.7	299.0	300.5	-0.50%	9579.6	9630.5	50.9	50.6	0.59%
	3	9224.7	9523.8	299.1	300.5	-0.47%	9630.5	9681.4	50.9	50.6	0.59%
第 H 只	1	8613.0	8911.9	298.9	300.5	-0.53%	9514.0	9564.9	50.9	50.6	0.59%
	2	8911.9	9210.9	299.0	300.5	-0.50%	9564.9	9615.8	50.9	50.6	0.59%
	3	9210.9	9509.9	299.0	300.5	-0.50%	9615.8	9666.7	50.9	50.6	0.59%
第 I 只	1	8516.1	8814.0	297.9	300.5	-0.87%	9414.7	9465.5	50.8	50.6	0.40%
	2	8814.0	9111.8	297.8	300.5	-0.90%	9465.5	9516.2	50.7	50.6	0.20%
	3	9111.8	9409.7	297.9	300.5	-0.87%	9516.2	9567.0	50.8	50.6	0.40%
第 J 只	1	8536.0	8834.9	298.9	300.5	-0.53%	9437.7	9488.5	50.8	50.6	0.40%
	2	8834.9	9133.8	298.9	300.5	-0.53%	9488.5	9539.3	50.8	50.6	0.40%
	3	9133.8	9432.7	298.9	300.5	-0.53%	9539.3	9590.1	50.8	50.6	0.40%
第 K 只	1	8536.0	8834.8	298.8	300.5	-0.57%	9437.4	9488.1	50.7	50.6	0.20%
	2	8834.8	9133.6	298.8	300.5	-0.57%	9488.1	9538.9	50.8	50.6	0.40%
	3	9133.6	9432.4	298.8	300.5	-0.57%	9538.9	9589.7	50.8	50.6	0.40%
第 L 只	1	8282.1	8580.5	298.4	300.5	-0.70%	9182.2	9232.9	50.7	50.6	0.20%
	2	8580.5	8878.9	298.4	300.5	-0.70%	9232.9	9283.5	50.6	50.6	0.00%
	3	8878.9	9177.2	298.3	300.5	-0.73%	9283.5	9334.2	50.7	50.6	0.20%
第 M 只	1	8115.5	8413.8	298.3	300.5	-0.73%	9015.5	9066.5	51.0	50.6	0.79%
	2	8413.8	8712.2	298.4	300.5	-0.70%	9066.5	9117.5	51.0	50.6	0.79%
	3	8712.2	9010.4	298.2	300.5	-0.77%	9117.5	9168.5	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	8558.6	8856.7	298.1	300.5	-0.80%	9457.6	9508.4	50.8	50.6	0.40%
	2	8856.7	9154.6	297.9	300.5	-0.87%	9508.4	9559.2	50.8	50.6	0.40%

	3	9154.6	9452.6	298.0	300.5	-0.83%	9559.2	9610.1	50.9	50.6	0.59%
第 O 只	1	8527.9	8826.8	298.9	300.5	-0.53%	9429.7	9480.6	50.9	50.6	0.59%
	2	8826.8	9125.7	298.9	300.5	-0.53%	9480.6	9531.4	50.8	50.6	0.40%
	3	9125.7	9424.7	299.0	300.5	-0.50%	9531.4	9582.3	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	8529.5	8828.3	298.8	300.5	-0.57%	9431.0	9481.6	50.6	50.6	0.00%
	2	8828.3	9127.1	298.8	300.5	-0.57%	9481.6	9532.3	50.7	50.6	0.20%
	3	9127.1	9426.0	298.9	300.5	-0.53%	9532.3	9582.9	50.6	50.6	0.00%

第 10 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 G 只	1	9731.0	10030.4	299.4	300.3	-0.30%	10634.1	10685.1	51.0	50.6	0.79%
	2	10030.4	10329.8	299.4	300.3	-0.30%	10685.1	10736.0	50.9	50.6	0.59%
	3	10329.8	10629.3	299.5	300.4	-0.30%	10736.0	10787.0	51.0	50.6	0.79%
第 H 只	1	9715.9	10014.7	298.8	300.3	-0.50%	10616.9	10667.8	50.9	50.6	0.59%
	2	10014.7	10313.4	298.7	300.3	-0.53%	10667.8	10718.7	50.9	50.6	0.59%
	3	10313.4	10612.1	298.7	300.4	-0.57%	10718.7	10769.7	51.0	50.6	0.79%
第 I 只	1	9614.6	9912.5	297.9	300.3	-0.80%	10513.1	10563.8	50.7	50.6	0.20%
	2	9912.5	10210.4	297.9	300.3	-0.80%	10563.8	10614.6	50.8	50.6	0.40%
	3	10210.4	10508.3	297.9	300.4	-0.83%	10614.6	10665.4	50.8	50.6	0.40%
第 J 只	1	9638.0	9936.8	298.8	300.3	-0.50%	10539.2	10590.0	50.8	50.6	0.40%
	2	9936.8	10235.7	298.9	300.3	-0.47%	10590.0	10640.8	50.8	50.6	0.40%
	3	10235.7	10534.4	298.7	300.4	-0.57%	10640.8	10691.6	50.8	50.6	0.40%
第 K 只	1	9637.6	9936.3	298.7	300.3	-0.53%	10538.7	10589.5	50.8	50.6	0.40%
	2	9936.3	10235.1	298.8	300.3	-0.50%	10589.5	10640.2	50.7	50.6	0.20%
	3	10235.1	10533.9	298.8	300.4	-0.53%	10640.2	10691.0	50.8	50.6	0.40%
第 L 只	1	9382.2	9680.4	298.2	300.3	-0.70%	10282.0	10332.6	50.6	50.6	0.00%
	2	9680.4	9978.8	298.4	300.3	-0.63%	10332.6	10383.3	50.7	50.6	0.20%
	3	9978.8	10277.2	298.4	300.4	-0.67%	10383.3	10434.0	50.7	50.6	0.20%
第 M 只	1	9216.6	9514.8	298.2	300.3	-0.70%	10116.3	10167.3	51.0	50.6	0.79%
	2	9514.8	9813.2	298.4	300.3	-0.63%	10167.3	10218.3	51.0	50.6	0.79%
	3	9813.2	10111.5	298.3	300.4	-0.70%	10218.3	10269.3	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	9658.3	9956.2	297.9	300.3	-0.80%	10557.1	10607.9	50.8	50.6	0.40%
	2	9956.2	10254.2	298.0	300.3	-0.77%	10607.9	10658.7	50.8	50.6	0.40%
	3	10254.2	10552.3	298.1	300.4	-0.77%	10658.7	10709.5	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	9630.8	9929.6	298.8	300.3	-0.50%	10532.3	10583.2	50.9	50.6	0.59%
	2	9929.6	10228.6	299.0	300.3	-0.43%	10583.2	10634.1	50.9	50.6	0.59%

	3	10228.6	10527.5	298.9	300.4	-0.50%	10634.1	10685.0	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	9631.5	9930.2	298.7	300.3	-0.53%	10532.5	10583.2	50.7	50.6	0.20%
	2	9930.2	10228.9	298.7	300.3	-0.53%	10583.2	10633.8	50.6	50.6	0.00%
	3	10228.9	10527.7	298.8	300.4	-0.53%	10633.8	10684.5	50.7	50.6	0.20%

第 9 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 H 只	1	10831.9	11130.9	299.0	300.4	-0.47%	11730.5	11781.4	50.9	50.6	0.59%
	2	11130.9	11429.7	298.8	300.4	-0.53%	11781.4	11832.3	50.9	50.6	0.59%
	3	11429.7	11728.5	298.8	300.4	-0.53%	11832.3	11883.2	50.9	50.6	0.59%
第 I 只	1	10727.1	11025.0	297.9	300.4	-0.83%	11622.7	11673.5	50.8	50.6	0.40%
	2	11025.0	11322.9	297.9	300.4	-0.83%	11673.5	11724.3	50.8	50.6	0.40%
	3	11322.9	11620.8	297.9	300.4	-0.83%	11724.3	11775.1	50.8	50.6	0.40%
第 J 只	1	10753.6	11052.4	298.8	300.4	-0.53%	11652.0	11702.8	50.8	50.6	0.40%
	2	11052.4	11351.3	298.9	300.4	-0.50%	11702.8	11753.6	50.8	50.6	0.40%
	3	11351.3	11650.1	298.8	300.4	-0.53%	11753.6	11804.4	50.8	50.6	0.40%
第 K 只	1	10752.9	11051.9	299.0	300.4	-0.47%	11651.4	11702.2	50.8	50.6	0.40%
	2	11051.9	11350.7	298.8	300.4	-0.53%	11702.2	11753.0	50.8	50.6	0.40%
	3	11350.7	11649.5	298.8	300.4	-0.53%	11753.0	11803.7	50.7	50.6	0.20%
第 L 只	1	10495.9	10794.3	298.4	300.4	-0.67%	11393.0	11443.7	50.7	50.6	0.20%
	2	10794.3	11092.7	298.4	300.4	-0.67%	11443.7	11494.3	50.6	50.6	0.00%
	3	11092.7	11391.1	298.4	300.4	-0.67%	11494.3	11545.0	50.7	50.6	0.20%
第 M 只	1	10331.2	10629.5	298.3	300.4	-0.70%	11228.0	11279.0	51.0	50.6	0.79%
	2	10629.5	10927.8	298.3	300.4	-0.70%	11279.0	11330.0	51.0	50.6	0.79%
	3	10927.8	11226.0	298.2	300.4	-0.73%	11330.0	11381.0	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	10771.4	11069.5	298.1	300.4	-0.77%	11667.2	11718.0	50.8	50.6	0.40%
	2	11069.5	11367.4	297.9	300.4	-0.83%	11718.0	11768.8	50.8	50.6	0.40%
	3	11367.4	11665.3	297.9	300.4	-0.83%	11768.8	11819.6	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	10747.1	11046.0	298.9	300.4	-0.50%	11645.6	11696.5	50.9	50.6	0.59%
	2	11046.0	11344.9	298.9	300.4	-0.50%	11696.5	11747.4	50.9	50.6	0.59%
	3	11344.9	11643.7	298.8	300.4	-0.53%	11747.4	11798.3	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	10746.6	11045.4	298.8	300.4	-0.53%	11644.8	11695.5	50.7	50.6	0.20%
	2	11045.4	11344.2	298.8	300.4	-0.53%	11695.5	11746.2	50.7	50.6	0.20%
	3	11344.2	11642.8	298.6	300.4	-0.60%	11746.2	11796.9	50.7	50.6	0.20%

第 8 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 I 只	1	12153.5	12451.2	297.7	300.4	-0.90%	13051.9	13102.6	50.7	50.6	0.20%
	2	12451.2	12749.1	297.9	300.4	-0.83%	13102.6	13153.3	50.7	50.6	0.20%
	3	12749.1	13047.0	297.9	300.4	-0.83%	13153.3	13204.1	50.8	50.6	0.40%
第 J 只	1	12183.6	12482.4	298.8	300.4	-0.53%	13085.2	13136.0	50.8	50.6	0.40%
	2	12482.4	12781.4	299.0	300.4	-0.47%	13136.0	13186.7	50.7	50.6	0.20%
	3	12781.4	13080.3	298.9	300.4	-0.50%	13186.7	13237.5	50.8	50.6	0.40%
第 K 只	1	12182.5	12481.5	299.0	300.4	-0.47%	13083.0	13133.8	50.8	50.6	0.40%
	2	12481.5	12780.1	298.6	300.4	-0.60%	13133.8	13184.5	50.7	50.6	0.20%
	3	12780.1	13079.0	298.9	300.4	-0.50%	13184.5	13235.2	50.7	50.6	0.20%
第 L 只	1	11923.8	12222.2	298.4	300.4	-0.67%	12824.1	12874.7	50.6	50.6	0.00%
	2	12222.2	12520.7	298.5	300.4	-0.63%	12874.7	12925.3	50.6	50.6	0.00%
	3	12520.7	12819.1	298.4	300.4	-0.67%	12925.3	12976.0	50.7	50.6	0.20%
第 M 只	1	11759.0	12057.1	298.1	300.4	-0.77%	12658.3	12709.3	51.0	50.6	0.79%
	2	12057.1	12355.2	298.1	300.4	-0.77%	12709.3	12760.3	51.0	50.6	0.79%
	3	12355.2	12653.4	298.2	300.4	-0.73%	12760.3	12811.3	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	12197.7	12495.5	297.8	300.4	-0.87%	13096.5	13147.3	50.8	50.6	0.40%
	2	12495.5	12793.5	298.0	300.4	-0.80%	13147.3	13198.1	50.8	50.6	0.40%
	3	12793.5	13091.6	298.1	300.4	-0.77%	13198.1	13248.9	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	12177.7	12476.7	299.0	300.4	-0.47%	13078.7	13129.5	50.8	50.6	0.40%
	2	12476.7	12775.5	298.8	300.4	-0.53%	13129.5	13180.4	50.9	50.6	0.59%
	3	12775.5	13074.3	298.8	300.4	-0.53%	13180.4	13231.3	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	12176.8	12475.5	298.7	300.4	-0.57%	13077.8	13128.4	50.6	50.6	0.00%
	2	12475.5	12774.2	298.7	300.4	-0.57%	13128.4	13179.1	50.7	50.6	0.20%
	3	12774.2	13072.9	298.7	300.4	-0.57%	13179.1	13229.8	50.7	50.6	0.20%

第 7 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 J 只	1	13370.4	13670.0	299.6	300.5	-0.30%	14273.1	14324.0	50.9	50.6	0.59%
	2	13670.0	13969.4	299.4	300.5	-0.37%	14324.0	14375.0	51.0	50.6	0.79%
	3	13969.4	14269.0	299.6	300.5	-0.30%	14375.0	14425.9	50.9	50.6	0.59%
第 K 只	1	13367.8	13666.7	298.9	300.5	-0.53%	14268.6	14319.3	50.7	50.6	0.20%
	2	13666.7	13965.6	298.9	300.5	-0.53%	14319.3	14370.0	50.7	50.6	0.20%
	3	13965.6	14264.4	298.8	300.5	-0.57%	14370.0	14420.8	50.8	50.6	0.40%

第 L 只	1	13108.4	13407.1	298.7	300.5	-0.60%	14008.4	14059.0	50.6	50.6	0.00%
	2	13407.1	13705.7	298.6	300.5	-0.63%	14059.0	14109.7	50.7	50.6	0.20%
	3	13705.7	14004.2	298.5	300.5	-0.67%	14109.7	14160.4	50.7	50.6	0.20%
第 M 只	1	12943.7	13242.0	298.3	300.5	-0.73%	13842.9	13893.9	51.0	50.6	0.79%
	2	13242.0	13540.4	298.4	300.5	-0.70%	13893.9	13944.9	51.0	50.6	0.79%
	3	13540.4	13838.8	298.4	300.5	-0.70%	13944.9	13996.0	51.1	50.6	0.99%
第 N 只	1	13381.1	13679.3	298.2	300.5	-0.77%	14279.6	14330.4	50.8	50.6	0.40%
	2	13679.3	13977.4	298.1	300.5	-0.80%	14330.4	14381.2	50.8	50.6	0.40%
	3	13977.4	14275.5	298.1	300.5	-0.80%	14381.2	14432.0	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	13363.9	13662.8	298.9	300.5	-0.53%	14264.9	14315.8	50.9	50.6	0.59%
	2	13662.8	13961.8	299.0	300.5	-0.50%	14315.8	14366.7	50.9	50.6	0.59%
	3	13961.8	14260.7	298.9	300.5	-0.53%	14366.7	14417.6	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	13362.4	13661.2	298.8	300.5	-0.57%	14263.1	14313.8	50.7	50.6	0.20%
	2	13661.2	13960.1	298.9	300.5	-0.53%	14313.8	14364.4	50.6	50.6	0.00%
	3	13960.1	14258.9	298.8	300.5	-0.57%	14364.4	14415.1	50.7	50.6	0.20%

第 6 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 K 只	1	14510.7	14809.9	299.2	300.4	-0.40%	15411.8	15462.7	50.9	50.6	0.59%
	2	14809.9	15108.9	299.0	300.4	-0.47%	15462.7	15513.5	50.8	50.6	0.40%
	3	15108.9	15408.1	299.2	300.4	-0.40%	15513.5	15564.3	50.8	50.6	0.40%
第 L 只	1	14250.1	14548.6	298.5	300.4	-0.63%	15149.4	15200.0	50.6	50.6	0.00%
	2	14548.6	14847.1	298.5	300.4	-0.63%	15200.0	15250.6	50.6	50.6	0.00%
	3	14847.1	15145.7	298.6	300.4	-0.60%	15250.6	15301.3	50.7	50.6	0.20%
第 M 只	1	14085.7	14384.0	298.3	300.4	-0.70%	14984.3	15035.3	51.0	50.6	0.79%
	2	14384.0	14682.3	298.3	300.4	-0.70%	15035.3	15086.3	51.0	50.6	0.79%
	3	14682.3	14980.6	298.3	300.4	-0.70%	15086.3	15137.3	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	14521.6	14819.7	298.1	300.4	-0.77%	15419.4	15470.2	50.8	50.6	0.40%
	2	14819.7	15117.6	297.9	300.4	-0.83%	15470.2	15520.9	50.7	50.6	0.20%
	3	15117.6	15415.7	298.1	300.4	-0.77%	15520.9	15571.7	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	14507.6	14806.5	298.9	300.4	-0.50%	15407.8	15458.7	50.9	50.6	0.59%
	2	14806.5	15105.3	298.8	300.4	-0.53%	15458.7	15509.5	50.8	50.6	0.40%
	3	15105.3	15404.2	298.9	300.4	-0.50%	15509.5	15560.3	50.8	50.6	0.40%
第 P 只	1	14505.2	14804.0	298.8	300.4	-0.53%	15405.2	15455.9	50.7	50.6	0.20%
	2	14804.0	15102.8	298.8	300.4	-0.53%	15455.9	15506.6	50.7	50.6	0.20%
	3	15102.8	15401.6	298.8	300.4	-0.53%	15506.6	15557.3	50.7	50.6	0.20%

第 5 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 L 只	1	15388.1	15686.5	298.4	300.4	-0.67%	16290.3	16341.0	50.7	50.6	0.20%
	2	15686.5	15985.0	298.5	300.4	-0.63%	16341.0	16391.7	50.7	50.6	0.20%
	3	15985.0	16283.6	298.6	300.4	-0.60%	16391.7	16442.4	50.7	50.6	0.20%
第 M 只	1	15224.2	15522.5	298.3	300.4	-0.70%	16127.7	16178.7	51.0	50.6	0.79%
	2	15522.5	15820.8	298.3	300.4	-0.70%	16178.7	16229.8	51.1	50.6	0.99%
	3	15820.8	16119.2	298.4	300.4	-0.67%	16229.8	16280.8	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	15658.6	15956.6	298.0	300.4	-0.80%	16561.1	16611.9	50.8	50.6	0.40%
	2	15956.6	16254.6	298.0	300.4	-0.80%	16611.9	16662.7	50.8	50.6	0.40%
	3	16254.6	16552.7	298.1	300.4	-0.77%	16662.7	16713.5	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	15647.5	15946.4	298.9	300.4	-0.50%	16552.8	16603.7	50.9	50.6	0.59%
	2	15946.4	16245.4	299.0	300.4	-0.47%	16603.7	16654.6	50.9	50.6	0.59%
	3	16245.4	16544.3	298.9	300.4	-0.50%	16654.6	16705.5	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	15644.7	15943.5	298.8	300.4	-0.53%	16549.9	16600.6	50.7	50.6	0.20%
	2	15943.5	16242.3	298.8	300.4	-0.53%	16600.6	16651.3	50.7	50.6	0.20%
	3	16242.3	16541.0	298.7	300.4	-0.57%	16651.3	16702.1	50.8	50.6	0.40%

第 4 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 M 只	1	16349.3	16648.2	298.9	300.4	-0.50%	17251.7	17302.7	51.0	50.6	0.79%
	2	16648.2	16947.0	298.8	300.4	-0.53%	17302.7	17353.7	51.0	50.6	0.79%
	3	16947.0	17245.8	298.8	300.4	-0.53%	17353.7	17404.7	51.0	50.6	0.79%
第 N 只	1	16781.9	17080.2	298.3	300.4	-0.70%	17682.3	17733.1	50.8	50.6	0.40%
	2	17080.2	17378.3	298.1	300.4	-0.77%	17733.1	17783.9	50.8	50.6	0.40%
	3	17378.3	17676.4	298.1	300.4	-0.77%	17783.9	17834.6	50.7	50.6	0.20%
第 O 只	1	16774.2	17073.1	298.9	300.4	-0.50%	17676.8	17727.6	50.8	50.6	0.40%
	2	17073.1	17371.9	298.8	300.4	-0.53%	17727.6	17778.5	50.9	50.6	0.59%
	3	17371.9	17670.9	299.0	300.4	-0.47%	17778.5	17829.4	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	16770.9	17069.6	298.7	300.4	-0.57%	17673.0	17723.7	50.7	50.6	0.20%
	2	17069.6	17368.4	298.8	300.4	-0.53%	17723.7	17774.3	50.6	50.6	0.00%
	3	17368.4	17667.1	298.7	300.4	-0.57%	17774.3	17825.0	50.7	50.6	0.20%

第 3 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 N 只	1	17901.0	18199.5	298.5	300.4	-0.63%	19410.8	19461.6	50.8	50.6	0.40%
	2	18199.5	18498.1	298.6	300.4	-0.60%	19461.6	19512.4	50.8	50.6	0.40%
	3	18498.1	18796.7	298.6	300.4	-0.60%	19512.4	19563.2	50.8	50.6	0.40%
第 O 只	1	17896.1	18195.0	298.9	300.4	-0.50%	19412.5	19463.4	50.9	50.6	0.59%
	2	18195.0	18493.7	298.7	300.4	-0.57%	19463.4	19514.3	50.9	50.6	0.59%
	3	18493.7	18792.7	299.0	300.4	-0.47%	19514.3	19565.2	50.9	50.6	0.59%
第 P 只	1	17891.8	18190.6	298.8	300.4	-0.53%	19408.4	19459.0	50.6	50.6	0.00%
	2	18190.6	18489.3	298.7	300.4	-0.57%	19459.0	19509.7	50.7	50.6	0.20%
	3	18489.3	18788.1	298.8	300.4	-0.53%	19509.7	19560.3	50.6	50.6	0.00%

第 2 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 O 只	1	19649.7	19948.8	299.1	300.4	-0.43%	20558.7	20609.6	50.9	50.6	0.59%
	2	19948.8	20247.6	298.8	300.2	-0.47%	20609.6	20660.6	51.0	50.6	0.79%
	3	20247.6	20546.8	299.2	300.3	-0.37%	20660.6	20711.6	51.0	50.6	0.79%
第 P 只	1	19645.0	19943.8	298.8	300.4	-0.53%	20553.0	20603.7	50.7	50.6	0.20%
	2	19943.8	20242.5	298.7	300.2	-0.50%	20603.7	20654.4	50.7	50.6	0.20%
	3	20242.5	20541.2	298.7	300.3	-0.53%	20654.4	20705.0	50.6	50.6	0.00%

第 1 輪試驗		大流					小流				
水量計編碼	試驗次數	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差	初讀數	終讀數	器示值	收集量	器差
		V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E	V_{mi}	V_{mf}	V_m	V_a	E
第 P 只	1	20791.1	21090.2	299.1	300.3	-0.40%	21690.9	21741.6	50.7	50.6	0.20%
	2	21090.2	21389.3	299.1	300.4	-0.43%	21741.6	21792.3	50.7	50.6	0.20%
	3	21389.3	21688.3	299.0	300.3	-0.43%	21792.3	21843.0	50.7	50.6	0.20%