

流量率定曲線分析方法評估研究—以濁水溪為例

Assessment on Correction Method of Stage-Discharge Relations — Applications in Zhou-Hsui River

私立逢甲大學
水利工程學系
助理教授

許 盈 松

Yin-Sung Hsu

私立逢甲大學
水利工程學系
專任研究助理

周 湘 俊

Hsiang-Chun Chou

經濟部水利署
水利規劃試驗所
河川課課長

楊 舒 雲

Shu-Yun Yang

摘 要

天然河川在指定水文站控制斷面之率定曲線，均由實測的流量及水位定出。率定曲線測定使用後，若河川或水文站斷面情況明顯變動，則率定曲線需重新測定演算；若水位站所在河段存在變化的迴水關係或高度不穩定流，則需對測得的水位流量率定曲線關係加以修定。美國地質調查所之水文觀測手冊所研訂的落差修正分析法及變量流修正分析法廣泛應用於美國地區河川；前揭兩種修正分析法亦載於台灣水利實務單位之觀測手冊中，但對其於台灣河川適用性，則鮮少加以評估。本文以濁水溪流域之彰雲橋水位—流量站為主要水位站，輔以較下游的溪洲橋水位站為輔助水位站，並分別以其實測之長期與象神颱風資料進行前述兩修正分析方法之評估研究。

關鍵詞：率定曲線，迴水效應，全洪程測量。

ABSTRACT

The establishment of stage-discharge relations being carried by a stage station database was collected from field measurements. A simple and regular stage-discharge relation was difficult to derive in field where the river discharges are highly variable. Correction estimation of stage-discharge relations was necessarily for many water resources projects. The rating fall constant method and unsteady flow correction method were established by USGS and in popular applied in US. The mentioned two methods were also reported in the code of WRA in Taiwan. While it was few experiences for

applications in Taiwan. The mentioned methods are adopted herein to correct and assess stage-discharge relations for two sites on the Zhou-Hsui River. It was found that the regular stage-discharge relation was difficult to derive as long as to correct using the mentioned methods of USGS. It also needs to concern many more factors affecting the stage-discharge relations

Keywords: Rating curve, Backwater effect, Measurements in flood duration.

一、前言

水文基本資料係水資源調配利用、防災預警、各項用水供需計畫研擬及水利工程規劃設計最重要之依據，而河川流量之精度會直接影響到水資源開發與河川整治之效果。因此，如何準確訂定計畫流量成爲水資源規劃利用及工程設計之重要關鍵。影響水位流量觀測資料精度之因素很多，其中站址與觀測方法直接影響所測結果之準確，尤其是台灣河川的流量站受限於天然條件且爲便於觀測洪水流量，站址都施設於橋樑處，於主流橋墩下游面裝設自記水位計，用以記錄水位的時間過程。流速測定則通常使用流速儀或浮標測法，以面積流速法推求流量。若河床穩定，水位與流量關係關聯性佳，則由水位紀錄，可由率定曲線推算相對應流量。

河川在指定水文站斷面之率定曲線，目前均由實測的流量及水位而定出。率定曲線測定使用後，如果河川或水文站斷面情況更改，率定曲線則需要重新測定。假如水位站存在變化的迴水關係或高度不穩定流，因而對於已知的水位，其能量坡降爲變異的，則流量率定不能單純以水位加以定義。在已知流量下游匯流變化或下游水壩閘門的操作將造成上游之迴水，在此條件下之流量爲水位與能量坡降的函數。如果水位變化率相當大，則加速度水頭必須加入考量，一般僅針對加速度作用不明顯而可忽略之情況加以探討。而通常考慮之不穩定流狀況爲天然洪水波，其水流係維持一穩定洪水波剖面向渠道下游移動。此洪水波類型即所謂均勻前進波，並經常在水位站產生迴圈率定曲線；但兩流量間僅在水流爲高度不穩定時才有顯著之差異。洪水波在陡峻的山區渠道

將有單一水位流量關係，然而洪水波在寬平的河谷渠道可能就有迴圈率定曲線。本研究擬針對美國地質調查所(US Geological Survey, USGS)所研發應用的落差修正分析法(rating fall constant method)及變量流修正分析法(unsteady flow correction method)兩種方法詳加評估，並利用台灣地區濁水溪流域之水位流量觀測資料，進行演算分析，以瞭解前述兩種方法對濁水溪流域之適用性。

二、國內現行使用流量率定曲線分析方法

2.1 單對數型水位-流量率定曲線

單對數型率定曲線爲將水位及相對之流量資料點分別點繪於常數縱座標、對數橫座標的座標系統中。此方法常被台灣一般水利單位所採用。經濟部水利署所轄各個河川局每年皆會對各水位-流量站進行約 30 次左右的水位及流量的實際量測。且於颱風或暴雨發生時，將會選擇一至二個測站進行全洪程的量測。河川局人員將實測的資料點繪於單對數座標圖中，如圖 1 爲民國 87 至民國 89 年濁水溪彰雲橋站實測水位及流量資料（未包括颱風資料）[1]。河川局人員再依經驗將該年度的實測資料繪製成單對數型的水位-流量率定曲線中，如圖 2 爲民國 84 至民國 89 年濁水溪彰雲橋站單對數型水位-流量率定曲線。因濁水溪河道經常變遷，底床沖淤情況明顯，故每年水位-流量資料所點繪出的率定曲線皆會不同。如圖 1 及圖 2 所示，即可看出水位流量實測資料及率定曲線隨不同觀測年有明顯變動。

2.2 雙對數型水位-流量率定曲線

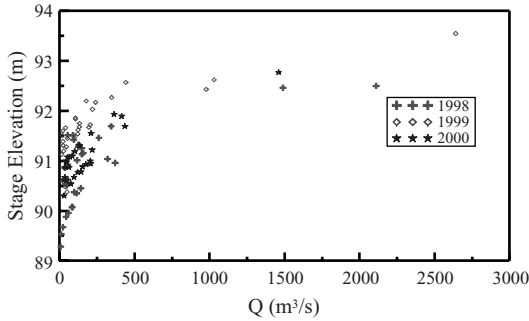


圖 1 濁水溪彰雲橋站水位及流量實測資料圖

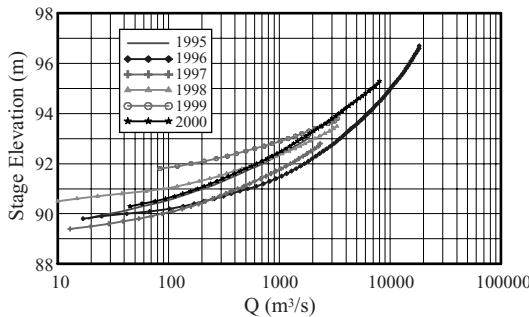


圖 2 濁水溪彰雲橋站水位流量率定曲線

雙對數型率定曲線為將水位及相對之流量資料點分別點繪於對數之縱座標與橫座標中。此方法亦常被台灣水利單位採用[2]。其基本假設為對於長且直的河道，其水位-流量率定曲線可以表示為：

$$Q = p(H - e)^N \quad \dots\dots\dots(1)$$

其中， Q = 流量(m^3/s)； H = 水位(m)； e = 零流量時的水位(m)；及 N 、 p = 待定常數。

將(1)式取對數，可得：

$$\log Q = \log p + N \log(H - e) \quad \dots\dots\dots(2)$$

亦即將 Q 及 $H - e$ 分別繪於雙對數紙之縱軸與橫軸，即可得一近似直線。其中 N 代表此直線的斜率；而 $\log p$ 代表當 $\log(H - e) = 0$ ($H - e = 1$) 時，所對應之 $\log Q$ 值，亦即一單位的水深，其所對應之流量。前述方法為一簡單形式之理論水位-流量率定曲線，水利實務單位通常以此理論方式做為高水位時的流量推估。一般使用上，其 N 值依斷面形狀可分為：

- 矩形渠道 $N = 1.67$ ($B/h > 20$)
- 拋物線形渠道 $N = 2.17$ ($B/h > 20$)
- 三角形渠道 $N = 2.67$

其中， B 、 h 分別代表河寬、水深。而於天然河川中，因河道通常接近於拋物線形，故有時亦以簡化以 $N = 2$ 應用於天然河川上。

三、USGS 流量率定曲線分析方法

3.1 基本理論

美國地質調查所對於水位-流量率定曲線的常用分析方法主要考慮兩種水力效應進行修正，一為考慮迴水影響的落差修正分析法；一為考慮受洪水漲落影響的變量流修正分析法[3]。茲將此兩種常用方法的基本理論介紹如下：

1. 落差修正分析法

落差修正分析法主要是考慮因迴水的因素，使得水位-流量的率定關係受到影響之情形。而形成迴水的主要原因來自下游，如支流的匯入、攔河建築物蓄水影響及潮汐的影響等。受迴水影響的測站在迴水影響期間，由於下游水位抬升，使得水面坡降減小。於相同水位下，受迴水影響的流速較小，流量也較小。所以在假設其他水力因素相同時，受迴水影響的流量可視為水位和水面坡降兩者之函數，即：

$$Q = f(H, S) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中， H = 水位， S = 水面坡降。於相同水位時，不同的水面坡降 S_1 、 S_2 所對應的流量 Q_1 、 Q_2 之間的關係可如下式表示：

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\frac{1}{n} AR^{2/3} S_1^{1/2}}{\frac{1}{n} AR^{2/3} S_2^{1/2}} = \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

(4)式中的坡降指數 $1/2$ 為在假設均勻流的狀況下推求而得，故於實際運用上可以一常數 β 代替， β 值經常是在 0.4 至 0.6 的範圍內，即：

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^\beta \quad \dots\dots\dots(5)$$

此外，亦可使用上下游水位的落差 z 來代替水面

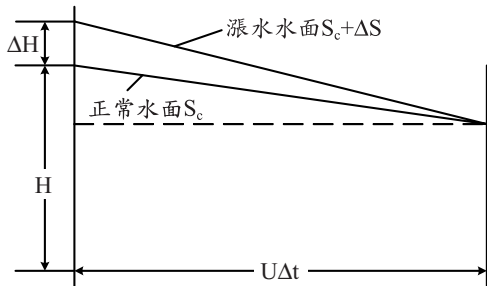


圖 3 洪水漲落對坡降影響示意圖

坡降，即：

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^\beta \quad \dots\dots\dots(6)$$

其中， z_1 、 z_2 為於相同水位時，不同的水位落差。

因此使用落差修正分析法時需經由位於上游之主要水位站之流量、水位及與輔助水位站間的水面落差觀測值三項資料，才能加以分析。而使用落差修正法繪製率定曲線時，需同時由上游水位及上、下游的水位落差來加以判讀。

2. 變量流修正分析法

洪水波在河道中傳播時，漲水的發生是上游早於下游，故同水位下，河段中漲水時的水面坡降大於穩定流的水面坡降。而退水的發生亦是上游早於下游，故同水位下，退水時的水面坡降較穩定流小。因此，漲水的流速較同水位下穩定流時的流速為大；退水的流速較同水位下穩定流時的流速為小，如圖 3 所示[4]。由圖 3 所示之附加坡降 ΔS 可表如下：

$$\Delta S = \frac{\Delta H}{U\Delta t} = \frac{1}{U} \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots(7)$$

其中， ΔS 為附加坡降、 ΔH 為 Δt 時間內的水位增量(m)、 U 為洪水波的傳播速度(m/s)、 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ 為洪水漲退率(m/hr，漲水時為正，退水時為負)。由(6)及(7)式可推出受洪水漲退影響的流量公式：

$$\frac{Q_f}{Q_c} = \sqrt{\frac{S_c + \Delta S}{S_c}} = \sqrt{1 + \frac{\Delta S}{S_c}} = \sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \frac{\Delta H}{\Delta t}} \quad \dots\dots(8)$$

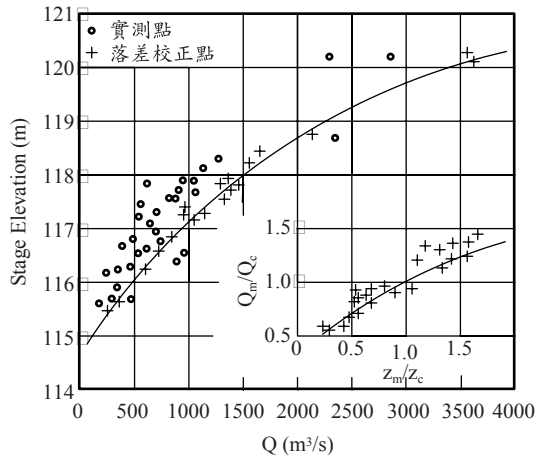


圖 4 落差修正分析法之水位流量關係曲線示意圖 (資料來源：水利電力部水利司，[4])

其中， Q_f 為受洪水漲退影響時的流量(m³/s)、 Q_c 為與 Q_f 同水位下穩定流時的流量、 S_c 為穩定流時的水面坡降。因此使用變量流修正分析法時需經由流量、水位及水位面漲退率等三項資料，才能加以分析。而使用變量流修正分析法繪製率定曲線時，需由水位及水位面漲退率來加以判讀。

3.2 分析流程

1. 落差修正分析法步驟

落差修正分析法是處理受變動迴水影響水位流量關係的一種方法。基本假設為，同水位不同落差的流量符合(6)式的關係，並改寫成：

$$\frac{Q_m}{Q_c} = \left(\frac{Z_m}{Z_c} \right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中， Q_m = 實測流量(m³/S)； Q_c = 定落差流量(m³/S)； Z_m = 實測流量時的相應實測落差(m)；及 Z_c = 定落差(m)。

而實際推估的步驟如下所示：

- (1) 點繪基本關係圖
點繪水位流量關係點，並註明落差，其關係曲線如圖 4 所示。
- (2) 製作曲線
編製落差法校正計算表，見表 1 所列，並據以繪製修正曲線。其方法如下：

表 1 落差修正分析表

項目	測次	施測時間			水位 H (m)		實測落差 Z_m (m)	定落差 Z_c (m)	落差比 $\frac{Z_m}{Z_c}$	$\sqrt{\frac{Z_m}{Z_c}}$	實測流量 Q_m (m ³ /s)	計算流量 Q_{c1} (m ³ /s)	曲線上讀得的流量 Q_{c2} (m ³ /s)	計算流量比 $\frac{Q_m}{Q_{c2}}$	曲線上讀得的流量比 $\frac{Q_m}{Q_c}$	修正後落差流量 Q_c (m ³ /s)	附註
		月	日	時分	基本水尺	輔助水尺											
欄位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
推估值																	

- (a) 將實測流量成果表中的水位、流量等項資料，分別填入第 1~6 及 11 欄。
- (b) 由第 5、6 欄水位，算出實測落差 Z_m ，填入第七欄。
- (c) 選擇一個定落差 Z_c ，可取用實測落差中較大值，填入第八欄。
- (d) 由第七、八欄計算 $\frac{Z_m}{Z_c}$ 及方根值，填入第九、十欄。
- (e) 由第十、十一欄按 $\frac{Q_m}{Q_c} = \sqrt{\frac{Z_m}{Z_c}}$ 計算出第一次校正流量 Q_{c1} ，填入第 12 欄。
- (f) 在原圖上點繪水位與校正流量 Q_{c1} 關係點，繪出關係曲線，稱初步定出的定落差水位與流量關係曲線 ($H \sim Q_{c2}$ 曲線)。由水位在 $H \sim Q_{c2}$ 曲線上查讀第二次校正量 Q_{c2} ，填入第 13 欄。
- (g) 由第 11、13 欄計算 $\frac{Q_m}{Q_{c2}}$ ，填入第 14 欄。
- (h) 以第 14 欄計算流量比為縱座標，第 9 欄落差比為橫座標，點繪關係曲線 ($\frac{Q_m}{Q_c} \sim \frac{Z_m}{Z_c}$ 關係曲線)。由第 9 欄落差比查曲線得修正後的流量比，填入第 15 欄。
- (i) 由第 11 欄除以第 15 欄，計算修正後的定落差流量 Q_c ，填入第 16 欄。

為了檢驗校正計算是否成功，應在原圖上點

繪水位與定落差流量關係點。如關係點緊密分布在定出的 $H \sim Q_{c2}$ 曲線左右，說明校正計算是成功的；如果關係點分布還很分散，就需再作一次校正，可另繪一條修正的 $H \sim Q_{c2}$ 曲線，從第(f)項起重複計算。

(3) 推求流量

經校正計算後，即可推求流量。現說明按表 2 所列，用日平均水位推求日平均流量方法步驟。

- (a) 將各日基本站水位和輔助站水位的日平均水位，填入第 1~4 欄。
- (b) 由第 3、4 欄水位計算日平均落差 \bar{Z}_m ，填入第 5 欄；將上述校正計算所用定落差 Z_c ，填入第 6 欄。
- (c) 由第 5、6 欄計算落差比，填入第 7 欄；由落差比查流量比與落差比關係曲線，得流量比填入第 8 欄。
- (d) 由第 3 欄水位查定落差水位與流量關係曲線，得定落差流量 Q_c ，填入第 9 欄。
- (e) 由第 8 欄乘以第 9 欄計算日平均流量，填入第 10 欄。

2. 變量流修正分析法步驟

變量流修正分析法是處理受洪水漲退影響水位流量關係的一種方法。它適用於水位流量關係曲線呈單式迴圈(註：即單峰洪水歷線)的情況。對於複式迴圈，則需分割後分別進行修正。

表 2 落差校正計算表

項目	月	日	日平均水位 H(m)		日平均 落差 $\frac{Z_m}{Z_c}$ (m)	定落差 Z_c (m)	落差比 $\frac{Z_m}{Z_c}$	流量比 $\frac{Q_m}{Q_c}$	定落差流量 Q_c (m ³ /s)	日平均 流量 \bar{Q} (m ³ /s)	附註
			基本站 水位	輔助站 水位							
欄位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
推估 值											

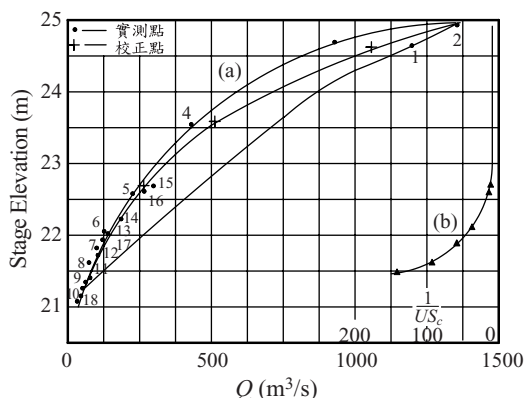


圖 5 變量流修正分析法分析水位流量關係曲線示意圖

(資料來源：水利電力部水利司，[4])

洪水漲退影響時推算流量基本公式，如(8)式。該式右端 $\sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \frac{\Delta H}{\Delta t}}$ ，稱為修正因數。此種方法的推估步驟如下所示：

(1) 點繪基本關係圖

點繪水位流量關係點，如圖 5 所示。

(2) 製作曲線

變量流流量修正分析表，如表 3 所示，並據以繪製修正曲線。茲將繪製方法介紹如下：

(a) 將實測流量成果表中水位、流量等項資料，分別填入第 1~6 及第 10 欄。

(b) 由第 4、5 欄計算 ΔH 、 Δt 及 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ ，連同正負號填入第 7~9 欄。

(c) 在圖 5 中，通過 $\frac{\Delta H}{\Delta t} = 0$ 的資料點或通過漲水點與退水點中間，初步確定一條試用的穩定期水位流量關係曲線。由第

6 欄水位值查曲線得穩定期流量 Q_{C1} ，填入第 11 欄；由第 10、11 欄計算流量比，填入第 12 欄；計算流量比平方減 1 值，填入第 13 欄。

(d) 由第 9、13 欄，按 $\frac{1}{US_c} = \frac{\left(\frac{Q_m}{Q_c}\right)^2 - 1}{\Delta t}$ ，計

算 $\frac{1}{US_c}$ 值，填入第 14 欄。

(e) 根據第 6、14 欄點繪 $H \sim \frac{1}{US_c}$ 關係點，

並通過點中心定出關係曲線，如圖 5 所示。由第 6 欄平均水位從該曲線查得 $\frac{1}{US_c}$ 值，填入第 15 欄，由第 9、15 欄

計算 $\frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$ 及 $\sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}}$ ，填入第

16、17 欄。

(f) 將第 10 欄除以第 17 欄，計算得 Q_c 值填入第 18 欄。

爲了檢驗校正計算是否成功，應在原圖上點繪 $H \sim Q_c$ 關係曲線。如資料點緊密分布在原定的穩定期水位流量關係曲線兩旁，說明修正計算是成功的；如漲水點仍在曲線右方，退水點仍在曲線左方，且偏離不大，可將 $H \sim \frac{1}{US_c}$ 曲線略加增修；如漲水點仍在曲線之左，退水點仍在曲線之右，可將 $H \sim \frac{1}{US_c}$ 曲線略加修小；如資料點分布散亂，則需重新假定一條穩定期水位流量關係曲線，從第(3)項起重複計算，直至成功爲止。

表 3 變量流修正分析法分析表

測次	施測日期			水位 H (m)		水位 增量 ΔH (m)	歷時 Δt (hr)	漲退率 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ m/hr	實測 流量 Q_m (m ³ /s)	曲線上 讀得的 流量 Q_{Cl} (m ³ /s)	流量 比 $\left(\frac{Q_m}{Q_{Cl}}\right)^2 - 1$	推算 得 $\frac{1}{US_c}$	曲線 上讀 得 $\frac{1}{US_c}$	$\frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$	$\sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}}$	修正 流量 Q_c	附註	
	月	日	起 迄 時 分	起 迄 水 位	平 均													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

表 4 變量流校正計算表

日期			水位 H (m)	水位 增量 ΔH (m)	歷 時 Δt (hr)	漲退率 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ (m/hr)	曲線 上讀 得的 $\frac{1}{US_c}$	$1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$	$\sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}}$	曲線 上讀 得的 Q_c (m ³ /s)	流 量 Q (m ³ /s)	日平 均流 量 \bar{Q} (m ³ /s)	附註
月	日	時											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

(1) 推求流量

推求流量可按表 4 所列進行。推估方法如下：

- (a) 將水位觀測資料，填入第 1~4 欄。
- (b) 以計算時間的前後相鄰時間和水位，計算 ΔH 、 Δt 及 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ 值，填入第 5~7 欄。
- (c) 由第 4 欄水位查 $H \sim \frac{1}{US_c}$ 曲線，得 $\frac{1}{US_c}$ 填入第 8 欄，計算 $1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$ 及其平方根值，填入第 9、10 欄。
- (d) 由第 4 欄水位查經過校正的穩定期水位流量關係曲線，得 Q_c 值填入第 11 欄。
- (e) 由第 10、11 欄相乘得 Q 填入第 12 欄，加權平均得日平均流量 \bar{Q} 值，填入第 13 欄。

四、以濁水溪為例進行實例分析

4.1 落差修正分析法實例分析

本研究以前述的落差修正分析法對濁水溪

之水位-流量站進行實例分析。因落差修正分析法的主要水位站及輔助水位站必須位於同一河段，且此河段中必須沒有支流匯下，故本研究選擇位於濁水溪中游的彰雲橋水位-流量站為主要水位站，並以較下游的溪州橋水位站為輔助水位站。因溪州橋水位站為民國 89 年建站，並開始記錄水位資料，故以民國 89 年至 90 年之間，兩站的水位及流量資料分析，將計算表列如表 5 所示，而彰雲橋之落差修正率定曲線圖如圖 6 所示。可以看出經過落差法的調整後的水位流量資料分布關係與原本的資料分布無太大的差異，其資料點的分布仍十分散亂。並將原本的水位及流量資料依表 2 之方式，代入建立率定曲線中，其結果如表 6 所示，可看出由落差法修正率定曲線後之流量仍與實測流量有很大的差距。

4.2 變量流修正分析法實例分析

本研究以 USGS 的變量流修正分析法對濁水溪之水位-流量站進行實例分析。以溪州橋於象神颱風時的全洪程實測水位及流量資料加以分析 [1]。因變量流修正分析方法適用於水位-流量關係為單式迴圈的曲線，即不適用於一場颱風

表 5 彰雲橋落差修正分析表

測次	施測時間			水位 H (m)		實測落差 Z_m (m)	定落差 Z_c (m)	落差比 $\frac{Z_m}{Z_c}$	$\sqrt{\frac{Z_m}{Z_c}}$	實測流量 Q_m (m ³ /s)	計算流量 Q_{c1} (m ³ /s)	曲線上讀得的流量 Q_{c2} (m ³ /s)	計算流量比 $\frac{Q_m}{Q_{c2}}$	曲線上讀得的流量比 $\frac{Q_m}{Q_c}$	修正後定落差流量 Q_c (m ³ /s)	附註
	月	日	時分	基本水尺	輔助水尺											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	9	1		91.93	22.72	69.21	68.2	1.015	1.0074	363	360.34	1100.58	0.3298	1.2331	294.37	
2	9	7		91.55	22.53	69.02	68.2	1.012	1.0060	210	208.75	199.64	1.0519	1.3276	158.18	
3	9	18		91.31	22.34	68.97	68.2	1.011	1.0056	134	133.25	67.92	1.9729	1.3536	98.99	
4	10	2		91.07	22.1	68.97	68.2	1.011	1.0056	53.9	53.60	23.11	2.3326	1.3536	39.82	
5	10	12		91.08	22.11	68.97	68.2	1.011	1.0056	67.1	66.72	24.17	2.7762	1.3536	49.57	
6	10	23		90.87	22	68.87	68.2	1.010	1.0049	38.5	38.31	9.41	4.0917	1.4072	27.36	
7	11	6		91	22.8	68.20	68.2	1.000	1.0000	205	205.00	16.87	12.1498	1.8256	112.29	
8	11	17		91.1	22.6	68.50	68.2	1.004	1.0022	85	84.81	26.44	3.2147	1.6248	52.32	
9	11	30		91.19	23.02	68.17	68.2	1.000	0.9998	102	102.02	39.62	2.5747	1.8470	55.23	
10	12	21		91	22.97	68.03	68.2	0.998	0.9988	45.3	45.36	16.87	2.6848	1.9502	23.23	
11	1	3		91.08	23.1	67.98	68.2	0.997	0.9984	70.9	71.01	24.17	2.9335	1.9885	35.66	
12	1	12		90.86	22.83	68.03	68.2	0.998	0.9988	31.9	31.94	9.00	3.5461	1.9502	16.36	
13	2	6		90.77	22.88	67.89	68.2	0.995	0.9977	33.8	33.88	6.00	5.6294	2.0592	16.41	
14	2	20		90.74	22.71	68.03	68.2	0.998	0.9988	29.9	29.94	5.25	5.6983	1.9502	15.33	
15	3	9		90.9	22.6	68.30	68.2	1.001	1.0007	34.1	34.08	10.77	3.1672	1.7560	19.42	
16	3	19		90.75	22.68	68.07	68.2	0.998	0.9990	31.7	31.73	5.49	5.7760	1.9201	16.51	
17	4	9		91.84	23.23	68.61	68.2	1.006	1.0030	106	105.68	734.57	0.1443	1.5568	68.09	
18	4	23		91.34	23.24	68.10	68.2	0.999	0.9993	60.1	60.14	77.72	0.7733	1.8979	31.67	
19	5	7		91.12	23.25	67.87	68.2	0.995	0.9976	30.5	30.57	28.93	1.0544	2.0753	14.70	
20	5	16		91.15	22.97	68.18	68.2	1.000	0.9999	28.7	28.70	33.10	0.8671	1.8398	15.60	
21	5	22		91.87	23.74	68.13	68.2	0.999	0.9995	187	187.10	840.55	0.2225	1.8759	99.69	
22	6	7		91.54	23.81	67.73	68.2	0.993	0.9965	318	319.10	190.87	1.6661	2.1912	145.12	
23	6	13		91.3	23.73	67.57	68.2	0.991	0.9954	150	150.70	64.94	2.3100	2.3318	64.33	
24	6	26		91.44	23.92	67.52	68.2	0.990	0.9950	253	254.27	121.79	2.0773	2.3775	106.41	
25	7	4		91.17	24.4	66.77	68.2	0.979	0.9895	88.1	89.04	36.21	2.4329	3.1816	27.69	
26	7	5		92.47	24.4	68.07	68.2	0.998	0.9990	1340	1341.28	12449.93	0.1076	1.9201	697.87	
27	7	20		91.44	23.7	67.74	68.2	0.993	0.9966	181	181.61	121.79	1.4861	2.1828	82.92	
28	8	6		91.6	20.41	71.19	68.2	1.044	1.0217	354	346.49	249.91	1.4165	0.5714	619.49	
29	8	17		91.34	19.05	72.29	68.2	1.060	1.0295	188	182.60	77.72	2.4190	0.3727	504.39	
30	8	28		91.36	18.72	72.64	68.2	1.065	1.0320	133	128.87	85.03	1.5642	0.3253	408.80	
31	9	5		91.47	18.86	72.61	68.2	1.065	1.0318	222	215.15	139.37	1.5929	0.3292	674.45	
32	9	19		91.94	20.26	71.68	68.2	1.051	1.0252	819	798.87	1151.15	0.7115	0.4724	1733.73	
33	9	25		91.61	20.26	71.35	68.2	1.046	1.0228	254	248.33	261.40	0.9717	0.5370	473.00	
34	10	5		91.94	19.19	72.75	68.2	1.067	1.0328	233	225.60	1151.15	0.2024	0.3117	747.43	
35	10	16		91.48	18.76	72.72	68.2	1.066	1.0326	110	106.53	145.77	0.7546	0.3154	348.77	
36	10	22		91.4	18.48	72.92	68.2	1.069	1.0340	54.4	52.61	101.76	0.5346	0.2918	186.42	
37	11	7		91.63	18.23	73.40	68.2	1.076	1.0374	17.7	17.06	285.97	0.0619	0.2422	73.09	
38	11	16		92.12	18.57	73.55	68.2	1.078	1.0385	99.8	96.10	2584.13	0.0386	0.2285	436.83	
39	11	29		91.45	18.19	73.26	68.2	1.074	1.0364	12	11.58	127.39	0.0942	0.2557	46.93	
40	12	11		91.31	18.18	73.13	68.2	1.072	1.0355	12.8	12.36	67.92	0.1885	0.2690	47.59	
41	12	24		91.92	18.5	73.42	68.2	1.077	1.0376	41.1	39.61	1052.23	0.0391	0.2403	171.04	

表 6 落差修正分析法驗證結果表

月	日	日平均水位 H(m)		日平均落 差 $\frac{Z_m}{Z_c}$ (m)	定落差 Z_c (m)	落差比 $\frac{Z_m}{Z_c}$	流量比 $\frac{Q_m}{Q_c}$	定落差流 量 Q_c (m ³ /s)	日平均流量 \bar{Q} (m ³ /s)	實測流量 Q (m ³ /s)
		基本站 水位	輔助站 水位							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	1	91.93	22.72	69.21	68.2	1.015	1.2331	1100.58	*	363
9	7	91.55	22.53	69.02	68.2	1.012	1.3276	199.64	265.03	210
9	18	91.31	22.34	68.97	68.2	1.011	1.3536	67.92	91.94	134
10	2	91.07	22.1	68.97	68.2	1.011	1.3536	23.11	31.28	53.9
10	12	91.08	22.11	68.97	68.2	1.011	1.3536	24.17	32.72	67.1
10	23	90.87	22	68.87	68.2	1.010	1.4072	9.41	13.24	38.5
11	6	91	22.8	68.20	68.2	1.000	1.8256	16.87	30.80	205
11	17	91.1	22.6	68.50	68.2	1.004	1.6248	26.44	42.96	85
11	30	91.19	23.02	68.17	68.2	1.000	1.8470	39.62	73.17	102
12	21	91	22.97	68.03	68.2	0.998	1.9502	16.87	32.91	45.3
1	3	91.08	23.1	67.98	68.2	0.997	1.9885	24.17	48.06	70.9
1	12	90.86	22.83	68.03	68.2	0.998	1.9502	9.00	17.54	31.9
2	6	90.77	22.88	67.89	68.2	0.995	2.0592	6.00	12.36	33.8
2	20	90.74	22.71	68.03	68.2	0.998	1.9502	5.25	10.23	29.9
3	9	90.9	22.6	68.30	68.2	1.001	1.7560	10.77	18.91	34.1
3	19	90.75	22.68	68.07	68.2	0.998	1.9201	5.49	10.54	31.7
4	9	91.84	23.23	68.61	68.2	1.006	1.5568	734.57	*	106
4	23	91.34	23.24	68.10	68.2	0.999	1.8979	77.72	147.50	60.1
5	7	91.12	23.25	67.87	68.2	0.995	2.0753	28.93	60.03	30.5
5	16	91.15	22.97	68.18	68.2	1.000	1.8398	33.10	60.90	28.7
5	22	91.87	23.74	68.13	68.2	0.999	1.8759	840.55	*	187
6	7	91.54	23.81	67.73	68.2	0.993	2.1912	190.87	418.24	318
6	13	91.3	23.73	67.57	68.2	0.991	2.3318	64.94	151.42	150
6	26	91.44	23.92	67.52	68.2	0.990	2.3775	121.79	289.57	253
7	4	91.17	24.4	66.77	68.2	0.979	3.1816	36.21	115.21	88.1
7	5	92.47	24.4	68.07	68.2	0.998	1.9201	12449.93	*	1340
7	20	91.44	23.7	67.74	68.2	0.993	2.1828	121.79	265.85	181
8	6	91.6	20.41	71.19	68.2	1.044	0.5714	249.91	142.81	354
8	17	91.34	19.05	72.29	68.2	1.060	0.3727	77.72	28.97	188
8	28	91.36	18.72	72.64	68.2	1.065	0.3253	85.03	27.66	133
9	5	91.47	18.86	72.61	68.2	1.065	0.3292	139.37	45.87	222
9	19	91.94	20.26	71.68	68.2	1.051	0.4724	1151.15	*	819
9	25	91.61	20.26	71.35	68.2	1.046	0.5370	261.40	140.37	254
10	5	91.94	19.19	72.75	68.2	1.067	0.3117	1151.15	358.85	233
10	16	91.48	18.76	72.72	68.2	1.066	0.3154	145.77	45.97	110
10	22	91.4	18.48	72.92	68.2	1.069	0.2918	101.76	29.70	54.4
11	7	91.63	18.23	73.40	68.2	1.076	0.2422	285.97	69.25	17.7
11	16	92.12	18.57	73.55	68.2	1.078	0.2285	2584.13	*	99.8
11	29	91.45	18.19	73.26	68.2	1.074	0.2557	127.39	32.57	12
12	11	91.31	18.18	73.13	68.2	1.072	0.2690	67.92	18.27	12.8
12	24	91.92	18.5	73.42	68.2	1.077	0.2403	1052.23	252.85	41.1

註：“*”係修正值偏離實測值過大，故不予取用。

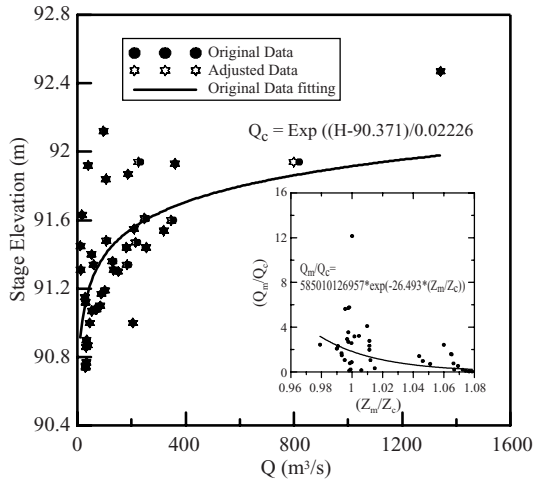


圖 6 彰雲橋之修正落差率定曲線圖

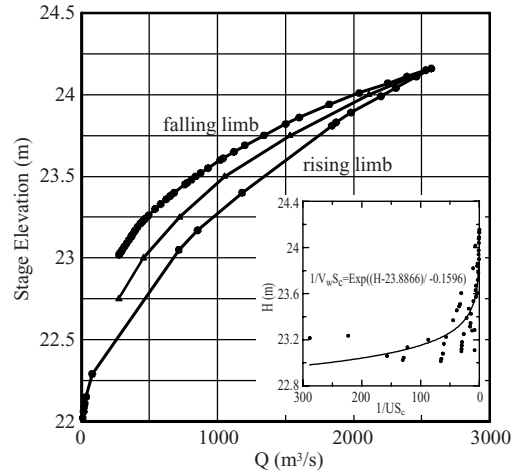


圖 8 溪州橋於象神颱風之變量流修正率定曲線圖

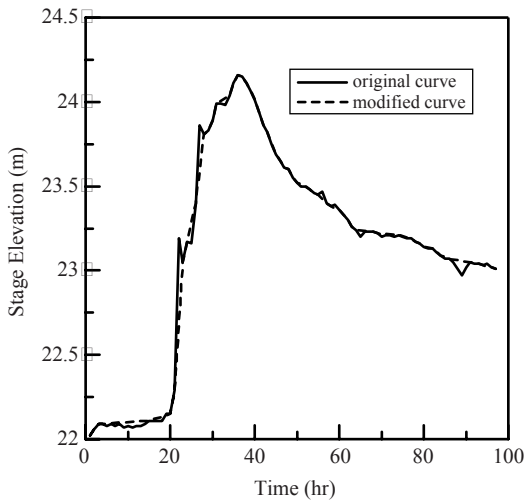


圖 7 象神颱風水位歷線變化及修正圖(溪州橋站)

資料有兩個洪峰出現的狀況，或是於水位呈上升趨勢時，部份時刻水位漲退率為負；或水位呈下降趨勢時，有部份水位漲退率為正的情形。故將象神颱風的水位延時曲線稍作修改如圖 7 所示。

由修正後的水位曲線，再根據水位及流量的記錄，將象神颱風的水位-流量關係圖繪如圖 8 所示。可以發現水位及流量關係呈現單式迴圈的形式，且同一水位下，洪水位上升段的流量較洪水位下降段為大。茲將假設不受洪水漲退影響的正常流率定曲線定為位於上升及下降段兩曲線之間。將水位、流量及時間等資料依表 3 的計算

方式做變量流修正的分析，並將計算結果列如表 7 所示，而所得之變量流修正率定曲線如圖 8 所示。由圖 8 可看出於低水位時，水位 H 與 $1/US_c$ 的關係較為散亂，且差距甚大。而表 7 中的第 14 及 15 欄部份資料因 $1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t} < 0$ ，故無法計算，此即是因為在圖 8 中由水位讀取 $\frac{1}{US_c}$ 值時有很大的誤差所造成。茲將原水位及洪水漲退的資料代入表 8 中計算，以了解此率定曲線的合理性，並將結果列如表 8 所示，由 10 及 11 欄可以看出其結果尚為合理，但於低水位時，部份資料的誤差太大或無法計算，這是因為於低水位時水位和 $\frac{1}{US_c}$ 的率定關係較差，使得在使用圖 8 時無

法正確讀得合理的 $\frac{1}{US_c}$ 所造成。

五、分析與討論

水位落差修正率定曲線為處理受變動迴水影響的水位-流量關係的一種方法。USGS 在美國許多地區以設置輔助水位站的方式，記錄兩水位站的水位差，並依此推得落差法的修正率定曲線，如圖 9 所示。此水位站的上游水位站設置於一橋柱上，輔助水位站位於下游 43,700 ft 處，且輔助水位站下游 3,300 ft 處有一 Guntersville Dam

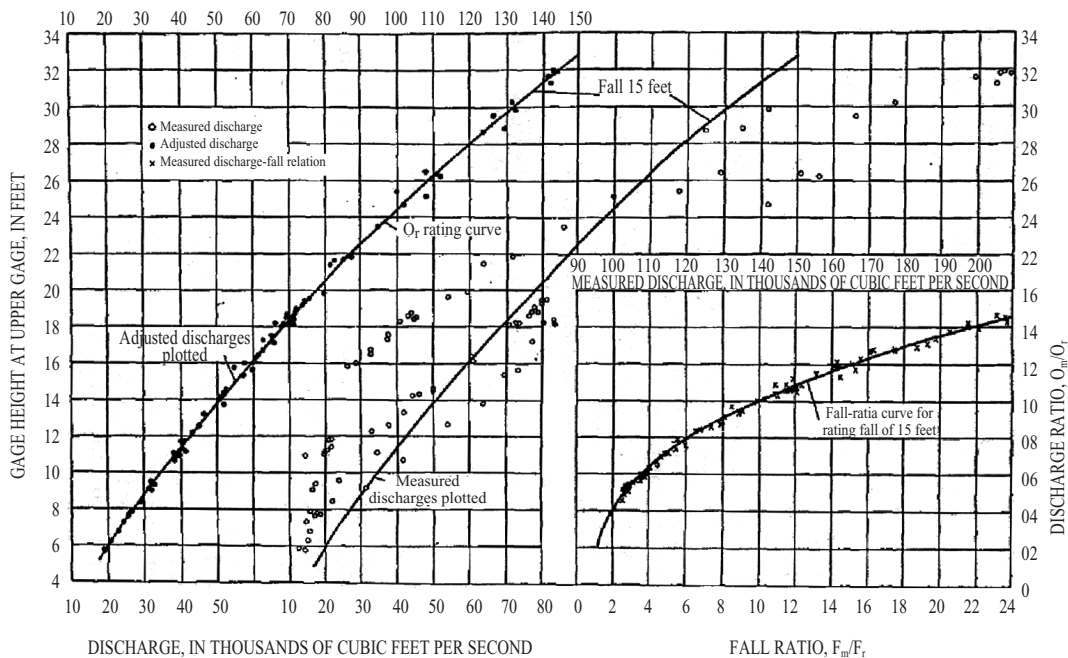


圖 9 位於 Guntersville, Ala. 之 Tennessee River 落差修正分析法率定曲線[3]

表 7 溪州橋變量流流量修正分析表

測次	記錄時間	水位 H(m)		歷時 Δt (hr)	漲退率 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ (m/hr)	實測流量 Q_m (m^3/s)	曲線上讀得的流量 Q_{C1} (m^3/s)	流量比 $\frac{Q_m}{Q_{C1}}$	$\left(\frac{Q_m}{Q_{C1}}\right)^2 - 1$	推算值 $\frac{1}{US_c}$	曲線上讀得的 $\frac{1}{US_c}$	$\frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$	$\sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}}$	修正流量 Q_c
		開始水位	終止水位											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	22.02	22.06	1	0.040	10								
2	2	22.06	22.09	1	0.030	16								
3	3	22.09	22.11	12	0.002	20.5								
4	15	22.11	22.15	5	0.008	24.5								
5	20	22.15	22.29	1	0.140	34.5								
6	21	22.29	23.05	2	0.380	78.5								
7	23	23.05	23.17	1	0.120	715	507.95	1.408	0.9814	8.1783	130.1153	15.6138	4.0760	175.42
8	24	23.17	23.40	2	0.115	854	613.80	1.391	0.9358	8.1376	43.4639	4.9983	2.4492	348.69
9	26	23.40	23.81	2	0.205	1180	917.39	1.286	0.6544	3.1924	5.8528	1.1998	1.4832	795.59
10	28	23.81	23.83	1	0.020	1840	1668.10	1.103	0.2167	10.8363	1.5217	0.0304	1.0151	1812.62
11	29	23.83	23.89	1	0.060	1870	1714.50	1.091	0.1896	3.1604	1.1843	0.0711	1.0349	1806.90
12	30	23.89	23.99	1	0.100	1980	1853.70	1.068	0.1409	1.4091	0.7174	0.0717	1.0353	1912.58
13	31	23.99	24.04	3	0.017	2200	2081.48	1.057	0.1171	7.0276	0.4484	0.0075	1.0037	2191.82
14	34	24.04	24.11	1	0.070	2310	2225.22	1.038	0.0776	1.1092	0.3079	0.0216	1.0107	2285.50
15	35	24.11	24.16	1	0.050	2460	2426.47	1.014	0.0278	0.5565	0.2114	0.0106	1.0053	2447.10
16	36	24.16	24.15	1	-0.010	2570	2570.22	1.000	-0.0002	0.0172	0.1865	-0.0019	0.9991	2572.40
17	37	24.15	24.11	1	-0.040	2530	2541.47	0.995	-0.0090	0.2252	0.2182	-0.0087	0.9956	2541.11

測次	記錄時間	水位 H(m)		歷時 Δt (hr)	漲退 率 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ (m/hr)	實測流 量 Q_m (m^3/s)	曲線上 讀得的 流量 Q_{Cl} (m^3/s)	流量 比 $\frac{Q_m}{Q_{Cl}}$	$\left(\frac{Q_m}{Q_{Cl}}\right)^2 - 1$	推算值 $\frac{1}{US_c}$	曲線上 讀得的 $\frac{1}{US_c}$	$\frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$	$\sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}}$	修正流 量 Q_c
		開始 水位	終止 水位											
18	38	24.11	24.07	1	-0.040	2390	2426.47	0.985	-0.0298	0.7459	0.2803	-0.0112	0.9944	2403.51
19	39	24.07	24.01	1	-0.060	2250	2311.47	0.973	-0.0525	0.8747	0.3834	-0.0230	0.9884	2276.34
20	40	24.01	23.94	1	-0.070	2040	2138.98	0.954	-0.0904	1.2915	0.5762	-0.0403	0.9796	2082.43
21	41	23.94	23.86	1	-0.080	1820	1876.90	0.970	-0.0597	0.7464	0.9218	-0.0737	0.9624	1891.06
22	42	23.86	23.82	1	-0.040	1600	1737.70	0.921	-0.1522	3.8051	1.3424	-0.0537	0.9728	1644.77
23	43	23.82	23.75	1	-0.070	1500	1610.10	0.932	-0.1321	1.8869	1.8948	-0.1326	0.9313	1610.61
24	44	23.75	23.69	1	-0.060	1340	1459.30	0.918	-0.1568	2.6136	2.8473	-0.1708	0.9106	1471.58
25	45	23.69	23.65	1	-0.040	1200	1376.65	0.872	-0.2402	6.0043	3.8948	-0.1558	0.9188	1306.04
26	46	23.65	23.61	1	-0.040	1120	1299.85	0.862	-0.2576	6.4395	5.0042	-0.2002	0.8943	1252.33
27	47	23.61	23.60	1	-0.010	1040	1251.85	0.831	-0.3098	30.9818	5.8528	-0.0585	0.9703	1071.84
28	48	23.60	23.55	1	-0.050	1020	1194.25	0.854	-0.2705	5.4105	7.0631	-0.3532	0.8043	1268.24
29	49	23.55	23.52	1	-0.030	930	1117.45	0.832	-0.3074	10.2451	9.0749	-0.2722	0.8531	1090.16
30	50	23.52	23.50	2	-0.010	876	1069.45	0.819	-0.3291	32.9051	10.6138	-0.1061	0.9454	926.55
31	52	23.50	23.48	1	-0.020	840	1507.21	0.557	-0.6894	34.4696	12.0308	-0.2406	0.8714	963.94
32	53	23.48	23.46	1	-0.020	808	1009.79	0.800	-0.3597	17.9870	13.6369	-0.2727	0.8528	947.47
33	54	23.46	23.45	1	-0.010	776	989.99	0.784	-0.3856	38.5591	14.9808	-0.1498	0.9221	841.59
34	55	23.45	23.40	2	-0.025	760	950.39	0.800	-0.3605	14.4213	18.0787	-0.4520	0.7403	1026.62
35	57	23.40	23.38	1	-0.020	680	904.19	0.752	-0.4344	21.7210	22.5117	-0.4502	0.7415	917.11
36	58	23.38	23.36	2	-0.010	652	877.80	0.743	-0.4483	44.8292	25.5171	-0.2552	0.8630	755.47
37	60	23.36	23.33	1	-0.030	624	844.80	0.739	-0.4544	15.1470	29.8442	-0.8953	0.3235	1928.70
38	61	23.33	23.30	1	-0.030	582	805.20	0.723	-0.4776	15.9184	36.0159	-1.0805	—	—
39	62	23.30	23.26	1	-0.040	540	759.00	0.711	-0.4938	12.3454	44.8471	-1.7939	—	—
40	63	23.26	23.24	1	-0.020	492	719.40	0.684	-0.5323	26.6136	54.1213	-1.0824	—	—
41	64	23.24	23.23	4	-0.002	468	703.84	0.665	-0.5579	223.1491	59.4546	-0.1486	0.9227	507.21
42	68	23.23	23.22	1	-0.010	456	693.24	0.658	-0.5673	56.7321	63.2990	-0.6330	0.6058	752.71
43	69	23.22	23.21	5	-0.002	444	682.64	0.650	-0.5770	288.4778	67.3920	-0.1348	0.9302	477.33
44	74	23.21	23.19	3	-0.007	432	666.74	0.648	-0.5802	87.0278	74.0330	-0.4936	0.7117	607.04
45	77	23.19	23.17	1	-0.020	412	645.54	0.638	-0.5927	29.6333	83.9167	-1.6783	—	—
46	78	23.17	23.16	1	-0.010	396	629.64	0.629	-0.6044	60.4443	92.1861	-0.9219	0.2795	1416.65
47	79	23.16	23.14	1	-0.020	388	613.74	0.632	-0.6003	30.0167	101.2704	-2.0254	—	—
48	80	23.14	23.13	2	-0.005	372	597.84	0.622	-0.6128	122.5628	111.2499	-0.5562	0.6661	558.44
49	82	23.13	23.11	1	-0.020	364	581.94	0.625	-0.6088	30.4377	122.2129	-2.4443	—	—
50	83	23.11	23.09	1	-0.020	348	560.74	0.621	-0.6148	30.7421	138.5287	-2.7706	—	—
51	84	23.09	23.07	2	-0.010	332	539.54	0.615	-0.6214	62.1355	157.0228	-1.5702	—	—
52	86	23.07	23.05	5	-0.004	316	518.34	0.610	-0.6283	157.0845	177.9859	-0.7119	0.5367	588.77
53	91	23.05	23.04	2	-0.005	300	502.44	0.597	-0.6435	128.6970	195.5252	-0.9776	0.1496	2005.62
54	93	23.04	23.03	1	-0.010	292	491.84	0.594	-0.6475	64.7531	208.1681	-2.0817	—	—
55	94	23.03	23.02	2	-0.005	284	481.24	0.590	-0.6517	130.3459	221.6285	-1.1081	—	—
56	96	23.02	23.01	1	-0.010	276	470.64	0.586	-0.6561	65.6091	235.9593	-2.3596	—	—

註：“—”係表示 $1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t} < 0$ ，故無法計算。

表 8 變量流修正計算表

測次	開始 水位 H (m)	結束 水位 H (m)	歷時 Δt (hr)	漲退差 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ (m/hr)	曲線上 讀得的 $\frac{1}{US_c}$	$1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$	$\sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}}$	曲線上 讀得的 Q_c (m^3/s)	流量 Q (m^3/s)	實測 流量
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	22.02	22.06	1	0.040						
2	22.06	22.09	1	0.030						
3	22.09	22.11	12	0.002						
4	22.11	22.15	5	0.008						
5	22.15	22.29	1	0.140						
6	22.29	23.05	2	0.380						
7	23.05	23.17	1	0.120	507.95	16.6138	4.0760	507.95	*	715
8	23.17	23.4	2	0.115	613.80	5.9983	2.4492	613.80	*	854
9	23.4	23.81	2	0.205	917.39	2.1998	1.4832	917.39	1360.7	1180
10	23.81	23.83	1	0.020	1668.10	1.0304	1.0151	1668.10	1693.3	1840
11	23.83	23.89	1	0.060	1714.50	1.0711	1.0349	1714.50	1774.4	1870
12	23.89	23.99	1	0.100	1853.70	1.0717	1.0353	1853.70	1919.0	1980
13	23.99	24.04	3	0.017	2081.48	1.0075	1.0037	2081.48	2089.2	2200
14	24.04	24.11	1	0.070	2225.22	1.0216	1.0107	2225.22	2249.1	2310
15	24.11	24.16	1	0.050	2426.47	1.0106	1.0053	2426.47	2439.3	2460
16	24.16	24.15	1	-0.010	2570.22	0.9981	0.9991	2570.22	2567.8	2570
17	24.15	24.11	1	-0.040	2541.47	0.9913	0.9956	2541.47	2530.4	2530
18	24.11	24.07	1	-0.040	2426.47	0.9888	0.9944	2426.47	2412.8	2390
19	24.07	24.01	1	-0.060	2311.47	0.9770	0.9884	2311.47	2284.7	2250
20	24.01	23.94	1	-0.070	2138.98	0.9597	0.9796	2138.98	2095.4	2040
21	23.94	23.86	1	-0.080	1876.90	0.9263	0.9624	1876.90	1806.4	1820
22	23.86	23.82	1	-0.040	1737.70	0.9463	0.9728	1737.70	1690.4	1600
23	23.82	23.75	1	-0.070	1610.10	0.8674	0.9313	1610.10	1499.5	1500
24	23.75	23.69	1	-0.060	1459.30	0.8292	0.9106	1459.30	1328.8	1340
25	23.69	23.65	1	-0.040	1376.65	0.8442	0.9188	1376.65	1264.9	1200
26	23.65	23.61	1	-0.040	1299.85	0.7998	0.8943	1299.85	1162.5	1120
27	23.61	23.6	1	-0.010	1251.85	0.9415	0.9703	1251.85	1214.7	1040
28	23.6	23.55	1	-0.050	1194.25	0.6468	0.8043	1194.25	960.5	1020
29	23.55	23.52	1	-0.030	1117.45	0.7278	0.8531	1117.45	953.3	930
30	23.52	23.5	2	-0.010	1069.45	0.8939	0.9454	1069.45	1011.1	876
31	23.5	23.48	1	-0.020	1507.21	0.7594	0.8714	1507.21	1313.4	840
32	23.48	23.46	1	-0.020	1009.79	0.7273	0.8528	1009.79	861.1	808
33	23.46	23.45	1	-0.010	989.99	0.8502	0.9221	989.99	912.8	776
34	23.45	23.4	2	-0.025	950.39	0.5480	0.7403	950.39	703.6	760
35	23.4	23.38	1	-0.020	904.19	0.5498	0.7415	904.19	670.4	680
36	23.38	23.36	2	-0.010	877.80	0.7448	0.8630	877.80	757.6	652
37	23.36	23.33	1	-0.030	844.80	0.1047	0.3235	844.80	*	624
38	23.33	23.3	1	-0.030	805.20	-0.0805	—	805.20	—	582
39	23.3	23.26	1	-0.040	759.00	-0.7939	—	759.00	—	540
40	23.26	23.24	1	-0.020	719.40	-0.0824	—	719.40	—	492
41	23.24	23.23	4	-0.002	703.84	0.8514	0.9227	703.84	*	468
42	23.23	23.22	1	-0.010	693.24	0.3670	0.6058	693.24	420.0	456

測次	開始 水位 H (m)	結束 水位 H (m)	歷時 Δt (hr)	漲退差 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ (m/hr)	曲線上 讀得的 $\frac{1}{US_c}$	$1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$	$\sqrt{1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}}$	曲線上 讀得的 Q_c (m ³ /s)	流量 Q (m ³ /s)	實測 流量
43	23.22	23.21	5	-0.002	682.64	0.8652	0.9302	682.64	*	444
44	23.21	23.19	3	-0.007	666.74	0.5064	0.7117	666.74	474.5	432
45	23.19	23.17	1	-0.020	645.54	-0.6783	—	645.54	—	412
46	23.17	23.16	1	-0.010	629.64	0.0781	0.2795	629.64	*	396
47	23.16	23.14	1	-0.020	613.74	-1.0254	—	613.74	—	388
48	23.14	23.13	2	-0.005	597.84	0.4438	0.6661	597.84	398.2	372
49	23.13	23.11	1	-0.020	581.94	-1.4443	—	581.94	—	364
50	23.11	23.09	1	-0.020	560.74	-1.7706	—	560.74	—	348
51	23.09	23.07	2	-0.010	539.54	-0.5702	—	539.54	—	332
52	23.07	23.05	5	-0.004	518.34	0.2881	0.5367	518.34	278.2	316
53	23.05	23.04	2	-0.005	502.44	0.0224	0.1496	502.44	75.2	300
54	23.04	23.03	1	-0.010	491.84	-1.0817	—	491.84	—	292
55	23.03	23.02	2	-0.005	481.24	-0.1081	—	481.24	—	284
56	23.02	23.01	1	-0.010	470.64	-1.3596	—	470.64	—	276

註：“—”係表示 $1 + \frac{1}{US_c} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t} < 0$ ，故無法計算。

註：“*”係修正值偏離實測值過大，故不予取用。

進行蓄水的操作。於此段流域河道斷面均勻，且變動迴水影響乃由 Guntersville Dam 蓄水操作所引起。故於此河段使用落差法修正分析修正水位-流量率定曲線，將可獲得很好的結果。

本研究以彰雲橋水位站為例，做落差修正法的率定曲線分析，因其下游沒有設置輔助水位站，故使用距離較遠的溪州橋水位站資料為其輔助水位站。因為彰雲橋站河段的底床坡度甚陡（1/260），加上彰雲橋下游沒有攔河堰或其它結構物可產生明顯迴水，故使用落差法修正率定曲線，並沒有得到很好的結果。而濁水溪坡陡流急的河川，其水位流量關係受迴水因素影響很小。且其洪枯流量懸殊，斷面變化大，河道流路變化頻繁，底床沖淤劇烈，底床高程常常改變等因素。如果單純以變動迴水的觀點去修正率定曲線，顯然無法得到良好的水位及流量的關係。變量流修正分析法是處理受洪水漲退影響水位流量關係的一種方法。它適用於水位流量關係曲線呈單式迴圈的情況。對於複式迴圈，則需分割後分別進行修正。本研究以溪州橋於象神颱風的全洪程記錄加以分析，發現除了於低水位時，部

份的資料的誤差太大或無法計算。雖變量流修正分析法可藉由水位及水位漲退率，將單場的颱風資料做出很好的率定關係。然而若要將變量流分析法適用另場颱風資料，首要的假設是要有相同的穩定流曲線，即於非颱風變量流的狀況下，其水位及流量的關係必須十分穩定。故於濁水溪水位及流量關係複雜的狀況下，變量流修正分析法僅能對單一場颱風事件做出修正後的率定關係。此外，在本研究發現於象神颱風及瑞伯颱風時，彰雲橋站的水位流量曲線於洪水上升段的曲線位於下降段的左方，即同水位下洪水上升段的流量竟小於下降段的流量，如圖 10 及圖 11 所示，此一現象明顯不符實際物理狀況。推論可能是由於水位上升段時，因水流較快，故水位站河段河床可能有明顯沖刷下降，使得底床高程下降。而於水位下降段時，因流速減緩，砂土回淤使得底床高程上升所致。

六、結論與建議

天然河川在指定水文站斷面之率定曲線，均由實測的流量及水位資料所定出。各流域之控制

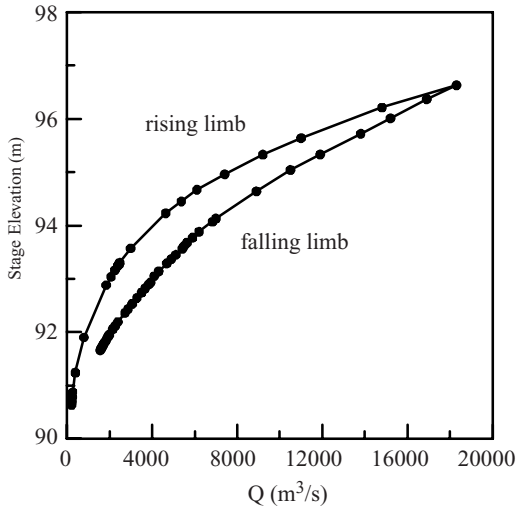


圖 10 彰雲橋站象神颱風水位-流量變化情形

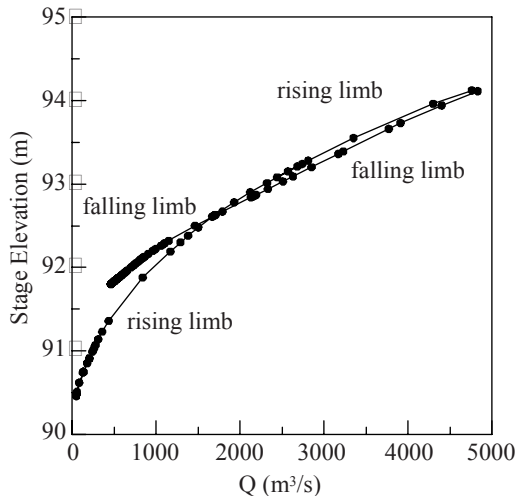


圖 11 彰雲橋站瑞伯颱風水位-流量變化情形

水文站之水位—流量率定曲線，常為該流域實測或計畫流量推估的標準依據或驗證參考，故成為各項水資源規劃利用或防洪工程設計上計畫流量訂定之參照準據，其資料之重要性及準確性，自不待言。因觀測實務工作上之流量觀測大都仍維持人工觀測，且其觀測耗時、耗費人力；而水位觀測較易以自動化觀測方式進行，其觀測取樣頻率或資料擷取、傳輸，皆較為可靠、精確。故如何建立或推求出各流域之控制水位站之具代表性之水位—流量率定曲線，以供能以觀測頻率

較高的水位資料，逕推估出流量資料，成為國內外水利實務工作人士所努力之共同目標。美國 USGS 水文觀測手冊所研訂的落差修正分析法及變量流修正分析法廣泛應用於美國地區河川，對於率定曲線受迴水影響或變量流影響因素之修正，有良好之成效。本文以濁水溪彰雲橋水位—流量站為主要水位站，輔以較下游的溪洲橋水位站為輔助水位站，並分別以實測之長期與象神颱風資料進行評估分析。在落差修正法之評估方面，由修正結果仍無法得出穩定平順的率定關係。究其原因，其原始觀測資料完整性，殆無疑義。惟彰雲大橋水位站率定曲線之變動原因甚多，可能包括河道流路變化、底床沖淤、高程改變及複式斷面等因素，但迴水變動影響因素甚微。而在變量流分析方面，本文以象神颱風之全洪程資料進行分析，可修正分析出該站的穩定流量率定曲線，除低水位有較大誤差外，皆有合理之成果。此外，經由本研究對 USGS 率定曲線主要修正方法之適用性評估，亦可說明率定曲線之修正，應先由流域及河道特性探討著手，並藉由水位—流量實測資料之趨勢特性整理歸納，再擇定合宜之分析方法，較能合適於本土性河川水位流量率定曲線分析需求。

參考文獻

1. 經濟部水利署，水文資料服務網：http://wis.wra.gov.tw/wis/is/is_menu.cfm。
2. 台灣省水利局，“水文觀測實務講義”，台灣水利局(1982)。
3. Rantz, S.F. (1982), Measurement and Computation of Streamflow: Volume 2. Computation of Discharge, U.S Government Printing Office, Washington.
4. 中國大陸水利電力部水利司，“水文測驗手冊”，水利電力出版社(1983)。

收稿日期：民國 92 年 9 月 19 日

修正日期：民國 93 年 3 月 4 日

接受日期：民國 93 年 3 月 10 日