經濟部

# 水文流量測驗標準作業程序

經濟部水利署第四河川局

中華民國 99 年 11 月

# 水文流量測驗標準作業程序

中華民國九十九年十一月

經濟部水利署第四河川局

廉潔、效能、便民

書　　名：水文流量測驗標準作業程序
著　　者：經濟部水利署第四河川局
出 版 機 關：經濟部水利署第四河川局
地　　址：彰化縣溪州鄉尾厝村中山路 640 號
電　　話：(04) 8898530
出 版 年 月：民國九十九年十一月
版　　次：第一版

# 目　錄

目　錄.....i
圖目錄.....iii
表目錄.....v
壹、 前言 .....2
貳、 目的 .....3
參、 施測項目及定義.....3
一、水位.....3
二、斷面.....4
三、流量.....5
四、含砂量 .....5
肆、 水文流量測驗標準作業 .....7
一、外業工作（現場觀測）.....7
(一)水位觀測 .....7
(二)流量觀測 .....13
(三)含砂量觀測.....35
二、內業工作（資料處理）.....40
(一)流量計算 .....40
(二)水位－流量率定曲線製作 .....45
(三)含砂量分析.....52
(四)資料上傳、檢核及登打 .....53
三、儀器及設備維護 .....61
附　錄 A.....68
附　錄 B.....70

**附　錄 C ..... 76**

**附　錄 D ..... 82**

# 圖目錄

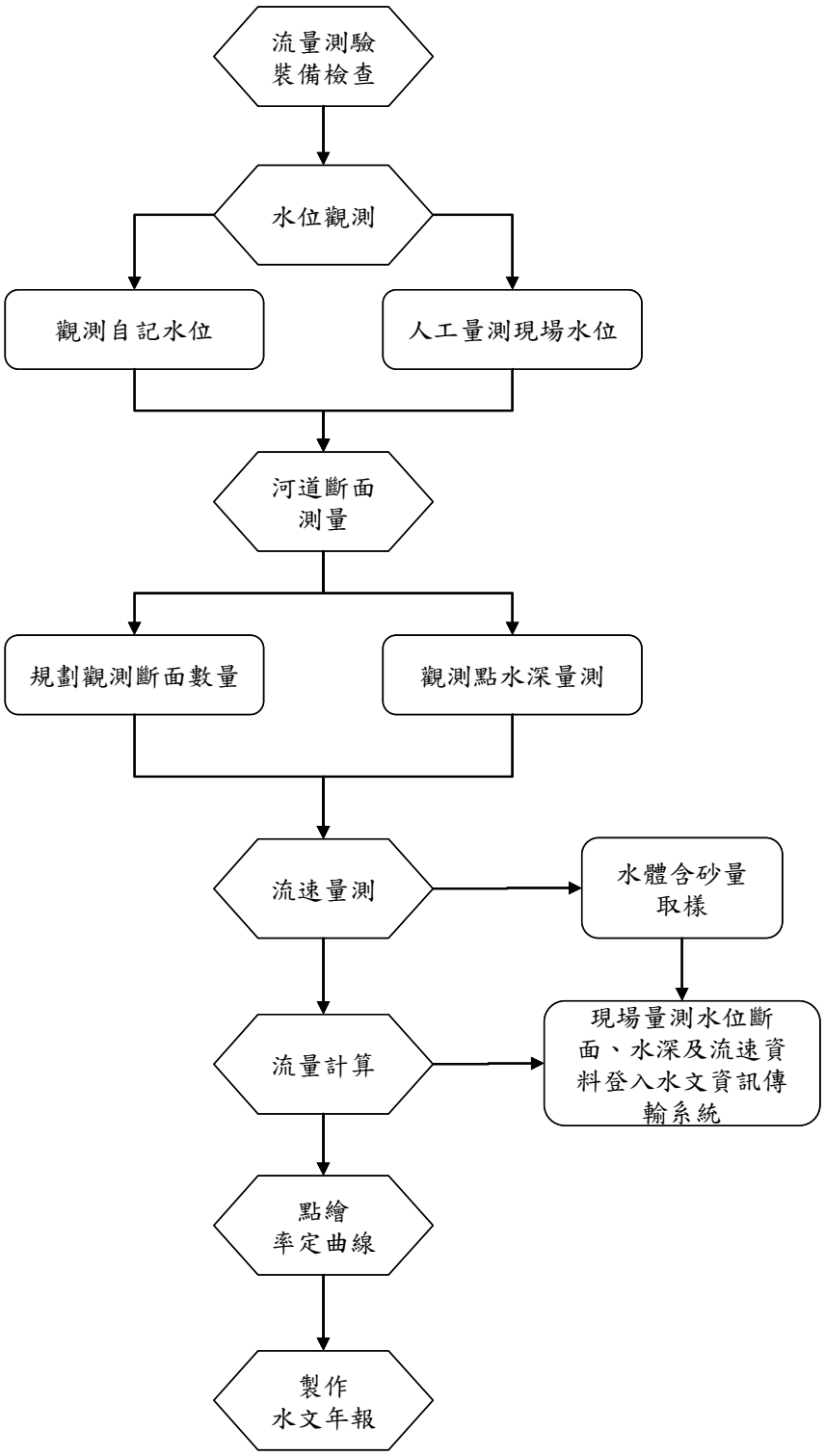
圖 1 雷達波水位計（溪州大橋水文站） ..... 9
圖 2 雷達波水位計系統架構圖 ..... 9
圖 3 現場讀取自記水位 ..... 12
圖 4 現場人工檢測水位 ..... 12
圖 5 涉水施測流量 ..... 19
圖 6 橋上施測流量（吊車） ..... 19
圖 7 橋上施測流量（人工） ..... 20
圖 8 普萊氏流速儀 ..... 20
圖 9 流速儀現場組裝 ..... 21
圖 10 斷面水深量測 ..... 21
圖 11 以流速儀施測流量之標準作業規範 ..... 23
圖 12 浮標種類及其樣式 ..... 25
圖 13 浮標觀測法示意圖 ..... 26
圖 14 固定浮球之浮標觀測法示意圖 ..... 27
圖 15 手持式雷達波流速儀 ..... 29
圖 16 手持式雷達波流速儀操作面板 ..... 29
圖 17 水樣瓶 ..... 39
圖 18 含砂量取樣 ..... 39
圖 19 平均斷面法之流量計算示意圖 ..... 40
圖 20 浮標施測上下斷面平均面積法示意圖 ..... 44
圖 21 水位流量資料點繪圖 ..... 46
圖 22 複式斷面水位流量資料點繪圖 ..... 46
圖 23 雙對數水位流量率定曲線迴歸分析 ..... 48
圖 24 半對數水位流量率定曲線迴歸分析 ..... 48
圖 25 以歷史水位延伸推估流量示意圖 ..... 49
圖 26 不同觀測時段之流量率定曲線圖 ..... 50
圖 27 水文資訊傳輸管理維護系統首頁 ..... 56

圖 28 水文資訊傳輸管理維護系統內容 ..... 57
圖 29 水位資料審核測站選單畫面 ..... 57
圖 30 水位資料審核畫面 ..... 58
圖 31 水位資料修改畫面 ..... 59
圖 32 水位－流量率定作業畫面 ..... 59
圖 33 實測流量資料管理維護畫面 ..... 60
圖 34 實測流量資料登打作業畫面 ..... 60
圖 35 普萊氏流速儀外觀構造及各部名稱 ..... 67
附圖 A-1 本局水文站（水位、流量站）分佈位置圖 ..... 68
附圖 B-1 浮筒式水位計 ..... 71
附圖 B-2 壓力式水位計 ..... 71
附圖 B-3 超音波水位計 ..... 72
附圖 B-4 雷達波水位計 ..... 72
附圖 B-5 自收纜浮筒式水位計（左：直井式；右：斜井式） ..... 73
附圖 B-6 磁石浮筒式水位計（磁簧開關檢測） ..... 74
附圖 B-7 氣泡式水位計（壓力平衡檢測） ..... 74
附圖 B-8 光波式水位計（紅外線反射時間檢測） ..... 75
附圖 B-9 電子水尺（上：觸點感應式；下：電容式） ..... 75
附圖 C-1 質點影像測速系統示意圖 ..... 76
附圖 C-2 質點影像量測示意圖 ..... 77
附圖 C-3 短波雷達流速儀 ..... 77
附圖 C-4 微波雷達流速儀 ..... 78
附圖 C-5 水中超音波測速系統建置方案 ..... 80
附圖 C-6 水中超音波流速儀 ..... 80
附圖 C-7 水平式聲波都卜勒流速測定系統建置方案 ..... 81
附圖 C-8 各式聲波都卜勒流速剖面儀 ..... 81
附圖 D-1 深急水流中測深錘與測錘線位置圖 ..... 82

# 表目錄

表 1 流量測驗記載表 ..... 22
表 2 手持式雷達波流速儀參數說明 ..... 30
表 3 流速測線間距對照表 ..... 34
表 4 流速與重錘採用標準 ..... 34
表 5 不同水深情況下各測線平均流速測定方法 ..... 34
表 6 懸移含砂量取樣器規格一覽表 ..... 38
表 7 含砂量測線間距對照表 ..... 38
表 8 流量施測記錄 ..... 41
表 9 平均斷面法流量計算表 ..... 42
表 10 水位站管理維護記錄表 ..... 66
附表 A-1 本局水文站（水位、流量站）基本資料表 ..... 69
附表 B-1 不同型式之自記水位計優缺點比較 ..... 73
附表 D-1 水面下測錘線與垂直水深差值 K 值表 ..... 83

# 水文流量測驗流程圖


流量測驗
裝備檢查
水位觀測
觀測自記水位
人工量測現場水位
河道斷面
測量
規劃觀測斷面數量
觀測點水深量測
流速量測
水體含砂量
取樣
流量計算
現場量測水位斷面、水深及流速資料登入水文資訊傳輸系統
點繪
率定曲線
製作
水文年報

# 水文流量測驗標準作業程序

## 壹、前言

水文測驗工作為水利事業發展之基礎，其成果可做為河川、水庫相關規劃及管理之依據，因此確保及提昇資料品質為水文第一線從業人員之職責與努力之目標。目前我國對於水文站所規範之基本施測項目包括水位、流量及含砂量等，相關資料之用途大致如下：

一、 防洪規劃及管理

(一) 治水計畫

(二) 洪水預警

(三) 水庫防洪、排砂運轉

二、 水資源規劃及管理

(一) 利水計畫（水資源開發、水力發電）

(二) 乾旱預警

(三) 水源調配

三、 環境規劃及管理

(一) 環境計畫（維持流量）

(二) 景觀及親水空間營造

(三) 生態保育及復育

四、 學術研究

(一) 水文統計與分析

(二) 水理、輸砂模式建構與分析

(三) 水文、地文環境與氣候變遷之相關研究

## 貳、目的

水文流量測驗標準作業程序（以下稱為本作業程序）之制訂，除可作為本局平時、颱洪水文測驗工作之依據，並可作為新進同仁訓練教材之用，其主要目的包括：

一、 水文、水理觀測精度之提昇

二、 觀測、資料整理相關技術之提昇

三、 從業人員技術能力之維持與提昇（包含經驗、技術之傳承）

## 參、施測項目及定義

有關水文站之基本施測項目及其定義，分述如下：

一、 水位

係指距某基準面所測得之水面高度。水位觀測一般包括蓄水水位，以及湖泊、河川水位等之測定，可由人工間斷讀取或自記儀器連續施測，其量測係以水面相對於水文站基準點標高之漲退變化高程為水位記錄。

(一) 河川水位會因流量變化與河床變動而隨之改變，而河口或感潮地區之水位，更會受到潮汐或海嘯等潮位變動之影響。水庫或湖泊水位由於面積較為寬廣，將受風及蒸發影響而降低、或因湖面波動而呈現振動現象。

(二) 為了河川管理，必須長期進行水位觀測。平時可用來進行用水取水量或取水位之管理，颱洪時則可提供洪水預警之重要資訊。

(三) 河川水位原則上以平均海平面為基準進行量測。為了解上

游至下游或相鄰測站間水位之相互關係，水位以相對於基準面之值表示。因此，必須於水文站設置水準基準點（水準量測的水準點”Bench Mark”，又稱為水準標點），由設定之基準面進行水準量測以測得其高程，並據此預先量測、記錄得到正確之水尺零點標高，作為後續水位觀測之依據。就台灣之河川而言，一般皆採用基隆之平均海水面（KP），作為河川管理之基準面。

(四) 水位之表示單位為公尺，且應標示至小數點以下兩位（公分）。

二、 斷面

係指河川水流通過之橫斷面或與主流垂直之剖面。量測河川斷面可配合流速量測，以計算流量數值。

(一) 斷面量測包括距離量測及水深量測。量測時沿橫跨河流之斷面線，每隔相當距離測水深一次，再由水面水位高程計算測點河床之高程。若河川具不規則之底層地段，測點間距需拉近，且相互間隔不必相等。

(二) 一般繪製斷面圖係根據斷面量測結果，以河流寬度當橫座標，河床高程當縱座標，左岸在左，右岸在右；左岸起點為零點，如河流寬淺時，為清楚表示斷面變化，縱橫坐標比例尺之比例為 1 比 10；如河流狹深，則應用相同之比例尺，不必放大。

(三) 水文站所在之河道斷面，每年汛期前後應至少各量測一次，因斷面形狀與土地利用、施工及橋墩保護設施有關，故每次洪水後或河床有重大變化時應加測一次。

三、 流量

係指單位時間內通過水路（河川、渠道等）某斷面之水流體積。天然河川之流量觀測，目前仍以流速－面積法為主要測驗方式，亦即流量 Q＝V×A。基於影響本項觀測結果之因素較多，直接且連續觀測河川流量有其困難，因此一般多藉由水位－流量率定關係，將水位轉換成流量。

(一) 河川流量資料對水文分析而言相當重要，可做為防洪、給水、灌溉、水庫設計及水利發電之參考。於水資源開發中，大部分水源取自河川，因此準確的河川流量測驗為研究水文及水資源利用之基本依據。

(二) 河川流量測驗須於河道斷面上設定測線，量測測線上之流速與水深，最後根據測線間之斷面積與流速推求其斷面流量。

(三) 於天然河川，流量之連續觀測有其困難，必須耗費諸多勞力與時間，因此事先進行水位與流量關係的率定，搭配每日水位觀測的施行，可由水位間接求得流量。而水位與流量的關係，則需透過水文站不同流量之實測結果分析求得。

(四) 流量單位視流量大小與計算便利選用，一般以立方公尺/秒（cms）表示。

四、 含砂量

係指天然河川或人工渠道中水流所攜帶泥砂之重量比例，通常以濃度加以表示。其量測可藉由水樣的汲取，計算各測點之含砂濃度，以進一步瞭解水路中泥砂之輸送情況。

(一) 泥砂淤積對於防洪、給水、灌溉及水庫運轉等方面皆有相

當大的影響，如河床淤高、水庫有效容量減少、渠道灌溉效率降低等，因此含砂量之測定為泥砂輸送研究及水資源工程規劃與設計上不可或缺之重要資訊。

(二) 在水流中運行之泥砂，一般可分為懸浮於水中之懸移質，與貼近河床移動之推移質。本作業程序中所述之方法係針對懸移質之量測。

(三) 以濃度表示含砂量，其定義為單位重量水中所含泥砂之乾重量，一般以百萬分之一（ppm）表示。含砂量之分析結果，可應用於河川輸砂量之估算。

(四) 含砂量之施測需配合流量測驗同時進行，並由流量測驗之水面寬選定取樣位置，其測線數目可較流速測線為少，端視水面寬度而定。

本局轄區內水文站（含水位站及水位流量站）之基本資料及其分佈位置，詳見附錄 A。

# 肆、水文流量測驗標準作業

## 一、 外業工作（現場觀測）

水文測驗之外業項目，除讀取水位記錄外，尚須進行河道斷面、流量量測、含砂量量測等相關工作。各項工作之內容、實施時間與頻度等相關規定，說明如下：

### (一) 水位觀測

1. 工作內容

可分為人工與自記觀測兩種，原則上應以自記觀測（含即時傳輸）為主，視需求增加人工觀測予以輔助。

(1) 人工觀測：係指由觀測人員直接判讀水位標尺之水位，原則上於每日指定時間進行，其觀測方式可採肉眼、望遠鏡或監視器等進行目測，一般應讀至水尺之最小刻度單位(公分)。

- 人工水位觀測係依指定時間由水位標尺判讀水位的方式。於水中豎立的直立石柱、木柱，或於橋墩、河岸附設之水位標尺，可直接目測讀出水位。
- 水位標尺的設置應能觀測到河川最低及最高水位，分段設置時，相接的兩段至少需重疊 20 公分。
- 目前人工水位觀測大多搭配自記觀測進行核對、補遺水位的工作，當自記水位計發生故障、水位觀測塔淤砂、河流改道等原因致使無法發生功能時，應改採人工觀測方式。
- 水位判讀除利用肉眼目視外，亦可輔以望遠鏡或遠距影像監視器等工具進行，其中遠距影像可應用於洪水位之監

控。

■ 未設有固定水尺之水文站，應以繩錘水尺施測水位。

(2) 自記觀測：係利用水位感測儀器，自動量測連續變化之水位，以類比或數位儲存方式加以記錄。儀器之各項操作必須依規定進行，此外，水位記錄原則上以公尺為單位，並取至小數點後兩位。

■ 自記水位觀測係利用機械或電機裝置，自動讀取並記錄水位的變動情況。自記水位計種類很多，國內較為常見的有浮筒式、壓力式、音波式及電波式等，相關資料請參考附錄 B。

■ 為因應各地觀測環境不同之需求，可分別設置不同型式之水位計，惟同一種類之水位計又有不同品牌及規格之分，使用及操作時應特別注意。

■ 自記水位計的記錄方式，一般多以半導體記憶元件等進行資料儲存。為防止因記憶裝置故障、停電造成的資料缺漏及異常或便於進行資料比對，可採行併設記錄紙的方式。

■ 本局轄區內水文站目前皆採用無線電傳輸之雷達波水位計，儀器外觀及相關系統架構如圖 1 及圖 2 所示。

圖 1 雷達波水位計（溪州大橋水文站）

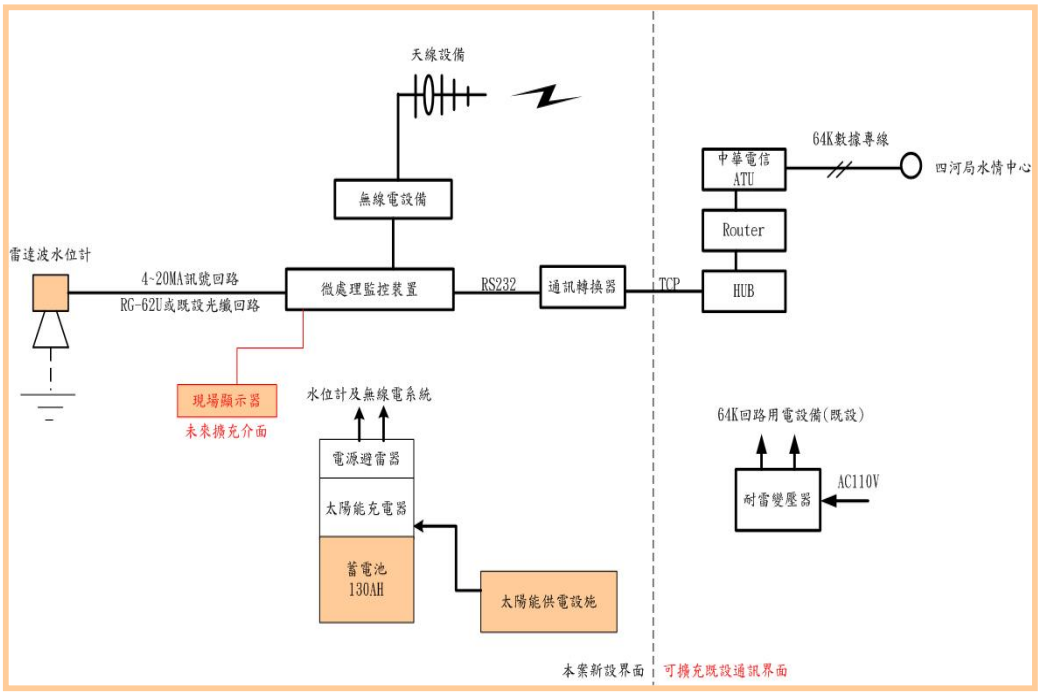



圖 2 雷達波水位計系統架構圖

2. 實施頻度

(1) 人工觀測

■ 當水文站僅設置水尺或自記水位計故障時,必須施以人工水位觀測,每日以二至四次為原則,並得視水位變化狀況或需要予以增加觀測次數。

■ 有上述情況發生時,一般河川於平水時期,原則上每日 8 時及 16 時各觀測一次;而於豐水時期,若發生豪雨或颱洪致使河川水位變化激烈時,原則上應於每一整點進行觀測。

■ 平時則應配合自記水位計維護工作(每月至少一次),進行水位之核對(比測)或補遺,如圖 3 及圖 4 所示。

(2) 自記觀測

■ 每月至少一次至水文站更換記錄紙或下載已儲存的資料。若為即時水位站,除即時傳送觀測資料外,仍需定期下載觀測資料,且應於颱風豪雨前後加強檢查,以維護測站正常功能。

3. 注意事項

如水位站設有記錄紙裝置,則應進行下列工作:

(1) 記錄紙更換

A. 取下記錄紙前應於最後記錄位置加註記號,並將日期、時間、天候、水尺讀數及更換人姓名記載於記錄紙上。

B. 安裝新的記錄紙。將用紙拉撐緊密地裝上,核對儀器時間、刻度,並將日期、時間、天候、水尺讀數及更換人姓名記載於記錄紙上。

C. 進行墨水的檢查。就記錄筆筆尖是否有充足的墨水、黏性是否過度進行檢查。補充墨水時，需將之前的墨水用水沖洗乾淨後，再使用指定的墨水加以補充。

D. 以電池做為電力來源時，為避免電壓不足導致缺測的情況發生，因此必須時常進行檢測以適時更換電池，並記載更換日期做為下次更換的依據。

(2) 記錄紙判讀

A. 讀取記錄紙水位記錄時，必須依時鐘的快慢進行對應時間的修正，其讀取的項目如下：

- 每一整點水位。
- 每月的最高、最低水位以及發生的日、時、分。

B. 讀取記錄紙水位記錄時，應檢查記錄紙上相關記載，有漏填或誤植情形，應予以補填或更正，當記錄線呈鋸齒狀時，應以紅筆通過中心位置劃一細線，當記錄線呈階梯狀，應以紅筆依成因加以校正。

C. 若同時具有數位及記錄紙式記錄時，應對二者資料進行比對，包括水位、時間等，並依現場觀測記錄值，研判何者產生誤差。

圖 3 現場讀取自記水位

圖 4 現場人工檢測水位

(二) 流量觀測

1. 工作內容

目前國內普遍採用之河川流量測驗方式，仍以流速－面積法為主，必須同時進行河川斷面與流速之量測工作。其作業方式包括涉水施測（涉測，如圖 5 所示）及橋上施測（吊測，如圖 6 及圖 7 所示）等。

(1) 通水斷面量測：係配合流速量測，用以計算流量數值，其包括距離量測和水深量測兩項。茲將量測方法說明如下：

A. 距離量測：係為定出橫跨河流之斷面上各測線之位置，一般規定由左岸斷面測樁為起點。

- 斷面位於橋樑時，可直接於橋上欄杆或橋面上以皮尺量測距離。
- 流速小於每秒 1.5 公尺，水深在 0.75 公尺以下且可步涉之小河，可跨河架設纜索為斷面線，涉水在纜索上測定距離。

B. 水深量測：係為定出各測點水面至河床之高度。為量測斷面上各點之實際水深，一般常採用測深桿、測深錘與聲納測深儀等工具。

- 測深桿為竹製、木製或金屬製，其上標有刻度。當流速小於每秒 1.5 公尺，水深在 0.75 公尺以下時，適用以各式測深桿直接涉水進行量測。
- 測深錘為鉛製重錘，以鋼索繫之。當不適用測深桿量測水深時，可利用測深錘自橋上進行吊測。施測時先測出橋上欄杆（或橋面）至河床之高度，再測出橋上欄杆（或橋面）至水面之高度，兩者差值即為量測之

水深。

■ 聲納探深儀適用於水流湍急或水深極深的河流。其量測受測距精度與超音波水中穿透能力之限制，使用時應考量環境之影響。

(2) 流速量測：水流速度係指單位時間內水流經過之距離，常用單位為公尺/秒，流速可用來計算流量，也可表示水流的力量。由於河道中水流速度各處不同，依量測方式一般可區分為單點流速、剖面流速與表面流速量測三種，茲將本局目前所採用之測驗方法分述如下：

A.流速儀法：係以旋杯式流速儀（如普萊氏流速儀，圖 8）進行量測。施測時旋杯受流水衝擊而轉動，其迴轉數經由響音器的聲響計出，配合所經時間之量測，最後根據流速與轉速公式求得。公式一般表示如下：

$$V = a N + b$$

其中，V = 流速（公尺/秒）、N = 旋杯迴轉數/秒、a 及 b 為流速儀之率定常數。

利用流速儀施測流量時，可同時進行斷面及流速之量測工作，從施測前整備至施測完畢之資料處理，大致上可分為五個階段：

■ <u>**第一階段：整備**</u>

步驟 1：出發至施測地點前應詳細檢查攜帶物品，包括整組流速儀、測深錘、交通指揮棒、交通錐、皮尺、記錄板、碼錶、筆、備用電池、捲揚設備（吊車、台車等）、急救箱、救生衣、拉索、

含砂量取樣器及水樣容器等，若為全洪程或全潮量測，則應包含手電筒等照明用具。

步驟２：檢查流速儀各細部零件，並以手指碰觸旋杯作迴轉試驗，視其旋轉是否順暢。

步驟３：檢驗響音器或耳機是否正常，電池是否充足或更新，電線、電纜線及碼錶是否正常。

步驟４：測試完畢，流速儀應置於儀器箱內固定裝置，以避免搬運時精細零件受到損壞或影響精度。

■ **<u>第二階段：現場組裝、測試</u>**

步驟１：到達施測地點後，應先擺設交通警示錐或標示閃燈，若路面狹窄或交通壅塞地區，則必須另有人員進行交通疏導。安全無虞後，隨即進行儀器及相關裝備組裝。

步驟２：當流速小於每秒 1.5 公尺、水深在 0.75 公尺以下且現場環境適合進入河道時，可將流速儀固定於測桿上，以手持方式直接實施涉測；在河道水深、水流湍急，或受現場地形限制，無法進入河道實施涉測時，可將流速儀吊掛於懸索，利用人工或裝置捲揚起重機（Crane）於橋上施行吊測，此時需依現場水流情況配掛重錘以穩定流速儀。（圖 9）

步驟３：確認流速儀之適用流速範圍，一般時期之流量施測，組裝時可先將流速儀轉數接線接為一轉一響，所測定之流速以不超過每秒一轉為原則，若流速過大，使得轉數過快不易辨識與記

錄時，則視現場流速狀況調整為五轉一響。

步驟４：重複第一階段之步驟 2 及步驟 3，以確保儀器維持於正常狀況。

■ **第三階段：施測**

步驟１：首先利用皮尺測量水路斷面寬度，並依斷面寬度決定施測間距與測線位置。一般若河床平整，變化不大，則以施測 10 個測線為原則；若河床不平整且極不規則時，則應縮小測線間距且間距不需相等，以增加測線數目。當河川水位高於洪水平原時，高灘地之測線數可較少，而深槽的測線數需較密。

步驟２：以人工量測（或觀測）水位，並與自記水位計讀數進行比對，斷面測深開始與終了時都必須觀測水位一次。若於感潮河段或水位變化不穩定河段，而附近又無自記水位設備，應於流量測驗開始至終了時，每 15 分鐘觀測水位一次，以利於流量計算。

步驟３：量測水深時應力求測深桿或測深錘垂直落於河床。自橋上量測水深時，測線必須選在下游，施測時先測橋上欄杆（或橋面）至河床高度，再測橋上欄杆（或橋面）至水面高度，兩值相減即為量測水深。測深錘抵達河床時，必然感到繩索受力較鬆，此時要稍稍提升拉直，再計深度。每測線水深至少需量測兩次，兩次誤差應在 5 %以內，以兩次量測值之平均值做為水

深測值。(圖 10)

步驟 4：涉水施測流速時，施測人員需站立於河道斷面下游處，並面向上游，以免影響流速，右臂向右前方伸出測桿，左手握碼錶，同時應注意流速儀之測桿需垂直，並記錄流速儀與測量斷面之水平夾角。

步驟 5：橋上施測流速時，可先以流速儀下配掛之重錘測定水深，再將流速儀旋杯中心位置升降至需要高度測定流速，量測水深方式與前述步驟 3 大致相同。

步驟 6：於各點水深施測流速時，務必使水中流速儀旋杯中心成平面平行水流方向，方可承受完全的水流，響音器或耳機聲響穩定後，即可開始計測轉數。在聽到聲響時按下碼錶計時，當時間超過 40 秒，而轉數適當時按停碼錶，並記下轉數與所經過之時間，記載表格如表 1 所示。

步驟 7：流速儀量測每點流速轉數的時間以 40 秒至 60 秒為原則，若超過 60 秒仍無轉數，則檢視流速儀是否故障或遭異物卡住，排除後重新施測一次，以確認轉數。

步驟 8：於施測過程中若轉數過快不易辨識及記錄，則可將流速儀調整為五轉一響。反之，若轉速過慢，則可更換低流速量測範圍之流速儀後，再繼續進行上述步驟。

■ **第四階段：施測完畢，裝備管收與保養**

步驟１：施測完畢後先查看記錄表格是否已完整登錄，有無缺漏資料，是否需要補測，若確定完成則拆卸儀器設備，並進行裝備器材點收。

步驟２：由於施測時流速儀常遭受污損，或異物纏繞，施測完畢後應立即做初步保養，擦拭乾淨，若發現故障應予以記錄，立即送修。其餘流速儀維護保養事宜，請參照流速儀維護保養等相關規定辦理。

■ **第五階段：資料記錄及分析**

步驟１：流量測驗時應詳細記載各測點之流速轉數、時間，以及測線水深、斷面寬等資料，並於施測完畢後將該資料輸入電腦求得該時段之斷面積、平均流速與流量值。配合所對應之水位資料，繪入該測站之水位流量率定半對數曲線圖中，比對所量測之資料是否合理，若合理則可留為製作今年水位流量關係之用，若不合理或有錯誤，則捨棄施測結果，擇日再行施測。

步驟２：一般於計算上，面積（平方公尺，$m^2$）採小數點以下二位計算，流速（公尺/秒，m/s）採小數點以下三位計算，水位（公尺，m）採小數點以下二位計算，流量（立方公尺/秒，$m^3/s$）採小數點以下三位計算。

流速儀施測流量之標準作業程序如圖 11 所示。

圖 5 涉水施測流量

圖 6 橋上施測流量（吊車）

圖 7 橋上施測流量（人工）

圖 8 普萊氏流速儀

圖 9 流速儀現場組裝

圖 10 斷面水深量測

# 流速儀法流量測驗記載表

表號1-7(72年修訂)

測流編號 ..... 計 算 者 ..... 校 核 者 .....

日期 ..... 年 ..... 月 ..... 日 施 測 者 ..... 協 助 者 .....

水面寬 ..... 面積 ..... 流速 ..... 水位 ..... 流量 .....

方法 ..... 斷面數 ..... 水位變化 ..... 在 ..... 小時 .....

方法係數 ..... 水平角係數 ..... 吊繫係數 ..... 流速儀號碼 .....

| 水尺讀數 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 時 | 開始終了 | 記錄紙 | 內水尺 | 外水尺 |
| | 開 始 | | | |
| | 終 了 | | | |
| 權重平均水位 | | | | |
| 校 正 值 | | | | |
| 校正平均水位 | | | | |

流速儀校正日期 .....

用何法測流 .....

粗糙率計算 第 股主流

| 水尺讀數 | 始 | 終 | 平均水位 | 水位差 |
|---|---|---|---|---|
| 上 水 尺 | | | | (H) |
| 下 水 尺 | | | | |

上下水尺距離 L = m

A = p =

S = M / L =

R = A / P =

$$n = \frac{R^{2/3}\ S^{1/2}}{V} =$$

測量結果 很好(2%) 好(5%) 普通(8%) 不好(8%)以上

流 向 氣 候

空氣溫度

水 溫

記錄紙有否裁斷 上

觀 測 者 有否沖砂中

下

斷面情形

施測地點

其 他

零點高度

(19.5× 14)

| 角度校正 | 起點距 | 寬 | 水 深 | 測法 | 迴轉數 | 時 間 | 流速 點 | 流速 平均 | 校正流速 | 面 積 | 流 量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

| 實施階段 | 作業項目及流程 | 作業說明 |
|---|---|---|
| 整備 | 攜帶物品檢查 | □流速儀 □測深錘 □碼錶 □筆 □記錄板 □皮尺 □含砂取樣器 □水樣容器<br>□拉索 □捲揚設備 □交通錐 □交通指揮棒 □急救箱 □救生衣 □手電筒 □備用電池 |
| | 流速儀測試 | □進行旋杯迴轉試驗，視其旋轉是否順暢<br>□檢驗響音器或耳機是否正常 |
| 現場組裝及測試 | 現場確認 | □擺設交通錐、標示閃燈，必要時需有人員進行交通疏導<br>□進行儀器及相關裝備組裝、測試 (同實施步驟 2)<br>□視現場流速狀況調整轉數接線 [○1 轉 1 響 / ○5 轉 1 響] |
| | 施測方式決定 | □流速小於 1.5 公尺/秒、水深在 0.75 公尺以下時，將流速儀固定於測桿上實施涉測<br>□在河道水深、水流湍急及受地形限制，無法採用涉測時，將流速儀配掛重錘進行吊測 |
| 施測 | 水位量測 | □施測開始與終了時皆必須觀測水位一次<br>□感潮或水位變化不穩定河段，且附近無自記水位設備，每 15 分鐘應觀測水位一次 |
| | 測線選擇 | □量測水路斷面寬度，決定施測斷面間距與測線位置<br>□施測以 10 個測線為原則，河床極不規則時可予以增加<br>(參照流速測線間距對照表) |
| | 水深、流速量測<br>涉測<br>吊測 | □涉水施測流速時，施測人員需站立於河道斷面下游處<br>□自橋面量測水深時，斷面線必須選在下游，施測時先測橋面至河床高度，再測橋面至水面高度，兩值相減即為量測水深<br>□每測線水深至少量測兩次，誤差應於 5%以內，以其平均值做為水深測值<br>□測線平均流速之測法分為單點法、二點法、三點法數種，依不同水深及施測方式決定之 (參照不同水深各測線平均流速測定方法)<br>□記錄各點的流速儀轉數與所經時間，量測時間以 40 秒至 60 秒為原則 |
| 裝備管收及保養 | 攜帶物品點收 | □查看記錄表格是否完整登錄，有缺漏時則需進行補測<br>□拆卸儀器設備，點收裝備器材<br>□進行初步保養，清除纏繞之異物並將儀器擦拭乾淨，發現故障應予記錄並送修 |
| 資料整理及分析 | 流量計算 | □將資料輸入電腦求得斷面積、平均流速與流量值，配合水位資料繪入水位流量率定曲線圖<br>□比對量測資料是否合理，不合理或有錯誤時，需捨棄其結果擇日再行施測 |

圖 11 以流速儀施測流量之標準作業規範

B. 浮標法：係利用投擲至水面上之浮標，量測其隨水流行經一定距離所需的時間，以計算水流表面或接近表面之流速。其計算公式如下：

$$V_{suf} = L / t$$

其中，$V_{suf}$ = 表面流速（公尺/秒）、L = 浮標流經距離（公尺）、t = 經過時間（秒）。

- 浮標大致可分為水面浮標、深水浮標與浮桿浮標三種，如圖 12 所示。而為減少水面浮標受風力吹送影響，其形狀以扁球體最佳。
- 浮標法所測得之流速係為表面流速，如欲得知各測線垂直剖面之平均流速，則可透過浮標係數 $K_f$ 加以換算，其中垂線平均流速 $V = K_f \cdot V_{suf}$ 。
- 浮標係數可於平時或中流量以上尚可使用流速儀時，使浮標與流速儀相互配合，求取兩者間流速之相關性。目前本局使用之浮標係數為 0.8~0.85。
- 本局施行浮標法之器具包括：繫在 50 公尺繩索之浮球、內裝水或石頭之浮標罐、碼錶、記錄版、筆、測深錘、捲尺、信號旗、對講機、急救箱、救生衣及交通指揮器材等物品。

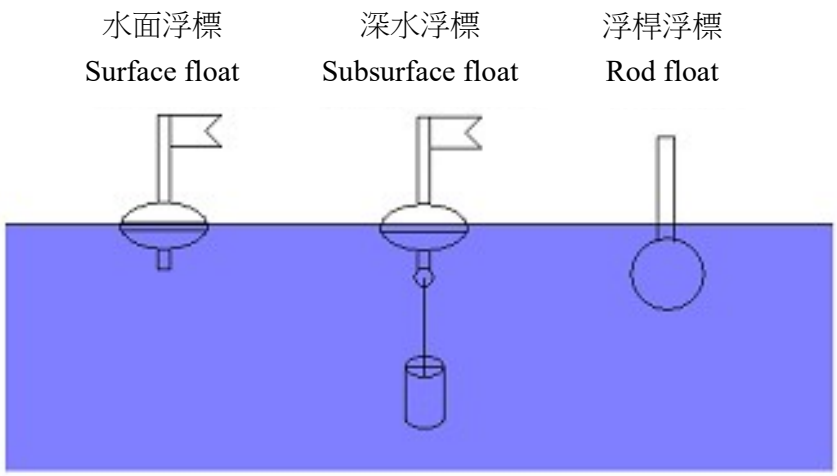



圖 12 浮標種類及其樣式

一般利用浮標法施測流量時，其步驟如圖 13 所示，茲說明如下：

步驟１：在河岸上選定上下游兩點相距 50~100 公尺釘定木樁，並豎立標旗。此兩點連線應近似平行流向，垂直於此連線的對岸亦釘設木樁，上游兩岸木樁連線稱為上斷面，下游者則稱為下斷面，並準確量測上斷面與下斷面間之距離 L。

步驟２：觀測員 A 於橋上或預定位置將浮標投下，記錄投下的時間做為觀測開始的時間。

步驟３：當浮標通過上斷面線時，該處觀測員 B 立即通知下斷面處觀測員 C。

步驟４：位於下斷面處的觀測員 C，收到上斷面處觀測員 B「浮標通過」之訊息後馬上按下碼錶，待浮標通過下斷面線時測定其流經的時間，並記錄之。

步驟５：觀測員Ａ應確認浮標行經路徑是否符合要求，若浮標在移動時超出測線範圍，亦或遭遇渦流、樹木等妨害浮標正常移動時，則必須改變投下位置重新施測。

步驟６：使用浮標法施測時，以 5 個測線為原則，得視斷面寬度與現場狀況予以增減，並於各測線反覆進行上述步驟。

步驟７：於全部測線觀測結束時，量測上斷面線、下斷面線的水位，同時記下水位觀測時間。

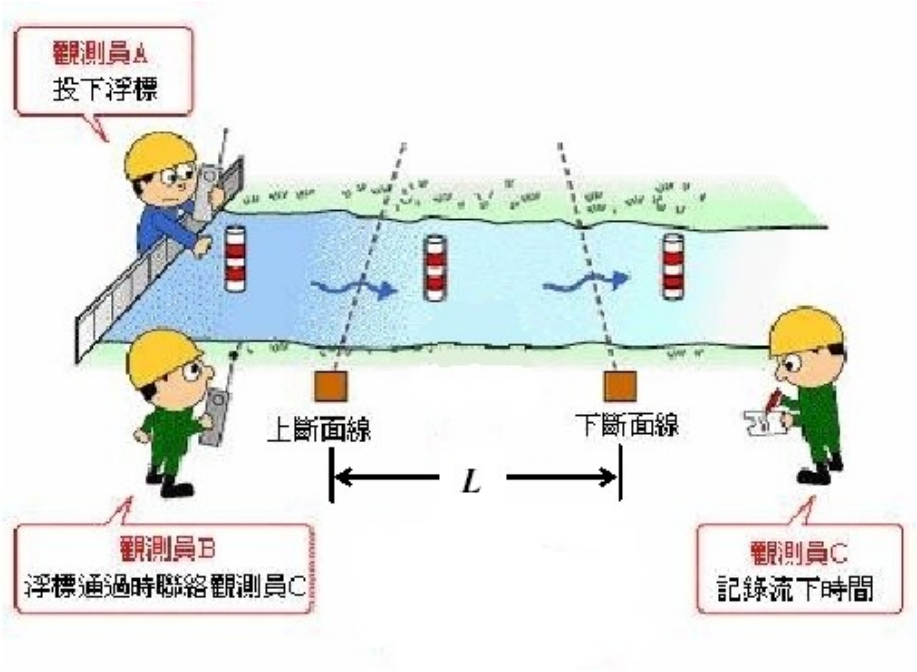



圖 13 浮標觀測法示意圖

如河道寬廣且兩岸有高灘地致無法通視，且人員無法靠近河岸時，其觀測步驟說明如下：

步驟１：將 50 公尺長繩索之前端固定於橋上欄杆，繫於繩索後端之浮球則投下水面順水流。

步驟２：量測欄杆（固定繩索處）至水面之垂直距離（h）。

步驟３：將浮標罐自欄杆垂直投下水面，並於接觸水面後立即按下碼錶（先歸零）開始計時，待浮標罐通過浮球時，測定其流經時間（t）並記錄之。

步驟４：計算表面流速 $V_{suf} = L / t$，$L = (S^2 - h^2)^{1/2}$，如圖 14 所示。

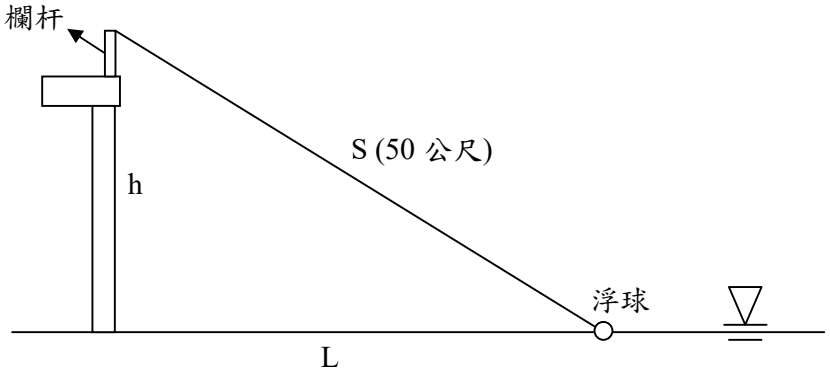



圖 14 固定浮球之浮標觀測法示意圖

C. 手持式雷達波流速儀法：手持式雷達波流速儀（圖 15）專為河川表面流速量測所開發，其原理係應用都卜勒效應，當儀器發射之電波碰到物體反射後，由接收電波波長之變化得知物體與儀器間之相對移動速度，屬於非接觸式之量測方式。

■ 由於雷達波流速儀所測得為河川之表面流速，因此必須加以換算以推得測線之平均流速。

■ 除以手持式雷達波流速儀施測外，尚有其他非接觸性量測方式，例如以影像分析或微波雷達探測方式取得河川表面流速資料，詳見附錄 C。

■ 操作方式：面板如圖 16 所示，有三個按鍵及一個 LCD 顯示螢幕。

－【MODE】：按此鍵進入及退出功能設定畫面，功能項目如表 2 所示。

－【SELECT】：按此鍵設定選擇的項目，所有設定將自動儲存。

－【POWER】：按此鍵開機或關機，關機時按住 2~3 秒，若停止儀器操作，5 分鐘後將自動關機。

－ 於任何狀態下 6 秒內不按【MODE】或【SELECT】鍵，將自動回到量測畫面。

手持式雷達波流速儀觀測之步驟說明如下：

步驟１：使用手持式雷達波流速儀施測時，以 5 個測線為原則，得視斷面寬度與現場狀況予以增減。

步驟２：量測測線水深並記錄之。

步驟３：於測線位置以雷達波流速儀瞄準水面，扣下板機後，此時顯示螢幕開始閃爍，代表量測正在進行當中。當板機處於 down 位置，流速會即時更新。

步驟４：再扣下板機使其回復至 up 位置，則儀器會顯示上一時段之平均流速，記錄該量測數據。

圖 15 手持式雷達波流速儀

圖 16 手持式雷達波流速儀操作面板

表 2 手持式雷達波流速儀參數說明

| 功能說明 | 顯示內容 | 可設定項目 |
|---|---|---|
| **LCD 背光燈** | **bL** | **ON or OFF** |
| **水平角度** | **COS** | **有效角度為 0 到 60 度，每 5 度一個階次遞增。** |
| **單位** | **U** | **1. Eur：公尺/秒**<br>**2. USA：英呎/秒** |
| **垂直角度** | **A** | **顯示的數值為垂直角度，隨著流速儀傾斜角度的變化，數值會不斷變化，若要校正，把儀器水平放好，同時按「MODE + POWER」2 秒鐘就可自我校正。** |
| **靈敏度** | **SEN** | **數值愈高，可測到的距離愈遠。若靈敏值設太高，其觀測結果較不準，故應適當選擇參數。** |

2. 實施頻度

(1) 流量測驗視需要每 5~10 日施測一次，枯水期（11 月至翌年 4 月）每月至少施測一次，豐水期（5 月至 10 月）每月施測二至四次，每年總計以 30 測次為原則，並視情況予以調整。

(2) 颱洪時期應挑選 1 至 2 站實施全洪程流量測驗，而洪水過程水位漲落迅速，為力求整個洪水過程記錄完整，應視情況增加測次。

■ 全洪程流量測驗係於洪水期間實施之流量測驗，其目的為藉由完整紀錄洪水過程，以求得洪峰量及洪流歷線圖，並可輔助流量率定曲線於高流量部分之延伸。

— 全洪程流量測驗地點之選定以新設測站或颱洪歷史資料較欠缺之測站為主，且應連續兩年以上辦理全洪程流量測驗。

— 每年指定測站之全洪程流量測驗，漲水及退水期間需分別量測兩次以上。

— 颱洪期間規劃課相關人員全天候待命，水位如有明顯變化時施測人員即趕赴現場分組以浮標法施行流量測驗。施測後如有某段時間水位無明顯變化時，施測人員再趕往其他測站施行流量測驗，俾求得各測站之洪峰流量資料。

■ 於高流量量測時，可選擇一至兩處特定地點，以較先進之觀測儀器如非接觸性量測法測定，研究及改進目前人力缺乏、高危險性等量測上之問題。

3. 注意事項

(1) 流速儀法

■ 一般情況可參考表 3 流速測線間距對照表之建議，決定測線間距。當人員與儀器數量充足時，可分成數個小組於各測線同步實施測驗，若人員不足或僅有一組，則一般自左岸依序向右岸施測。

■ 依現場水流情況及經驗，將流速儀配掛 10 磅（約 4.5 公斤）、30 磅（約 13.6 公斤）或 50 磅（約 22.7 公斤）不等之重錘以穩定流速儀，其採用標準可參考表 4。

■ 當水流湍急，測錘線或懸索被水流沖成弧形時，其垂直夾角應在 36 度以內，否則應更換重錘。進行水深量測時，若測錘線或懸索與垂直水面方向產生夾角時，則應校正垂直深度，其方法詳見附錄 D。

■ 當水流較深或流速較快時可設置輔助索道固定流速儀，以利觀測進行，並求得更精確之流速。

■ 流速測定方法可分為單點法、二點法、三點法數種，其採用可依水深及作業方式，參考表 5 加以決定。於洪水期間若使用流速儀量測流速時，為掌握時間，可考慮採用單點法施測。

■ 進行全洪程流量測驗時，若水深在 2.0 公尺以上，洪水時水位漲落甚快，則以二點法測水面下 0.2、0.8 水深處流速為宜，若時間上仍無法趕上水位漲落變化，則用單點法測水面下 0.6 水深處流速。

(2) 浮標法

■ 施測地點應符合下列要求：

— 河段上、下游平整無陡彎，長度需在 300 公尺以上。

— 上、下斷面間距不得小於河寬的 1.5 倍。

— 兩岸地勢在最高與最低水位時無分流及溢流情形，且無樹林或其他障礙物，以利觀測及安全。

— 避免於河流受斜流、迴流、漩渦等影響之河段處施測。

■ 以水面浮標測量流速，僅限於流速儀不適用時（如 3.5 公尺/秒）才可使用，夜間測量用的浮標應具有照明設備，以減少人員之危險。

(3) 手持式雷達波流速儀法

■ 架設高度以距水面垂直高度 5~15 公尺為最佳，超過 15 公尺即無法顯示流速。

■ 儀器適用範圍為 0.3~9.1 公尺/秒。

■ 在測量過程中，流速儀必須保持相同的角度，量測時俯角若超於 60 度，則無法量測流速，使用上應注意。

■ 流速儀瞄準目標時，若與水流方向水平夾角大於 10 度，

將會產生餘弦誤差，此時可先以角度板等工具測量水平夾角，並輸入流速儀之餘弦設定做為儀器水平角補正值。

(4) 施測安全規範

- 依規定於流速小於 1.5 公尺/秒、水深在 0.75 公尺以下，現場環境適合進入河道時方可採用涉測方式進行流速測驗，且不宜單獨進行。
- 進行涉測時，施測人員必須身著救生衣，於河道中移動時亦應手持標桿（或支撐桿）以支撐身體承受水流的衝力，並預先測試河床地勢及土質鬆軟度後逐步移動，以免造成意外發生。
- 於橋上進行吊測時，應以吊掛工具輔助，儘量不以手拉繩索施測或攀越橋邊護欄之方式進行，避免人員發生危險。
- 施測地點若為道路旁或橋面時，應擺設交通警示錐或標示閃燈，且人員依規定應穿著反光背心，若路面狹窄或為交通壅塞地區，則必須另有人員進行交通疏導。
- 於全洪程量測時，若採用接觸性量測方式，施測人員必須身著救生衣，且應注意洪水漲落速度及洪水高程，若有危險之虞即不宜勉強進行，應以測量人員之安全為優先考量。

表 3 流速測線間距對照表

| 水面寬(公尺) | 10~20 | 20~40 | 40~60 | 60~80 | 80~100 | 100~150 | 150~200 | 200~ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 流速測線間距(公尺) | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 20 | 30 |

表 4 流速與重錘採用標準

| 重錘(公斤) | 最大流速 (公尺/秒) | | 操作設備 |
|---|---|---|---|
| | 無輔助索道 | 有輔助索道 | |
| 7 | 1.5 | 3.5 | 人力 |
| 14 | 2.5 | 4.5 | 流速儀架、人力 |
| 23 | 3.5 | 5.5 | 流速儀架、捲揚器 |
| 34 | 5.0 | 6.0 | 流速儀架、捲揚器 |
| 45 | 5.0 | 6.0 | 電動絞車 |

表 5 不同水深情況下各測線平均流速測定方法

| 測線水深 D（公尺） | | 流速測定法及施測位置 | | 測線平均流速（公尺/秒） |
|---|---|---|---|---|
| 涉測 | ~0.75 | 單點法 | 0.6D | V0.6 |
| 吊測 | ~0.75 | 單點法 | 0.6D | V0.6 |
| | 0.75~2.00 | 兩點法 | 0.2D、0.8D | (V0.2+V0.8)/2 |
| | 2.00~ | 三點法 | 0.2D、0.6D、0.8D | (V0.2+2V0.6+V0.8)/4 或(V0.2+V0.6+V0.8)/3 |

(三) 含砂量觀測

1. 工作內容

目前國內河川懸移質含砂量之測定，係於河流某一指定斷面上，配合水深、流速等量測工作，利用取樣器汲取水樣，以計算水流中所攜帶懸移泥砂之重量比例。

(1) 含砂量施測應配合流量測驗同時進行，凡可使用流速儀之地點，皆可量測懸移含砂量，其吊放提升之工具及方法大致相同。

(2) 取樣器依照性能及施測方法不同，可分為全深取樣器及點取樣器兩種，不同型式之取樣器各有其適用條件，使用時應特別注意，一般常見之泥砂採樣器規格詳見表 6。

A. 全深取樣：係應用積分法取水樣，其進口可不設閥，由水面開始取樣，降抵水路底後再提出水面。如升降速度適當且一致，則所取水樣之含砂量，即可代表通過測線水流之平均含砂量。

B. 點取樣：點取樣器之進水管設有用蓄電瓶啟閉之門閥，可將取樣器沿測線降至水面下取樣點後，在橋上操縱開啟門閥取樣，然後關閉提出，即可求得該點水深之含砂量。

■ 在不適用全深取樣法的水路，必須使用點取樣器，沿測線取不同水深點之水樣，以計算測線平均懸移質含砂量。測線平均懸移質含砂量為

$$C_{VM} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i V_i}{\overline{V}}$$

式中，$C_i$ 為各取樣點之懸移質含砂量，$V_i$ 為各取樣點之

流速，$\overline{V}$為測線平均流速。

■ 以點取樣法求測線平均含砂量時，建議於每一條測線上至少取三點水樣，如水面下 0.3 公尺、河床上 0.3 公尺及水深中點三點，或在 0.2、0.5 及 0.8 水深處各取一點。

進行懸移含砂量測定時，其步驟說明如下：

步驟１：懸移質含砂量取樣之測線數目，可較流速測線少，其決定可參考表 7。

步驟２：打開取樣器蓋，將水樣瓶裝入取樣器內，並記錄水樣瓶號碼。

步驟３：如儀器設有門閥時，需檢查其是否已於定位。

步驟４：取樣器進水管口徑與流入取樣器之速度有關，更換不同口徑之進水管，使其進口速度與水流速度相等，故應依照懸移泥砂顆粒粗細，調整為約 10 秒鐘取水樣至 3/4 水樣瓶容積。

步驟５：進行全深取樣時，由水面開始取樣，降至河床後再行曳上，其升降速度應適當且一致，若水深太深或流速過大時，可改以點取樣器全深單程採取水樣；進行點取樣時，將取樣器降至規定深度後，開啟門閥採取水樣，待取樣時間達估計所需時間後，關閉門閥將取樣器曳上。為配合流速施測及測線平均懸移含砂量之計算，同一測線上應取 1~3 點。

步驟６：取出水樣瓶並檢視水樣容積是否符合規定，如不符合規定應重新取樣直至合格為止。

步驟7：將合格之水樣加封瓶蓋，如圖 17 所示。詳細記載有關事項後置於取樣袋，並帶回試驗室進行分析。

2. 實施頻度

觀測次數應配合施測流量時一併觀測，洪水時每日至少一次，感潮河川應於滿潮前三小時觀測一次。

3. 注意事項

- 測定懸移質最重要為任何取樣器所汲取之水樣必須能代表測點泥砂之濃度，因此取樣器取水口之流速應與水流流速相等，取水口應指向水流方向。
- 懸移含砂量規定為 10 秒內之平均值，所以取水樣時間應約為 10 秒，可利用取樣歷時流速關係曲線及經驗判斷，普通河流當流速為每秒 1 公尺，採用 0.318、0.476 及 0.635 公分口徑之進水管時，其所需時間約為 12、22 及 52 秒。
- 為免水樣瓶溢出而影響準確度，每次所取水樣應為水樣瓶容積之 3/4 左右，如水樣太少，則不易秤量分析。
- 一般情形下，水深於 4.6 公尺以下可使用全深取樣器，當水深太深或流速過大時，可應用點取樣器全深單程取水樣。
- 為避免水樣中泥砂附著與取樣器中，其水樣容器應便於拆裝更換，且能於測畢時隨即取出並密封送試驗室。
- 有鑑於大型泥砂取樣器操作不易，目前本局所採用之懸移質取樣方式，係以水樣瓶直接於水中取樣，如圖 18 所示。除設備操作上之相關規定不同外，仍需符合泥砂取樣之一般規定。

表 6 懸移含砂量取樣器規格一覽表

| 型式 | 進水口距河底間距 (公分) | 取樣器重量 (公斤) | 水樣瓶容量 (立方公分) | 流速及水深最大適用範圍 | 懸掛方式 | 備註 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DH-48 | 8.9 | 2 | 473 | 2.7 公尺/秒<br>2.7 公尺 | 測桿 | 全深取樣 |
| DH-59 | 11.4 | 10 | 473 | 1.5 公尺/秒<br>4.6 公尺 | 懸索(人力) | 全深取樣 |
| D-49 | 10.2 | 28 | 473 | 2 公尺/秒<br>4.6 公尺 | 懸索(吊車) | 全深取樣 |
| P-46 | 15.0 | 45 | 473 | 11.9~22.9 公尺 | 懸索(吊車) | 點取樣 |
| P-50 | 15.0 | 136 | 946 | 61 公尺 | 懸索(吊車) | 點取樣 |

表 7 含砂量測線間距對照表

| 水面寬 (公尺) | ~30 | 30~90 | 90~ |
|---|---|---|---|
| 測線數 | 3 條以上 | 5 條以上 | 7 條以上 |

圖 17 水樣瓶

圖 18 含砂量取樣

## 二、 內業工作（資料處理）

### (一) 流量計算

河川流量之推求，可運用斷面及流速量測之結果計算而得。

#### 1. 流速儀及手持式雷達波流速儀施測流量計算

一般流量計算方式以為平均斷面法為主，即將各子斷面定義為兩鄰近測線間之梯形範圍，如圖 19 所示，以 3-4 子斷面為例，其流量計算為兩測線之平均流速乘上子斷面之面積：

$$q_{3-4} = \left(\frac{v_3 + v_4}{2}\right) \times (b_4 - b_3) \times \left(\frac{d_3 + d_4}{2}\right)$$

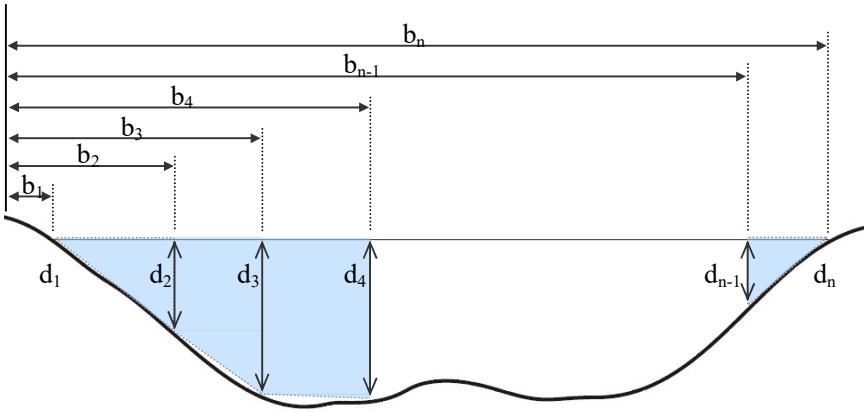



圖 19 平均斷面法之流量計算示意圖

若考慮通水斷面之變化及流量量測之準確性，一般測線間距不必然須固定或相同，應視斷面之變化程度進行適當調整。惟國內觀測實務上，常將測線之間距予以固定，方便施測及計算。

【計算範例】

○年○月○日於○○○流域○○站之流量觀測結果如表 8 所示，已知流速儀率定公式為 $V = 0.6572N + 0.0257$ (N 為每秒轉數，V 為流速 m/sec)，試由平均斷面法計算流量。

表 8 流量施測記錄

## 流量測驗記載表

河流名稱：○○○　流域名稱：○○○　測站名稱：○○

施測日期：___年___月___日___時___分 起；___年___月___日___時___分 止

天氣：_____　風向：_____　風速：_____　水面寬：22.5m

面積：_____　流速：_____　水位：_____　流量：_____

流速儀形式及號碼：$V = 0.6572N + 0.0257$　重錘：_____

| 角度校正 | 起點距 (m) | 斷面寬 (m) | 水深 (m) | 測點 | 轉數 | 時間 (sec) | 流速(m/s) 點 | 流速(m/s) 平均 | 校正流速 | 面積 ($m^2$) | 流量 ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.00 | 1.0 | 0.22 | 0.6 | 21 | 44 | | | | | |
| | 2.25 | 1.25 | 0.24 | 0.6 | 28 | 42 | | | | | |
| | 3.75 | 1.5 | 0.26 | 0.6 | 31 | 42 | | | | | |
| | 5.25 | 1.5 | 0.25 | 0.6 | 37 | 42 | | | | | |
| | 6.75 | 1.5 | 0.38 | 0.2 | 39 | 42 | | | | | |
| | | | | 0.8 | 41 | 41 | | | | | |
| | 8.25 | 1.5 | 0.42 | 0.2 | 42 | 42 | | | | | |
| | | | | 0.8 | 34 | 42 | | | | | |
| | 9.75 | 1.5 | 0.43 | 0.2 | 43 | 42 | | | | | |
| | | | | 0.8 | 41 | 41 | | | | | |
| | 11.25 | 1.5 | 0.40 | 0.2 | 46 | 41 | | | | | |
| | | | | 0.8 | 41 | 41 | | | | | |
| | 12.75 | 1.5 | 0.40 | 0.2 | 52 | 41 | | | | | |
| | | | | 0.8 | 54 | 41 | | | | | |
| | 14.25 | 1.5 | 0.48 | 0.2 | 55 | 41 | | | | | |
| | | | | 0.8 | 29 | 41 | | | | | |
| | 15.75 | 1.5 | 0.20 | 0.6 | 54 | 41 | | | | | |
| | 17.25 | 1.5 | 0.16 | 0.6 | 45 | 42 | | | | | |
| | 18.75 | 1.5 | 0.14 | 0.6 | 43 | 42 | | | | | |
| | 20.25 | 1.5 | 0.14 | 0.6 | 40 | 42 | | | | | |
| | 21.75 | 1.5 | 0.14 | 0.6 | 37 | 42 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

水位讀數

| 時間 | 記錄值 | 內水尺 | 外水尺 |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |

| 記　事 | |
|---|---|

經辦機關　　施測　　計算　　校核

計算步驟如下，其結果如表 9 所示：

(1) 以流速率定公式求得各測點流速後，根據表 5 之公式計算各測線之平均流速。

(2) 計算各子斷面面積，亦即兩鄰近測線間之梯形面積。

(3) 計算各子斷面平均流速，亦即兩鄰近測線之平均流速。

(4) 計算各子斷面流量，將其加總後即得全斷面之流量。

表 9 平均斷面法流量計算表

| 外業 | | | | | | | | | 內業 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 測線編號 | 起點距 (m) | 水深 d (m) | 流速儀轉數(rev)與時間(sec) | | | | | | 測線平均流速 (m/sec) | 斷面寬 b(m) | 斷面積 ($m^2$) | 斷面平均流速 (m/sec) | 流量 (cms) |
| | | | 0.2d | | 0.6d | | 0.8d | | | | | | |
| | | | 轉數 | 時間 | 轉數 | 時間 | 轉數 | 時間 | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | 0 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.00 | 0.11 | 0.170 | 0.019 |
| 1 | 1.00 | 0.22 | | | 21 | 44 | | | 0.339 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.25 | 0.29 | 0.402 | 0.117 |
| 2 | 2.25 | 0.24 | | | 28 | 42 | | | 0.464 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.38 | 0.488 | 0.185 |
| 3 | 3.75 | 0.26 | | | 31 | 42 | | | 0.511 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.38 | 0.558 | 0.212 |
| 4 | 5.25 | 0.25 | | | 37 | 42 | | | 0.605 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.47 | 0.632 | 0.297 |
| 5 | 6.75 | 0.38 | 39 | 42 | | | 41 | 41 | 0.659 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.60 | 0.640 | 0.384 |
| 6 | 8.25 | 0.42 | 42 | 42 | | | 34 | 42 | 0.620 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.64 | 0.656 | 0.420 |
| 7 | 9.75 | 0.43 | 43 | 42 | | | 41 | 41 | 0.691 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.62 | 0.707 | 0.438 |
| 8 | 11.25 | 0.40 | 46 | 41 | | | 41 | 41 | 0.723 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.60 | 0.799 | 0.479 |
| 9 | 12.75 | 0.40 | 52 | 41 | | | 54 | 41 | 0.875 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.66 | 0.787 | 0.519 |
| 10 | 14.25 | 0.48 | 55 | 41 | | | 29 | 41 | 0.699 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.51 | 0.795 | 0.405 |
| 11 | 15.75 | 0.20 | | | 54 | 41 | | | 0.891 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.27 | 0.811 | 0.219 |
| 12 | 17.25 | 0.16 | | | 45 | 42 | | | 0.730 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.23 | 0.715 | 0.164 |
| 13 | 18.75 | 0.14 | | | 43 | 42 | | | 0.699 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.21 | 0.676 | 0.142 |
| 14 | 20.25 | 0.14 | | | 40 | 42 | | | 0.652 | | | | |
| | | | | | | | | | | 1.50 | 0.21 | 0.629 | 0.132 |
| 15 | 21.75 | 0.14 | | | 37 | 42 | | | 0.605 | | | | |
| | | | | | | | | | | 0.75 | 0.05 | 0.303 | 0.015 |
| 16 | 22.50 | 0 | | | | | | | 0 | | | | |
| 總計 | | | | | | | | | | | 6.23 | | 4.147 |

2. 浮標施測流量計算

(1) 將所測得之測線平均流速視為中斷面處之測線平均流速，乘上中斷面各部份面積後可得流量，此為標準計算方法。

(2) 若河道平直規則或無法施測中斷面時，可以上下斷面平均面積法替代之，如圖 20 所示，其流量計算步驟如下：

A. 按適當比例繪製上下兩斷面圖，兩水面線之距離，等於兩斷面間之距離。

B. 將上下兩斷面之水面寬，均劃分為若干等分，並於各分點作垂直線，分全斷面為若干小部份，並分別計算各小部份之斷面積。

C. 在上下兩斷面線之中點，作 AB 線與兩水面線平行。

D. 兩水面線上之各分點以虛線相連，分 AB 線為相同之等分。

E. 將浮標通過上下兩斷面時之位置，分別繪於水面線上，並用實線相連，以表示浮標行經之路線。

F. 浮標行經路線與 AB 線相交之各點，可視為浮標之平均位置，自各交點下作垂直線，其長度以各浮標之垂線平均流速表示，將 AB 線下各垂直線端點相連，即為流速分佈曲線。

G. 自 AB 線上各小部份之中點，至流速分佈曲線之垂直距離，即為各小部份之平均流速。

H. 將各部份之平均流速，乘以上下兩斷面各小部份之平均面積，即得各部份之流量，累加各部份之流量，即得全斷面之總流量，上下斷面之平均總面積除總流量，可求得全斷面之平均流速。

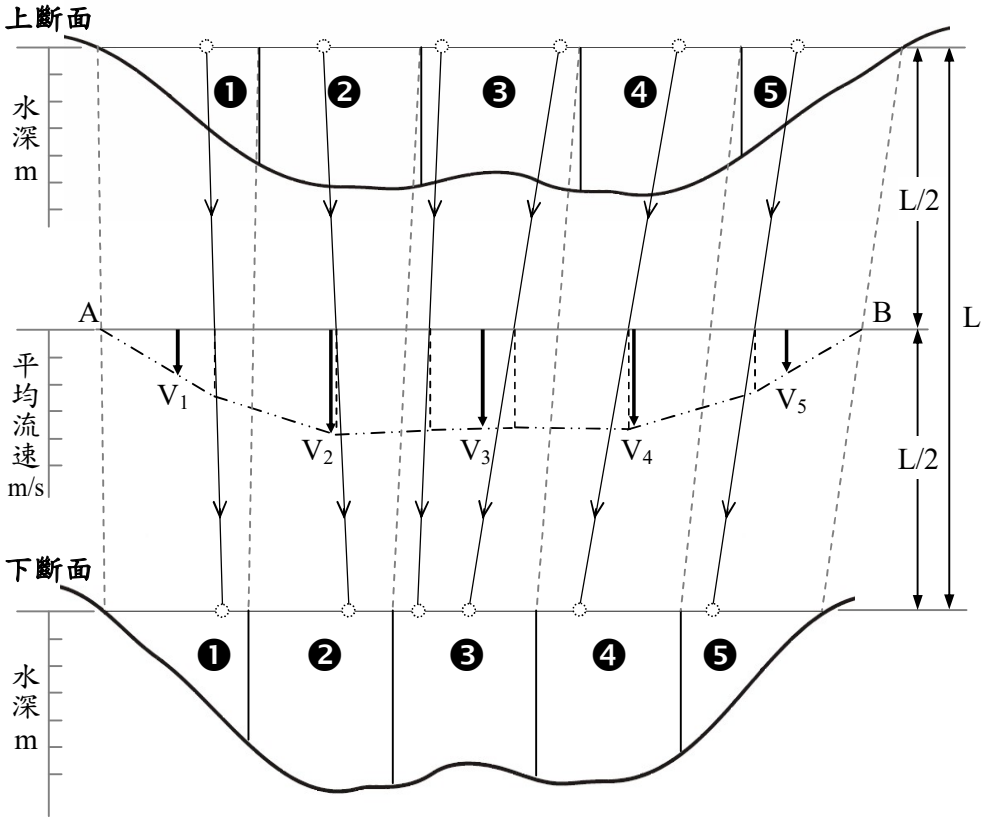



圖 20 浮標施測上下斷面平均面積法示意圖

3. 最新完成之水位及流量測驗成果，可點繪於水位－流量率定曲線之相關圖紙上，並與過去成果進行比對，若發現流量不合理或施測過程有誤，則捨棄該次測驗成果，擇日再予以施測。

(二) 水位－流量率定曲線製作

每年均應整理當年度之流量測驗結果，繪入半對數座標軸中，以繪製水位－流量率定曲線，並建立當年度該站之水位與流量對應關係。

1. 曲線繪製與率定：水位－流量率定曲線之製作，係利用每年所進行 30 次（或以上）之流量量測資料所繪製而成。

(1) 收集該年度流量測驗資料（含水位記錄），審視水位、流量資料之數據範圍。

(2) 以水位為縱軸（線性座標），流量為橫軸（對數座標），縱軸座標之劃分由水位數據範圍決定，再按適當比例劃分，一般以河床高程為最起始點，而以可涵蓋最高水位之整數為上限座標；橫軸之對數座標由 0.1 開始，1，10，100，1000，…，以可涵蓋最高流量數據之 10 的次方數值為上限座標。

(3) 座標範圍確定後，將每一點依當年度觀測順序予以編號，並將數據點繪於圖上，皆須標明測次號碼，以及標示出當年度量測之最高與最低水位範圍，如圖 21 所示。

(4) 若測站位置為複式斷面，則於每年流量測驗時，需分別量測枯水時之主深槽低水位流量，及洪水時包含主槽及高灘地之高水位流量，以繪製複式斷面之水位流量曲線；繪製時應注意曲線高水位與低水位部分之交點水位應與複式斷面標高接近，如圖 22 所示。

(5) 率定曲線之繪製可沿上述之測點描繪而成，或經由迴歸分析而得率定曲線公式。

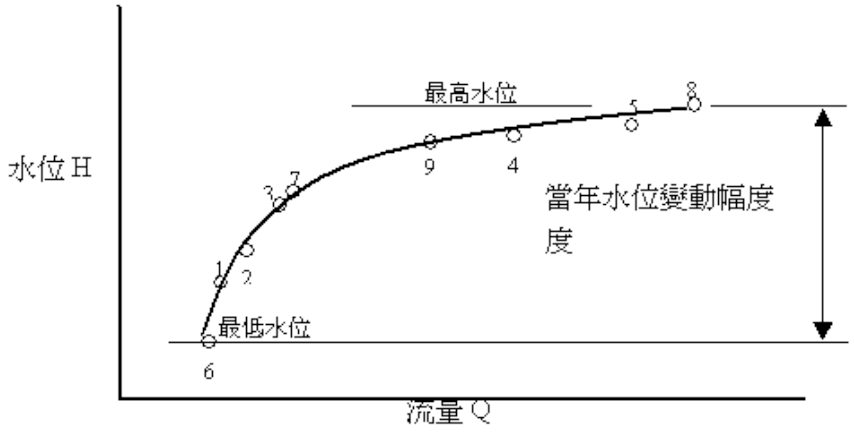



圖 21 水位流量資料點繪圖

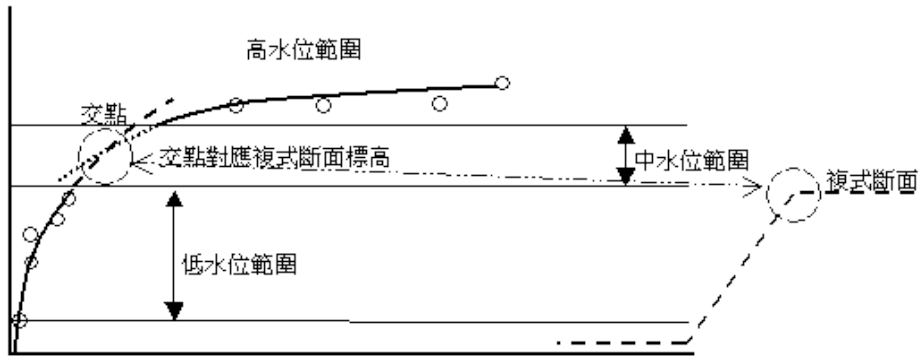



圖 22 複式斷面水位流量資料點繪圖

2. 率定曲線之延伸：水位－流量率定曲線之高水位部份，需利用統計方式予以延伸。

(1) 由於洪水暴升急退且流速甚大以致施測困難，大部分測站均缺高水位時之流量量測資料，故只能靠水位—流量關係推求，一般可利用對數延伸及史蒂文延伸法予以延伸。茲將其方法分述如下：

A.對數延伸：率定曲線之延伸，其原理係假設水位流量之關係可由下式表示：

$$Q = a(H - Z)^b$$

式中，$Q$ 為流量；$H$ 為水位；$Z$ 為河床最低點之高程；$a$，$b$ 為二常數。

將流量 $Q$ 與水深 $(H - Z)$ 繪製於雙對數座標軸上，然後對點繪數據進行迴歸分析，即可繪製出流量 $Q$ 與水深 $(H - Z)$ 於雙對數座標軸上之線性流量率定曲線，如圖 23 所示。其中，$Z$ 值可由實際觀測值代入，或直接以幾組數值代入試誤，以獲得最佳迴歸分析之結果為代表 $Z$ 值。

將上述結果轉換到一般半對數座標軸上，水位流量率定曲線即為一拋物線，結果如圖 24 所示。其中，虛線部分即為高流量率定曲線之延伸。

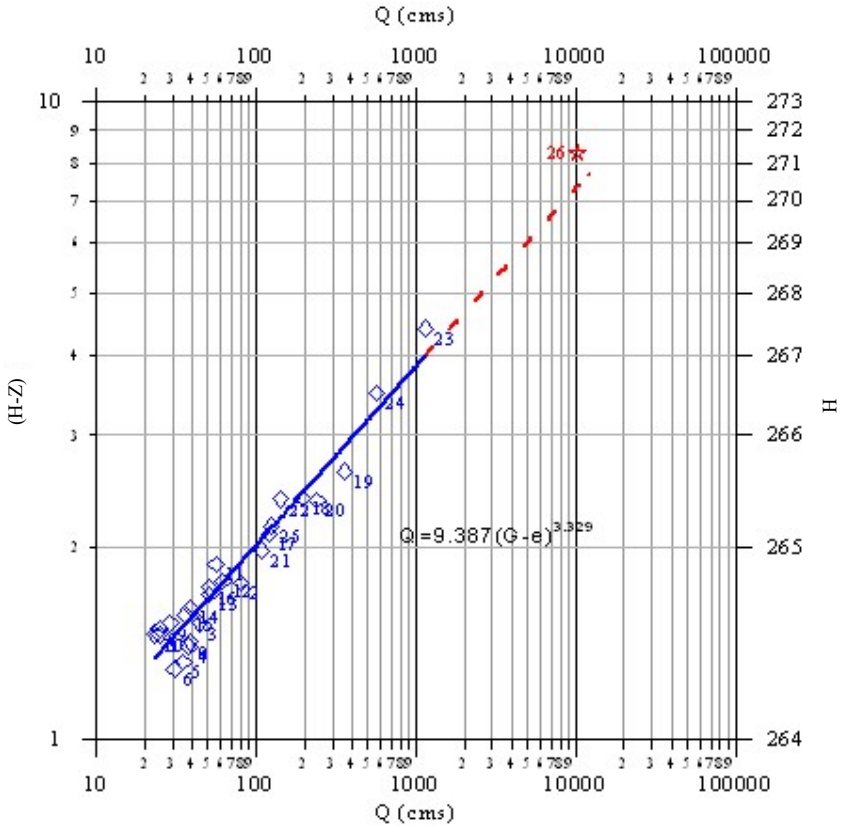



圖 23 雙對數水位流量率定曲線迴歸分析

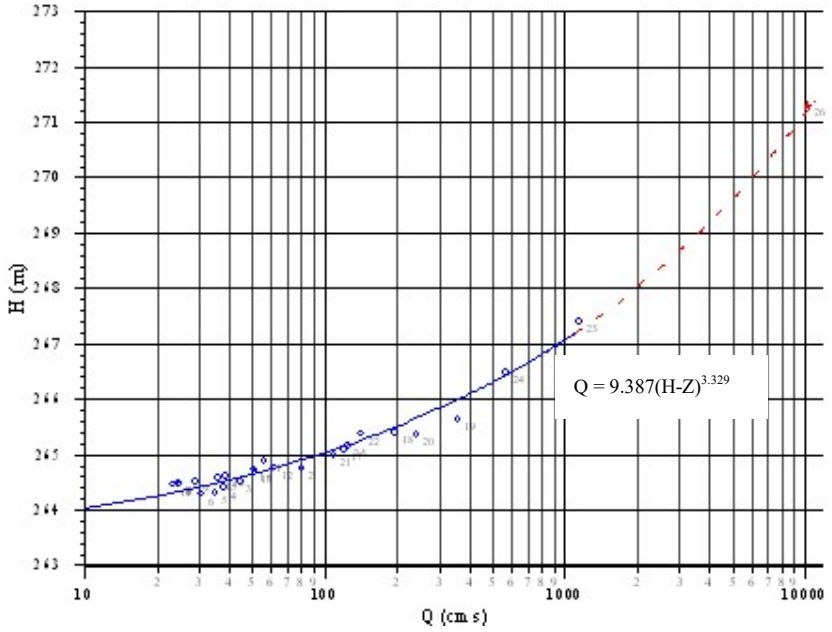



圖 24 半對數水位流量率定曲線迴歸分析

B. 史蒂文延伸：率定曲線之延伸，假設水位流量之關係可由下式表示：

$$Q = kA\sqrt{R}$$

式中，$Q$ 為流量；$k$ 為直線斜率；$R$ 為水力半徑。於一般寬而淺之河槽中，水力半徑 $R$ 可以其平均水深 $D$ 代表，即

$$Q = kA\sqrt{D}$$

由水文記錄中，$A\sqrt{D}$ 繪於方格紙之橫座標，$Q$ 繪於方格紙之縱座標，可得一直線，此直線之斜率即為 $k$。此直線加以延伸可推知水位－流量之關係。

(2) 當測站處之河床穩定而無重大改變時，亦可將過去歷年颱洪事件之高水位流量量測值加入，以補當年度測站缺高水位時之流量測定資料，以提高高水位之外延精度，如圖 25 所示。

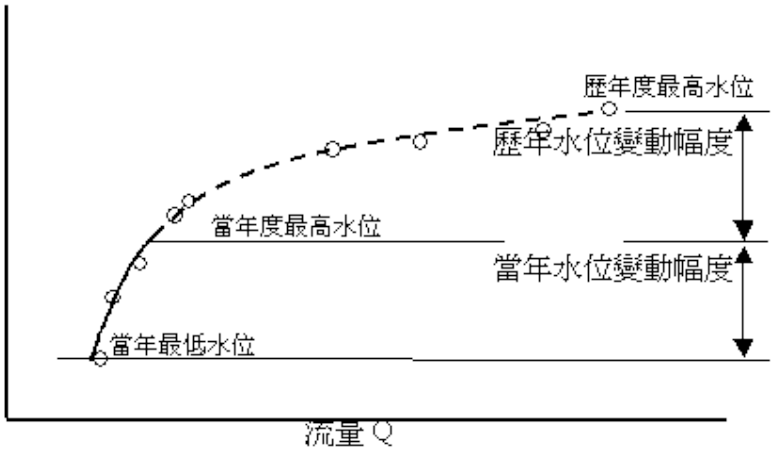
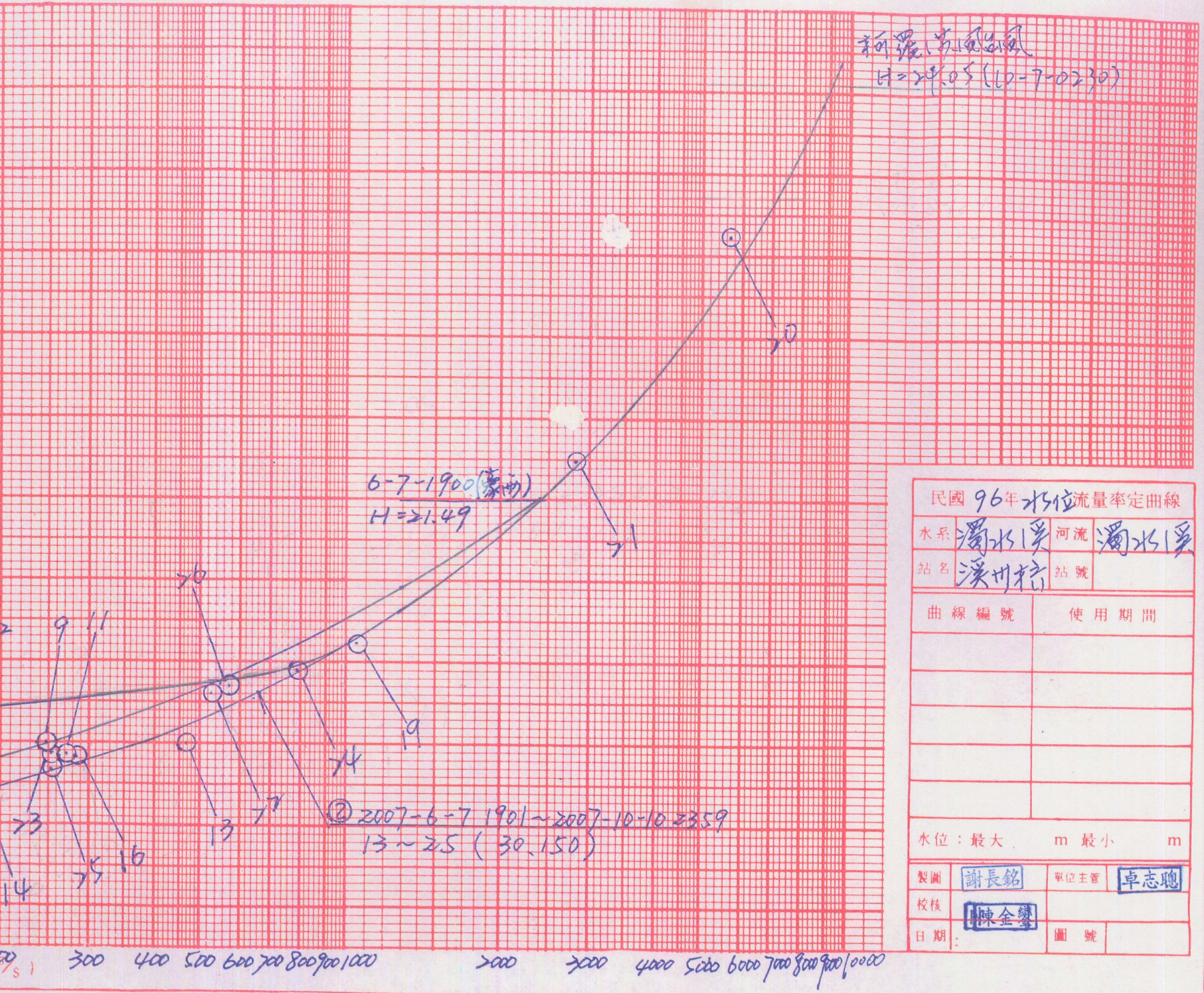



圖 25 以歷史水位延伸推估流量示意圖




民國 96年 水位流量率定曲線

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水系 | 濁水溪 | 河流 | 濁水溪 |
| 站名 | 溪州橋 | 站號 | |

| 曲線編號 | 使用期間 |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

水位：最大 m 最小 m

| | | | |
|---|---|---|---|
| 製圖 | 謝長銘 | 單位主管 | 卓志聰 |
| 校核 | 陳金鑾 | | |
| 日期 | | 圖號 | |

3. 注意事項

(1) 點繪流量量測數據時，應審視全年水位與流量之關係趨勢是否呈一致，若是，則僅需率定一條曲線代表即可；若因自然或非自然之外力（如颱洪）造成河床改變，而使水位對應流量之點群脫離先前之點群曲線關係，則需視情況另率定一條，或多條曲線予以表示。

(2) 若當年度因施工或其他因素造成河床重大變動，因而無法率定成單一曲線時，亦可比照上述方式分別以數條曲線表示之，惟率定上應符合河床改變發生之時間與順序，如圖 26 所示。

(3) 若水位流量於雙對數座標軸上並非呈線性關係，則需逐段予以延伸或率定。

(三) 含砂量分析

1. 所採之水樣有時為保管與運輸方便，或因水樣眾多無法於短時間內送往試驗室分析顆粒時，常先予就地分析其濃度，爾後再將其砂樣烘乾包裝送試驗室分析。

2. 濃度之分析方法如下：

步驟１：用天秤將各取樣瓶連水樣一起秤其重量，並記錄之。

步驟２：將水樣瓶安置陰涼處，使泥砂沉澱，待水樣上部變清，而泥砂已沉澱後，輕輕倒出清水部分。

步驟３：將過濾紙放入保持一定溫度之烘箱中，烘乾後秤其每張紙重並記錄之。

步驟４：倒出取樣平底部剩餘之砂水於過濾紙上，直到砂水倒完為止，水樣瓶中仍有泥砂附著時，用清水洗至完全乾淨為止。

步驟５：砂水過濾後，連過濾紙帶砂樣放於烘乾皿或烘箱中烘乾，烘箱內溫度應與烘乾過濾紙時的溫度相同。

步驟６：待砂樣乾燥後，連同過濾紙秤其重量，減去先前紙重，得含砂淨重，並秤取樣瓶重，各記錄之。

步驟７：計算水樣淨重，即取樣瓶和水樣之重量減去空取樣瓶重量得之。

步驟８：計算每一測點或測線之含砂量，即含砂量（ppm）＝（乾砂樣淨重/水樣淨重）× 1,000,000

步驟９：計算全斷面平均懸移質含砂量，即

$$C_M = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{VM_i} q_i}{\sum_{i=1}^{n} q_i}$$

式中，$C_{VM_i}$ 為各垂線之平均懸移質含砂量，即為各子斷面之代表含砂量，$q_i$ 為各子斷面之流量，$\sum_{i=1}^{n} q_i$ 為通過斷面之流量。

3. 懸移質含砂量實測成果通常以懸移質為橫座標，以流量為縱座標，用雙對數格線繪成懸移質率定曲線，懸移質日輸砂量係以平均含砂量濃度 $C_M$ 乘以流量再乘以 86,400 而得。

4. 天然河道由於沖淤之結果，同一流量下挾帶之懸移量並不相同，故繪製平均曲線時宜在穩定水流情況下所測之測點予以較多權重。又泥砂之來源因流域內人文地理之變遷，年年有異，且隨乾濕年份而有差異，致流量與含砂量之關係，每年均不同，因此欲求平均含砂量率定曲線，必須將年份分別記入，使曲線之決定有所根據。

(四) 資料上傳、檢核及登打

透過網際網路連線至經濟部水利署建置之「水文資訊傳輸管理維護系統」（網址：http://gweb.wra.gov.tw/hydroadmin/），於登入畫面中輸入使用者名稱（wra403）及密碼（wra403），如圖 27 所示。點擊【確定】鍵進入系統後，即可由【水位流量子系統】下拉選單中選擇所需項目（圖 28）。

1. 水位資料上傳

(1) 本局接收所轄水文站之水位觀測資料以「濁水溪流域逕流測預報系統」建置之雷達波水位計為主，舊系統水位計為

輔，每月初需上傳轄區測站水位資料至水利署建置之「水文資訊傳輸管理維護系統」，並由承辦人員完成檢核後再送出供水利署審核。

(2) 每日上午九點開啟電腦接收各水位站舊系統之即時資料，藉以研判水位資料及儀器運轉是否正常，並與濁水溪流域逕流測預報系統更新之雷達波水位計相比較，汛期時可斟酌增加傳輸次數。

(3) 上傳的檔案需符合格式，其命名原則及記錄格式說明如下：

A. 檔案命名原則：以文字檔格式儲存，檔名由 8 碼組成，由左至右分別為河川局英文代碼 1 碼（本局代碼為 D），站號 7 碼（流域編碼＋測站編碼）。例如 F4100090.txt。

B. 檔案記錄格式：包含記錄的時間 12 碼（西元年份 4 碼、月份 2 碼、日期 2 碼及時、分各 2 碼），逗號 1 碼及水位值 7 碼（單位為公尺，最大為 9999.99）。例如 2008 年 4 月 9 日 2 時 15 分之水位值 134.51 公尺，則依格式記為 200804090215,134.51。

2. 水位資料檢核

(1) 點擊【資料審核管理】項目，進入水位資料審核管理畫面。

(2) 選擇記錄年份及月份，點擊【執行查詢】鍵後出現符合條件之測站清單（圖 29）。點選擬檢核之站號（如 1510H024）將顯示當月水位歷線及水位月報表（圖 30）。

(3) 經檢核後如發現某筆水位異常，即點選該筆水位修改分資料或時資料（圖 31），完成後點擊【返回】鍵回到前一畫面。

(4)於資料檢核程序上，系統先以自動檢核方式檢出異常資料，再由人工檢核方式，利用學理及當地水文、地文特性輔以承辦人員經驗，判斷異常資料原因並予以修正。相關說明如下：

A.自動檢核：

- 水位上限值：目前系統係以各站歷年瞬時最高水位為檢核標準。
- 水位變動量：以受檢核水位往前推 12 小時之時水位為母體，統計其標準差，將標準差乘以 7 倍所得之數值作為檢出標準。

B.人工檢核：

- 承辦人員必須依照流域特性判斷異常值是否為颱洪、暴雨事件所造成，並由現地勘查記錄確認是否為正常發生之水文事件，或是因現地環境改變或儀器故障所致。

(5)完成所有資料之檢核後，點擊【檢核完成】鍵，即完成該站當月水位資料之檢核工作。

3. 流量測驗資料登打

(1)點擊【水位流量率定】項目，進入水位流量率定操作畫面（圖 32）。

(2)點擊【流速儀實測資料維護】鍵後出現選擇畫面（圖 33），選擇記錄時間、測站名稱後，點擊【實測流量資料管理維護】鍵將出現流量測驗資料登打畫面（圖 34）。

(3)依表格內容輸入斷面股數、量測時間、觀測人姓名、水位

高度及各測點之斷面寬、水深、流速儀轉速或浮標流距、施測秒數及浮標係數等相關資料，即可求得當日施測之流量。

4. 含砂量資料登打

(1) 點擊【水位流量率定】項目，進入水位流量率定操作畫面（圖 32）。

(2) 點擊【流速儀實測資料維護】鍵後出現選擇畫面（圖 33），選擇記錄時間、測站名稱後，點擊【實測流量資料管理維護】鍵將出現流量測驗資料登打畫面（圖 34）。

(3) 依表格內容輸入含砂量及取樣方式等相關資料。

圖 27 水文資訊傳輸管理維護系統首頁

圖 28 水文資訊傳輸管理維護系統內容

圖 29 水位資料審核測站選單畫面

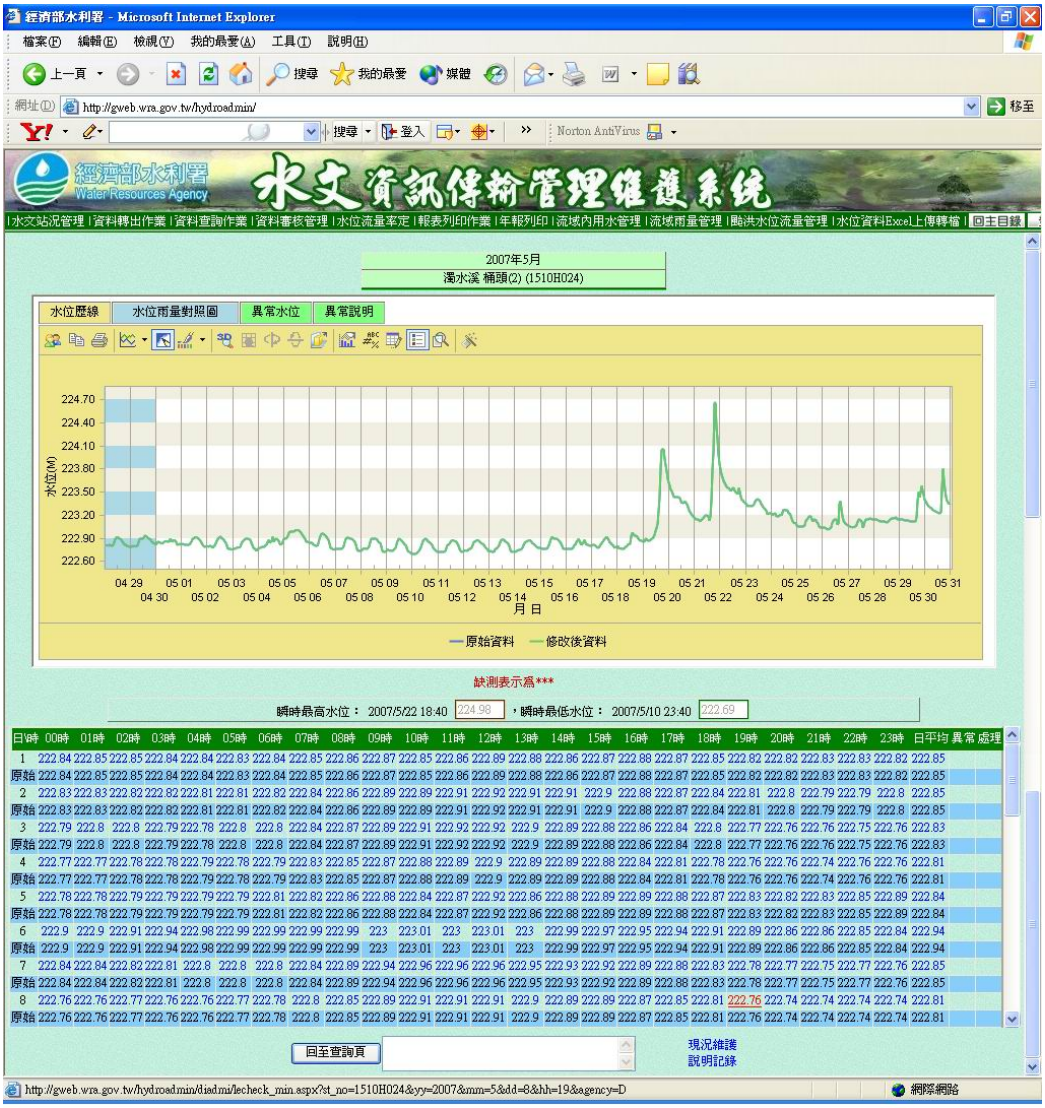



圖 30 水位資料審核畫面

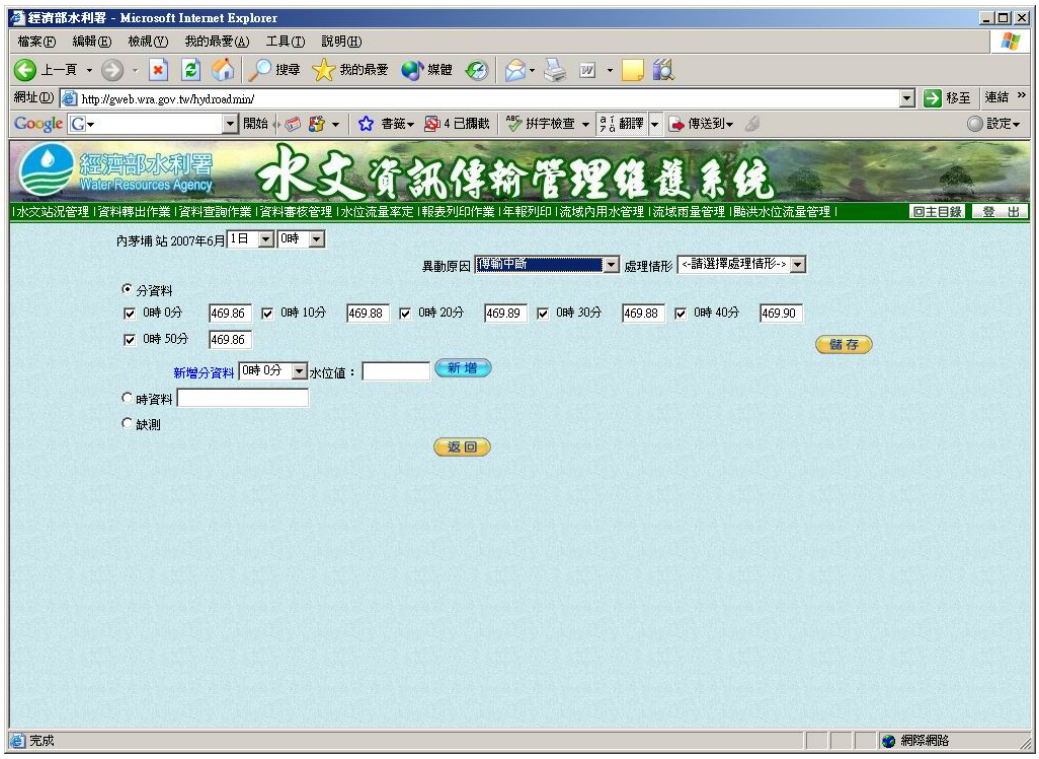



圖 31 水位資料修改畫面

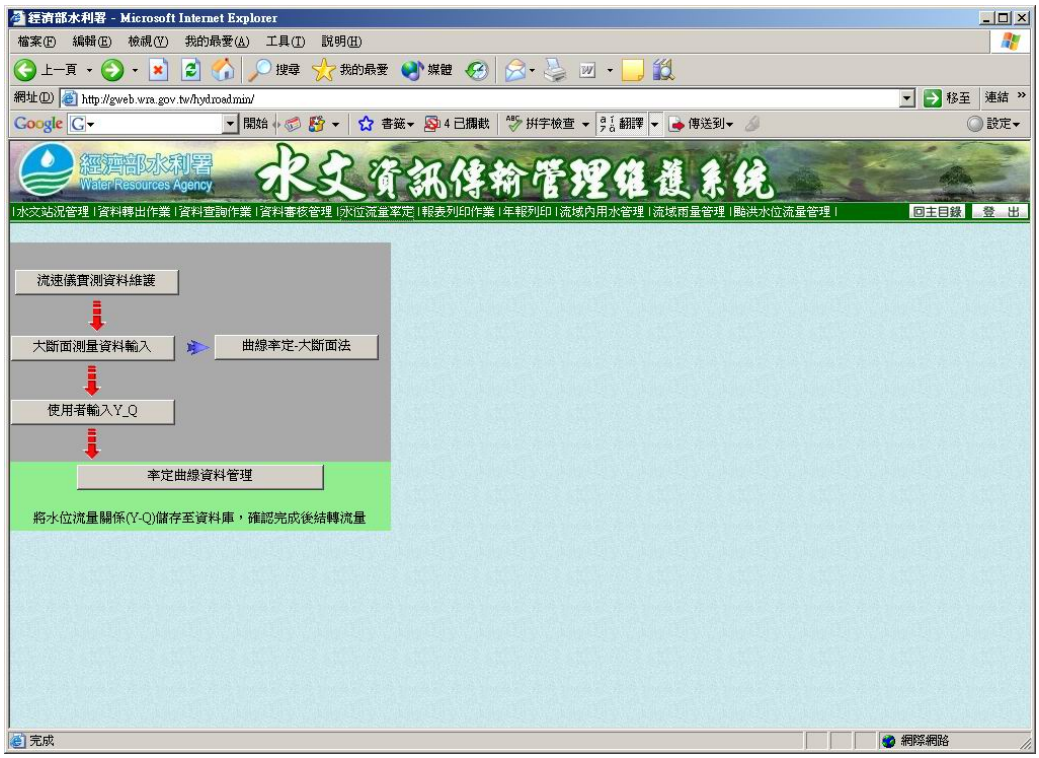



圖 32 水位－流量率定作業畫面

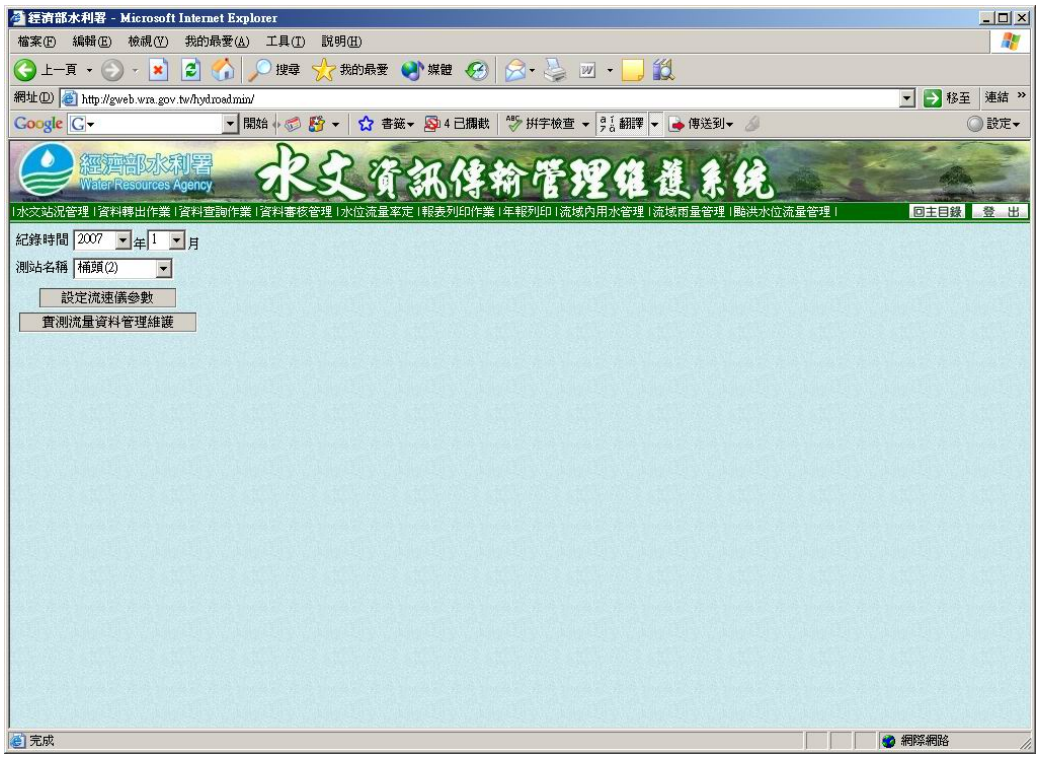



圖 33 實測流量資料管理維護畫面

圖 34 實測流量資料登打作業畫面

三、 儀器及設備維護

為使本局所轄水文站各項觀測工作能夠維持正常運作，因此有關儀器設備之維護及保養，應包含定期及不定期兩部份。目前自動化水位站之儀器保養維修，係由水利署委託儀器廠商定期辦理（每月一次）；而不定期維護方面，則有本局人員於每次流量測驗時配合辦理水位檢測校正、測站環境維護、觀測儀器檢驗保養及電源系統量測等工作，完成後應填寫水位站管理維護紀錄表，如表 10 所示。

觀測人員於儀器及相關設備的使用上，應注意下列事項：

(一) 水位標尺

1. 注意水尺數字、刻度是否清晰，當數字、刻度不明顯時觀測易生誤差，此時須重新油漆或換新水尺，並重測水尺零點標高。
2. 水尺附近有淤砂時要立即清除，而淤積嚴重或水尺流失時，需立即在原斷面或附近設立臨時水尺，並自水準基點引測水尺零點標高。

(二) 自記水位計

1. 現場維護保養

■ 每次至測站現場時應檢查電源、儀器及傳輸設備，若有異常或故障，應儘可能當場排除或使用備品，使觀測工作持續進行。

■ 檢測水位記錄值與水尺水位是否一致，若記錄有異時，應檢查儀器設備，查明原因並予調整修復。

— 機械磨阻產生時間滯後，或時鐘裝置出現問題。（浮筒

式水位計）

- 鋼索重量轉移或重錘入水改變浮筒吃水深度，產生水位誤差。（浮筒式水位計）
- 偵測到異常訊號，導致水位演算裝置計算水位產生誤差。（超音波水位計、雷達波水位計）
- 溫度校正裝置異常，未能調校正確水位值。（超音波水位計、壓力式水位計）

■ 水位觀測塔易受河川淤砂堵塞，於保養檢查時需清理引水路、觀測塔之淤砂及堵塞物等。

■ 浮筒與重錘之鋼索如有扭纏，不可硬拉或任意切斷，應細心將結打開，並把鋼索弄直。

■ 儀器之保養維護、故障發生、檢測與排除，應詳細記載於測站記錄簿，以掌握測站儀器之狀況。

2. 簡易故障排除及異常處理

■ AC110V 跳電：將水位站內外的無熔絲斷路器，扳至 OFF 的位置，再扳到 ON 的位置，重新起動市電。

■ 充電控制器損壞：將 LOAD 端的接線（Telog 3307 與 DPL 的電源），直接連到電池端即可。

■ DC to AC110V 轉換器損壞：超音波主機無顯示或記錄單元無運作時，將電源直接接到市電即可。

■ 異常數值：檢查接地線是否脫落、音波頭傳輸線是否斷線、音波頭是否與水面垂直、主機是否異常。

■ IPC 或 PC104 當機：重新啟動。

■ Telog 3307 紅燈恆亮（非連線狀態下）：將 M324 Modem 及 GSM Modem 拆下，若還是一直亮著（正常為閃爍狀

態)，在移去內建鋰電池、移去主電源後，依順序接回並重新啟動記錄器。

(三) 普萊氏流速儀

1. 維修及保養原則

- 觀測人員對於流速儀之各部名稱及構造（圖 35)，應充份瞭解與熟悉，而流速儀之組裝，應力求正確、迅速。
- 流速儀在搬運時應置於儀器箱內，固定裝置，以免精細零件受到損壞，保持流速測量之精確、測完後應立即擦乾淨並上油保護。
- 流速儀之準確性，常因塵土侵入或儀器損壞而受影響，故至少每年須送水利規劃試驗所重新檢定一次，如對其準確性有懷疑時，即應加以檢定。
- 旋杯部份常因水流沖擊，或敲擊橋墩及漂流物，而致旋杯曲歪，則流速之正確受到影響，修理之法，在杯內裝滿細砂，以鐵錘輕輕擊之而校正。
- 鋼質頂針常因錘擊或使用日久而尖端遲鈍，可拆下研磨，或重換新品使用。
- 接觸絲與螺旋齒桿接觸不良，則音響不清晰，應將上端偏心筒蓋打開，調整螺旋齒桿與接觸絲，並試聽是否恰好一轉一響與五轉一響。
- 電絲懸索因用力拖拉，日久索內導電銅絲因伸長而斷折，可用電表檢驗，倘通電不良好，應換新電線使用。
- 流速儀檢校依水利署相關規定辦理。

2. 保養方法

為確保能適當運轉，流速儀在每次使用後都必須清洗和

潤滑保養，實施步驟說明如下：

步驟１：打開接觸室帽蓋。

步驟２：鬆開軸承頂針固定絲並移開軸承頂針。

步驟３：清洗軸承頂針並用柔軟的布將它擦乾放一邊。

步驟４：用小尖頭棒或棉花棒來清潔下方軸承。

步驟５：讓流速針的接觸室向下，在軸承處滴下一小滴油，將有平面軸的軸承頂針插入，使用軸承頂針固定螺絲將其鎖住。

步驟６：讓流速儀的接觸室向上，對軸頂、軸承、螺桿和螺桿軸上油。

步驟７：鎖緊接觸室帽蓋。

步驟８：注意在每次使用完，以及清洗和潤滑流速儀過後，降低旋杯組合下方的提升螺帽以減除軸承頂針壓力。

步驟９：在每次使用後進行上述流程以防止生銹，若流速儀長時間不用，則在軸承和軸承頂針塗上油脂，下次使用前再依上述流程清洗和潤滑。

3. 軸承頂針維修調整方法

套頭聽筒式普萊氏流速儀的軸承頂針維修調整方法說明如下：

步驟１：由於接觸室帽蓋牢牢固定，倒轉流速儀讓軸頂靠在帽蓋內部。

步驟２：鬆開軸承頂針底部的帽蓋和固定螺絲，軸的平面面對軸承頂針固定螺絲，插入軸承頂針直到軸裡沒有垂直空隙，使用固定螺絲將其鎖好。

步驟３：推進軸承頂針調整帽蓋直到帽蓋靠在骨架旁。

步驟４：輕輕鬆開固定螺絲，推進軸承頂針後調整螺帽 1/4 圈，確定軸承頂針不再轉動，鎖緊固定螺絲。此調整會產生底部 0.008 吋的空隙，當更換軸承頂針時仍必須做此調整。

(四) 手持式雷達波流速儀

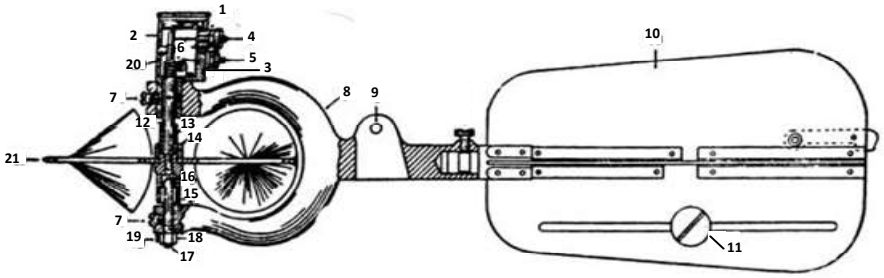
1. 電池管理

- 使用原廠專用電池充電器，在充電過程中會發出嗡嗡聲響，且電池及充電器會發熱，此為正常現象。
- 充電器的工作環境溫度為+4℃至+41℃，在不使用的時候請拔下插頭。
- 電池在未使用狀態下須使用電池保護蓋，以免金屬物碰觸到電池末端。
- 若電力不足，LCD 會顯示“bAt”，而且無法繼續操作，此時請即時充電或更換電池。
- 若使用的兩顆電池蓄電量不同，會導致儀器開機錯誤。

2. 雷達波流速儀只適於量測水面流速，不能放入水中，否則會損壞儀器。

## 表 10 水位站管理維護記錄表

| 水系 | 河流 | 站名 | 裝設 | | 本月水位記錄情形 | | | | | 本月測站管理維護情形 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (編號) | | (編號) | 編號 | 儀器型式 | 正常 | 中斷 | 中斷日期 | 中斷原因 | 處理情形 | 保養日期 | 觀測人員 | 測站環境 | 觀測儀器 | 電源系統 | 其他 |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |
| 濁水溪 | 濁水溪 | 溪州大橋 | | | | | | | | | | | | | |
| 1510 | | 1510H071 | | | | | | | | | | | | | |

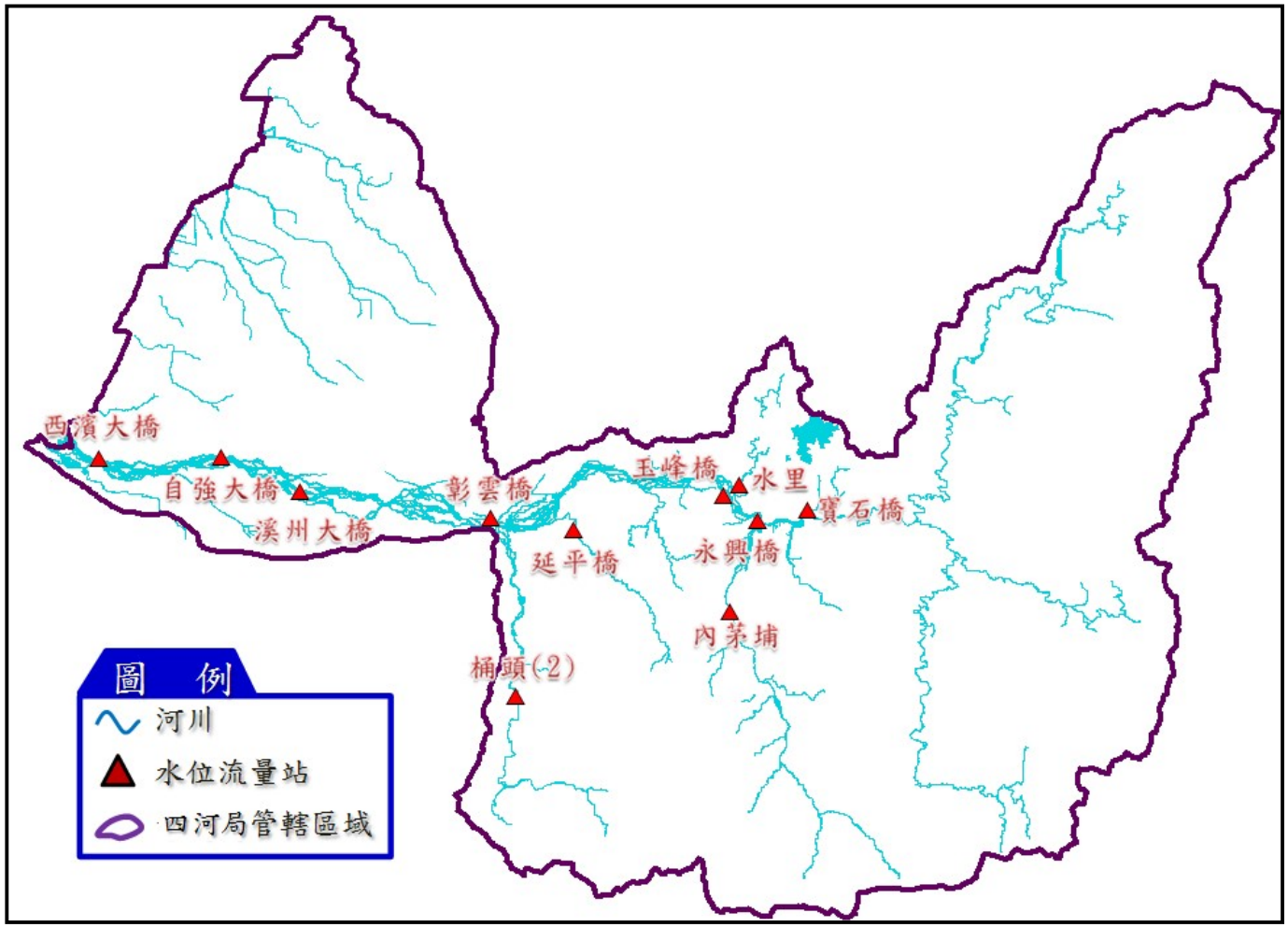



| | | |
|---|---|---|
| 1. 接觸器蓋 | 8. 軛架 | 15. 花螺帽 |
| 2. 接觸器 | 9. 吊桿螺絲栓 | 16. 下旋軸 |
| 3. 電木 | 10. 尾翼 | 17. 機軸 |
| 4. 單轉接線螺絲 | 11. 平衡桿 | 18. 機軸校正螺母 |
| 5. 五轉接線螺絲 | 12. 螺旋軸桿 | 19. 機軸固定螺絲 |
| 6. 五轉接觸齒輪 | 13. 上旋軸 | 20. 機軸支座 |
| 7. 接觸器固定螺絲 | 14. 旋軸固定螺帽 | 21. 旋杯 |

圖 35 普萊氏流速儀外觀構造及各部名稱

# 附　錄 A

## 本局水文站網基本資料及分佈位置




附圖 A-1 本局水文站（水位、流量站）分佈位置圖

附表 A-1 本局水文站（水位、流量站）基本資料表

| 站號 | 站名 | 流域<br>(河流) | TM_X | TM_Y | 水尺標高<br>(公尺) | 集水面積<br>(平方公里) | 站址 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1510H049 | 內茅埔 | 濁水溪<br>(陳有蘭溪) | 233493.2 | 2623505.0 | 475 | 367.4 | 南投縣信義鄉愛國大橋 |
| 1510H050 | 延平橋 | 濁水溪<br>(東埔蚋溪) | 219505.2 | 2630798.0 | 166 | 86.46 | 南投縣竹山鎮延平里 |
| 1510H057 | 彰雲橋 | 濁水溪<br>(濁水溪) | 212103.2 | 2631755.0 | 106 | 2906.32 | 雲林縣林內鄉林北村 |
| 1510H058 | 自強大橋 | 濁水溪<br>(濁水溪) | 187913.0 | 2637267.0 | 28 | 2988.88 | 彰化縣竹塘鄉內新村 |
| 1510H063 | 玉峰橋 | 濁水溪<br>(濁水溪) | 232943.2 | 2633859.0 | 278.2 | 2098.94 | 南投縣水里鄉玉峰村 |
| 1510H064 | 水里 | 濁水溪<br>(水里溪) | 234363.9 | 2634798.0 | 274.3 | 80.22 | 南投縣水里鄉水里村 |
| 1510H071 | 溪州大橋 | 濁水溪<br>(濁水溪) | 194978.4 | 2634095.0 | 39.6 | 2974.73 | 彰化縣溪州鄉水尾村 |
| 1510H075 | 寶石橋 | 濁水溪<br>(濁水溪) | 240412.7 | 2632443.0 | 356 | 1542.39 | 南投縣水里鄉民和村 |
| 1510H076 | 西濱大橋 | 濁水溪<br>(濁水溪) | 176887.3 | 2637157.0 | 14 | 3150.71 | 彰化縣大城鄉 |
| 1510H079 | 龍門橋 | 濁水溪<br>(清水溪) | 214965.4 | 2619103.0 | 201.28 | 360 | 南投縣竹山鎮鯉南里 |

# 附　錄 B

# 自記式水位計種類及量測原理

自記水位計為自動量測水位之儀器，目前國內廣泛使用之型式包含浮筒式、壓力式、超音波及雷達波水位計，其計測係利用機械或機電原理，量測水面至基準點之距離，並配合基準點之水準高程記錄其水位值。茲將各式儀器之量測原理說明如下：

## 一、 浮筒式水位計

係利用浮筒隨水面升降之特性，配合鋼索及重錘帶動轉輪，由其轉動量瞭解水位高度變化。浮筒式水位計必須搭配水位塔之建置，如附圖 B-1 所示。

## 二、 壓力式水位計

係將水中壓力感測器所受的水壓變化轉換為電子訊號，藉以測得水位，其設置較為簡單。壓力式水位計之設置如附圖 B-2 所示。

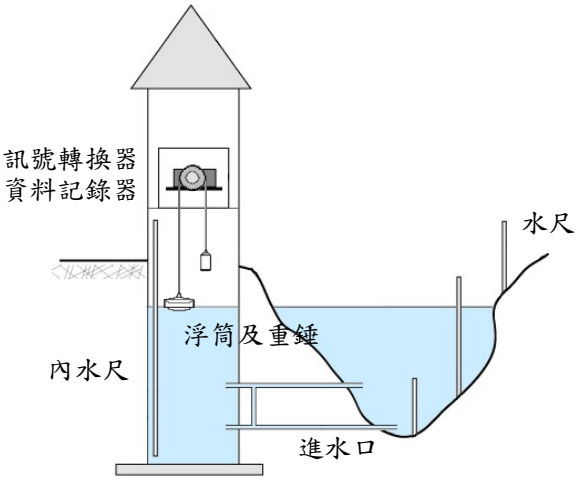
## 三、 超音波水位計

藉由發訊裝置朝水面發射超音波脈衝，經水面反射後之音波傳遞時間可換算為水位，屬非接觸式的水位計，其設置如附圖 B-3 所示。

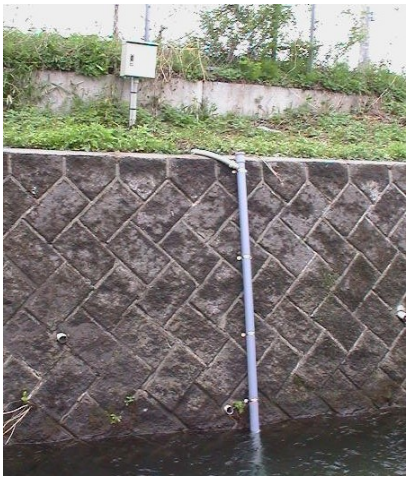
## 四、 雷達波水位計

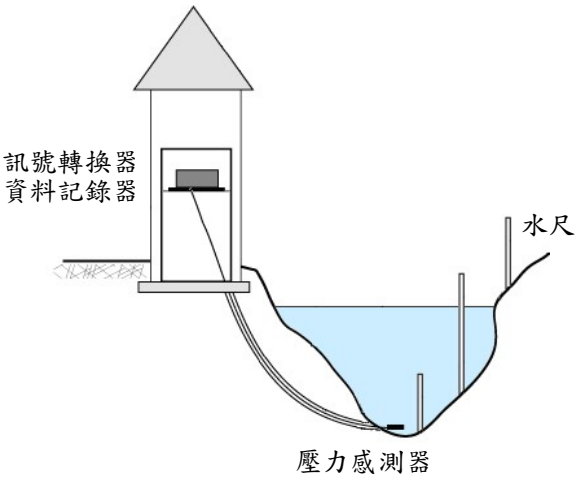
產生由電磁波組成的微波信號，經由計算水面反射回來的信號得出至水面距離，較不受溫度、橋梁震動等環境因素所影響，其設置如附圖 B-4 所示。

而為因應國內河川水位觀測之需求，應依不同環境特性分別設置前述之各式水位計，其優缺點詳見附表 B-1 所示。惟同一型式之水位計又有不同廠牌及規格之分，使用及操作時應特別注意。

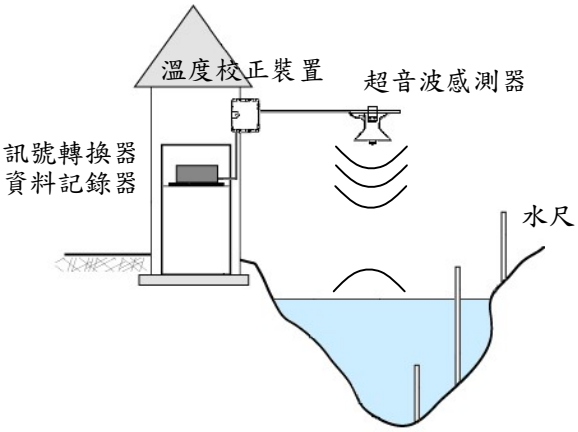



附圖 B-1 浮筒式水位計

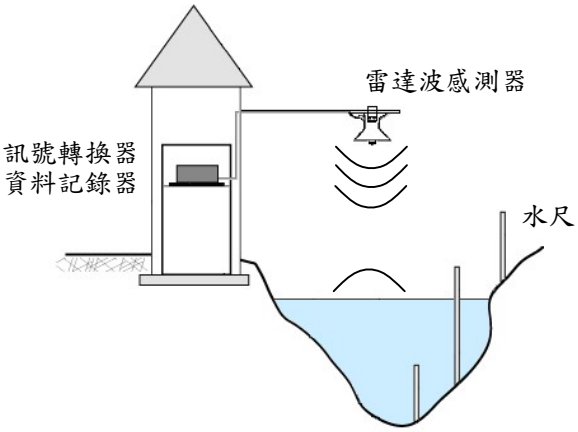





附圖 B-2 壓力式水位計

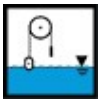



附圖 B-3 超音波水位計




附圖 B-4 雷達波水位計

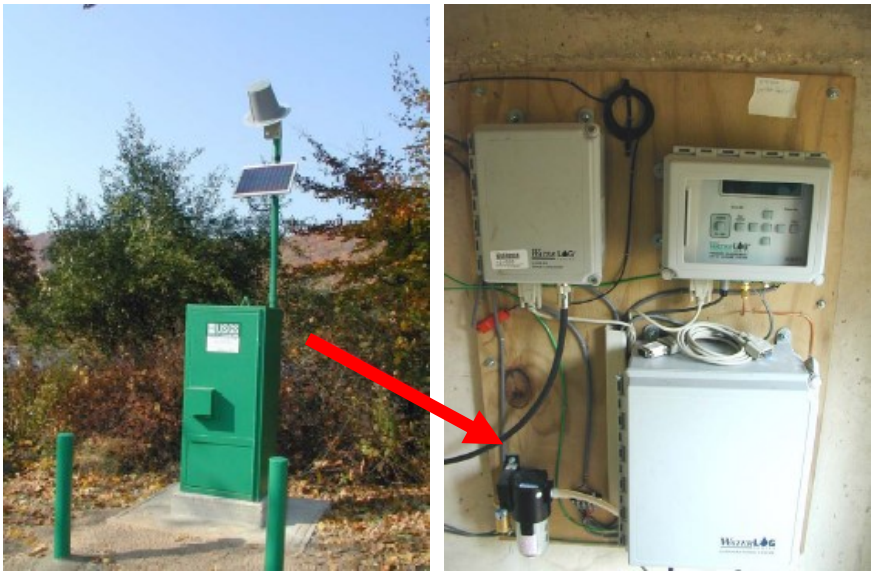
附表 B-1 不同型式之自記水位計優缺點比較

| 儀器型式 | 優點 | 缺點 |
|---|---|---|
|  浮筒式 | 系統耗電量較低，構造簡單，操作容易，量測精確度高。 | 無法符合辯狀河川之水位量測需求，且水位塔易受河川沖淤之影響。 |
| 壓力式 | 不必建造水位塔，僅需埋設傳導管，佔用空間小，安裝方便。 | 感測器常年置於水中，易有浸泡損壞之問題，且易受氣壓、密度及水溫所影響。 |
| 超音波 | 探頭位置可配合流路變化進行調整。 | 對環境影響因子（震動、溫度）較為敏感，穩定性略嫌不足，且需較大電力。 |
| 雷達波 | 探頭位置可配合流路變化進行調整，且穩定性高於超音波水位計。 | 需較大電力。 |

近年來，因新式儀器的持續研發及改進，使得水位量測技術已達到一定之精確度及穩定度，由於水位計測方法相當多元，涉及之測定原理亦非常廣泛，因此市面上販售之水位計種類及型式相當多。目前國外於河川觀測實務上使用，而國內較不常見之水位計如附圖 B-5~附圖 B-9 所示。

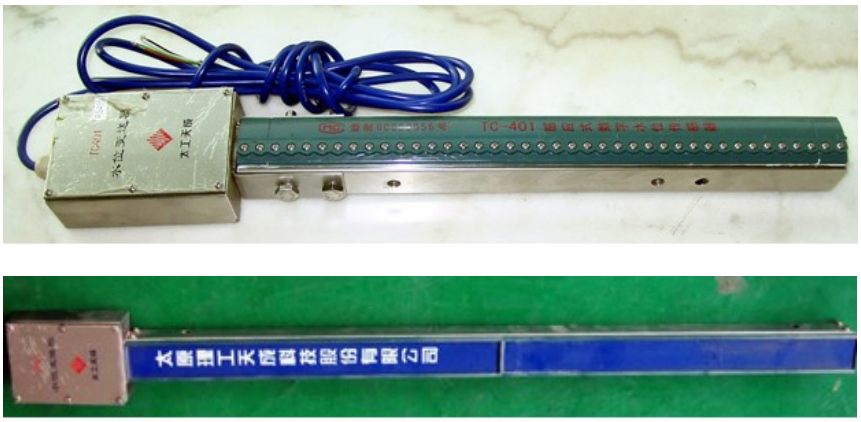
附圖 B-5 自收纜浮筒式水位計（左：直井式；右：斜井式）

附圖 B-6 磁石浮筒式水位計（磁簧開關檢測）



附圖 B-7 氣泡式水位計（壓力平衡檢測）

附圖 B-8 光波式水位計（紅外線反射時間檢測）



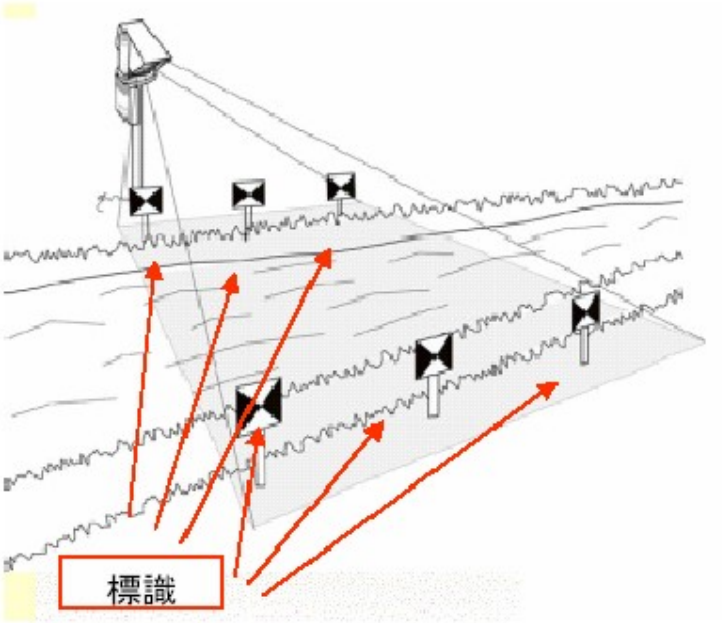
附圖 B-9 電子水尺（上：觸點感應式；下：電容式）

# 附　錄 C

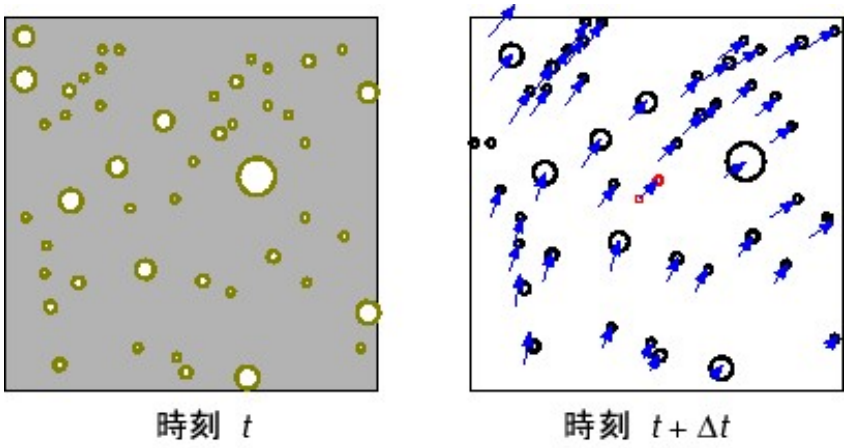
# 自動化流速量測方法

## 一、 質點影像測速（Particle Image Velocimetry，PIV）

利用影像擷取器材配合影像分析技術解析出河川水位（配合水位標尺）及表面流速，並以此推估洪水流量，設置方式如附圖 C-1 所示。其原理係以擷取影像之時間差推估河川流量，量測時於 $t$ 時刻擷取影像後，記錄固定質點之位置，經過 $\Delta t$ 時刻再擷取影像，記錄經過 $\Delta t$ 時刻後相同質點所前進之距離 $\Delta X$，利用兩張影像即可求得該質點之移動速度 $V = \Delta X / \Delta t$，如附圖 C-2 所示。但此法應用於台灣時容易受到天候影響，導致影像品質不佳，因此針對影像擷取部份仍有極大之改善空間。



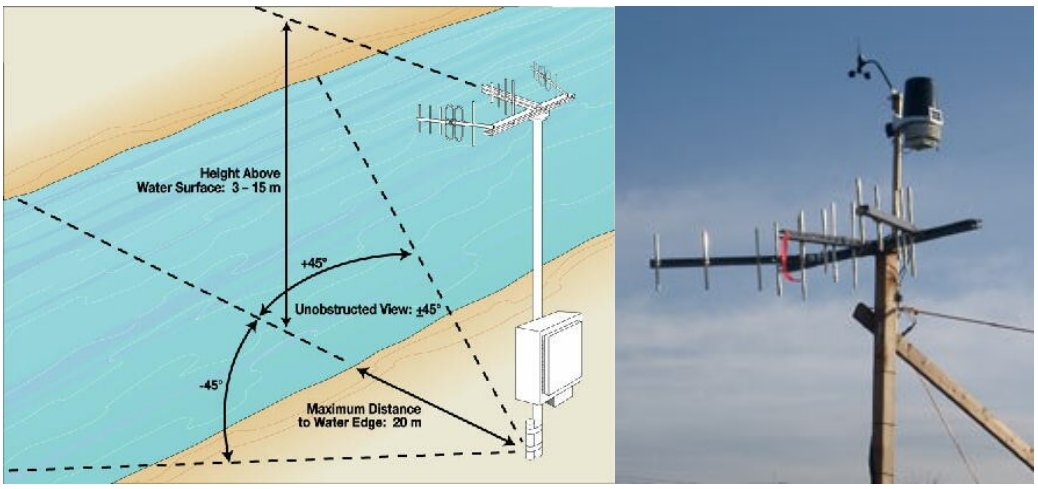

附圖 C-1 質點影像測速系統示意圖




附圖 C-2 質點影像量測示意圖

二、 電波流速計

利用電波經水面反射所產生之都卜勒偏移，經由分析計算後獲得水面波之單點或橫向表面流速的觀測方式。市面上已有多種型式種類之儀器，附圖 C-3 及附圖 C-4 即為不同之電波流速儀（測速雷達）系統。




附圖 C-3 短波雷達流速儀

附圖 C-4 微波雷達流速儀

測速雷達於量測時雖具有機動性、便利性等優點，但須注意下列事項：

(一) 測量地點應以直線河道為優先考慮，避免分析時誤差過大，雷達天線設置高度以高於水面 5 公尺以上為原則。

(二) 雷達天線測量時，雷達波發射之視線方向應避免與河川流向垂直，因二者垂直時相對之都卜勒頻率偏移為零，無法測量流速。

(三) 固定測站建置位置以利用沿岸既有建築物為優先考慮，同時兼顧洪水時人員及儀器的安全。

(四) 固定測站建置位置以上、下游應具備設置自動化水位觀測系統之地點或測點河床斷面穩定且已有斷面資料為優先，以增加流量觀測上的準確度。

(五) 測量時應避免水中有結構物，如橋墩等，水中結構物除會影響水流外，亦會影響雷達波反射訊號的準確性。

(六) 雷達量測斷面上，應在平時蒐集河床底質特性及斷面資料，作為平均流速及流量計算時之參數依據，以增加流量觀測上的準確度。

(七) 雷達測點選擇較傳統測站靈活，但為更進一步比對量測結果，測站位置之選定亦同時考慮傳統量測方式便於施測或既有水位站之地點。

三、 超音波流速計

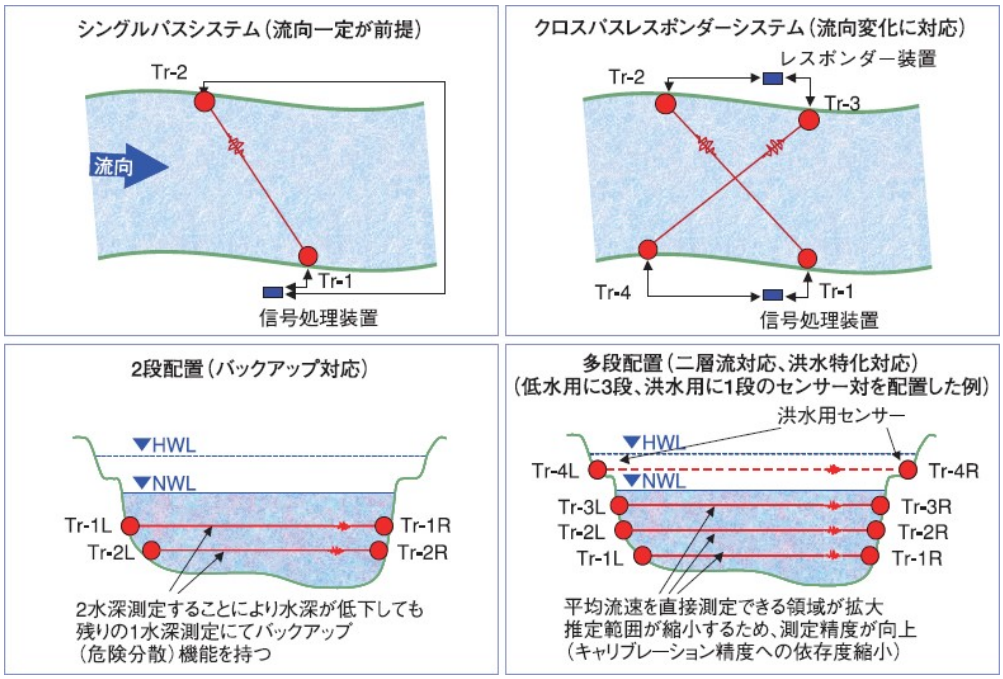
由於電磁波在水中衰減的速率非常的高，無法做為偵測的訊號來源，因此以聲波探測水面下物體成為運用最廣泛的手段。目前常見於河川流速量測方法大致可分為：

(一) 傳播時間差法（水中超音波流速儀）

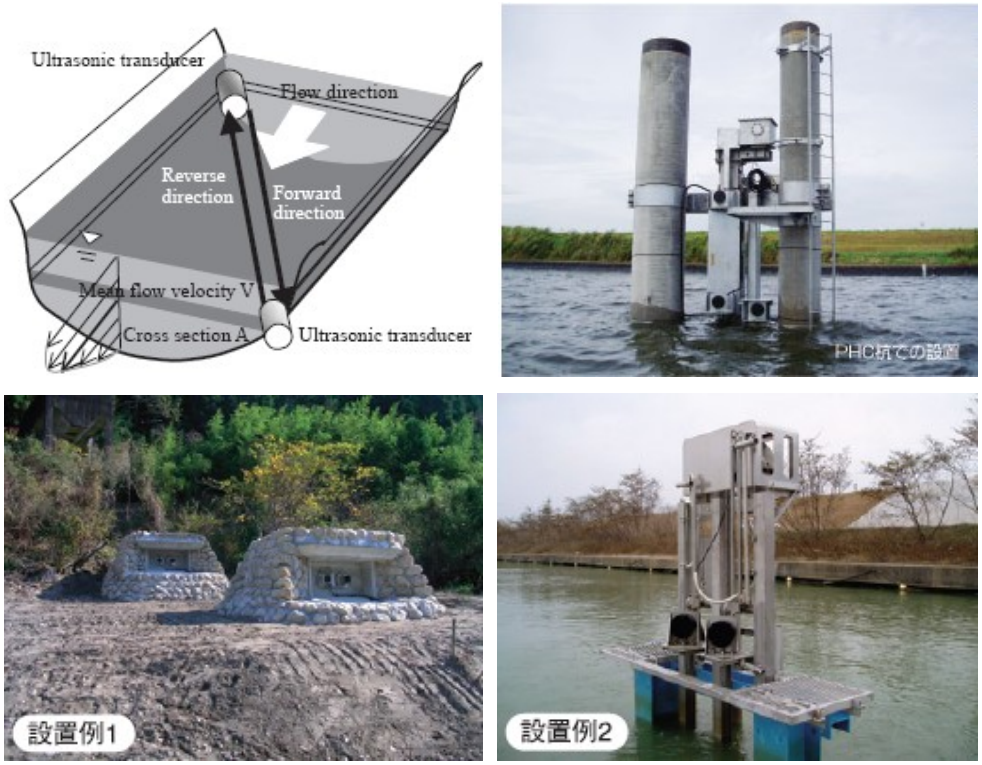
於河川（水路）兩岸設置超音波傳感器，利用超音波於水中傳播時間的差異（順逆向），計算出特定測線上的平均流速。針對不同的流況，可採行不同的設置方案，以提高流速量測的準確性。相關儀器設置方式如附圖 C-5 及附圖 C-6 所示。

(二) 都卜勒偏移法（聲波都卜勒流速儀、流速剖面儀）

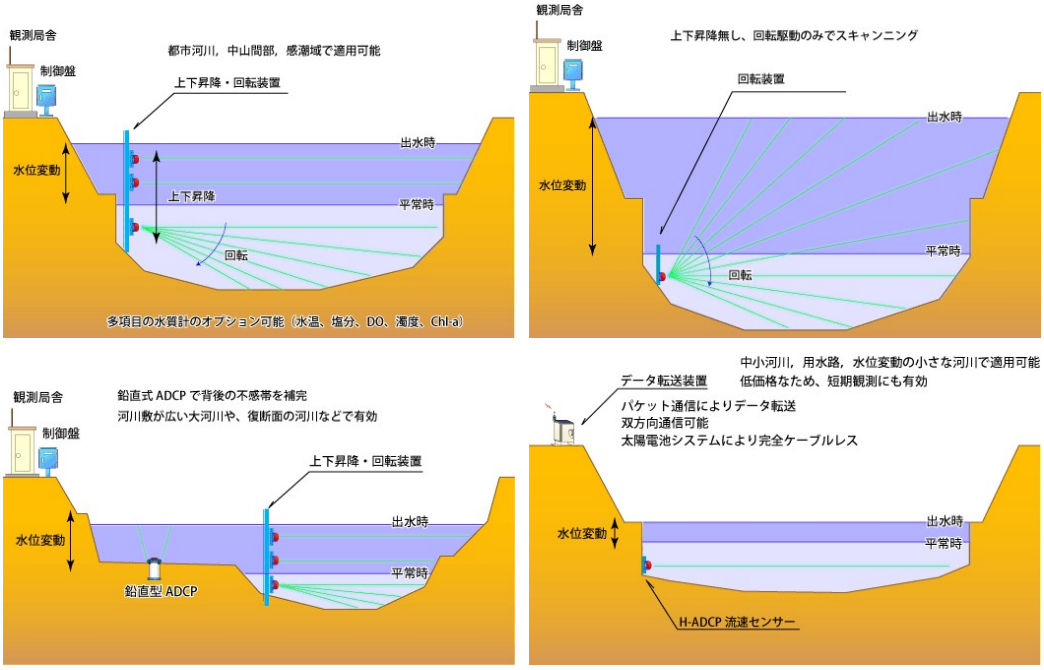
於水中朝特定方向射出聲波，因為自然界的水中都有一些懸浮顆粒，這些顆粒會將部分聲波反射回發射的儀器，儀器收到之後就可以加以分析。如果這些懸浮顆粒是向著儀器迫近，反射的頻率會高於發射的頻率，如果是遠離則會低於發射頻率，藉著這種頻率差異就可以代入都卜勒定律算出水流速度。相關儀器之設置如附圖 C-7 及附圖 C-8 所示。



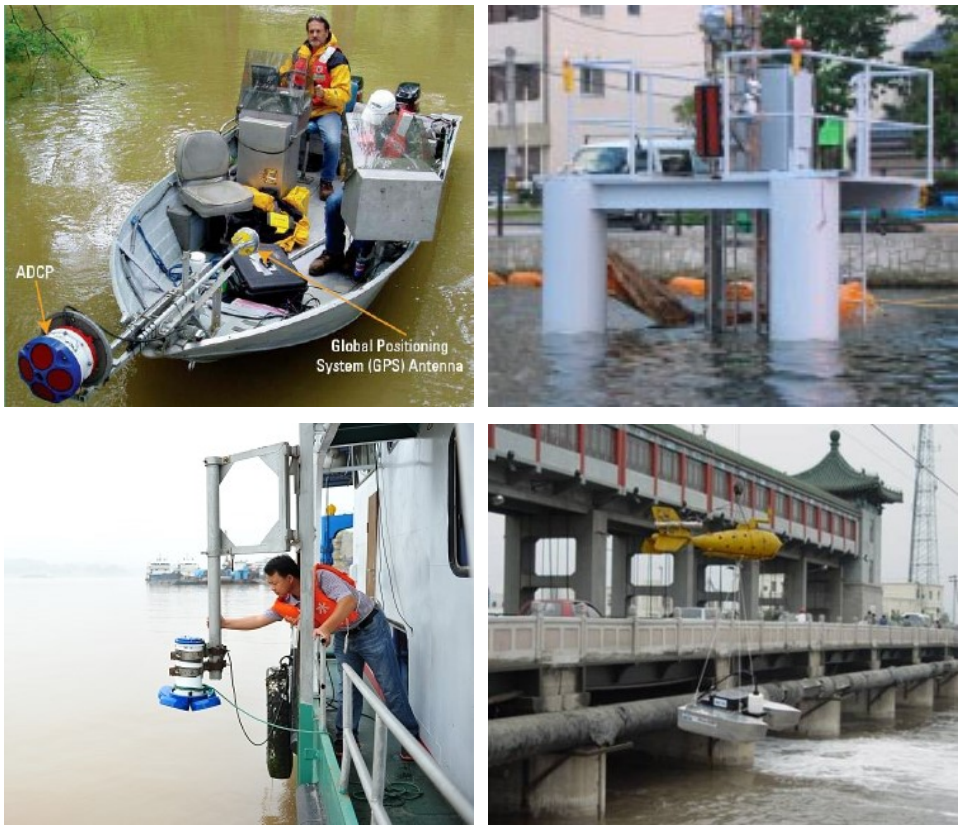

附圖 C-5 水中超音波測速系統建置方案




附圖 C-6 水中超音波流速儀




附圖 C-7 水平式聲波都卜勒流速測定系統建置方案




附圖 C-8 各式聲波都卜勒流速剖面儀

# 附　錄 D

# 測深錘之量測水深校正

測錘線因水流沖成弧形時（附圖 D-1），應由端線所附量角盤測定測錘線與垂直水面方向之夾角，以校正垂直深度，其修正方式如下：

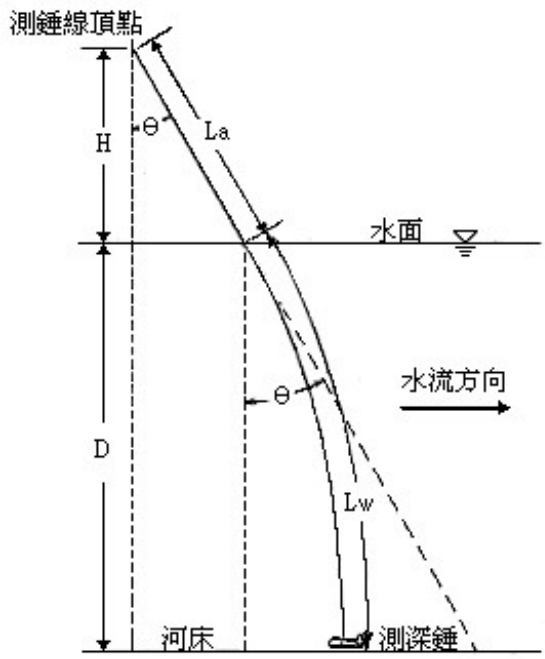
一、 已知測點至水面高度 H，測錘線長度 $L_T$ 與測錘線夾角 $\theta$，此時水面下測錘線長度 $L_w$ 為

$$L_w = L_T - L_a = L_T - H/\cos\theta$$

二、 垂直水深 D 可經由測錘線修正求得。

$$D = L_w - K$$

其中，K 為水面下測錘線與垂直水深差值，可由附表 D-1 查得。




附圖 D-1 深急水流中測深錘與測錘線位置圖

# 附表 D-1 水面下測錘線與垂直水深差值 K 值表

| Lw 水深(m) \ 垂角θ | 4° | 6° | 8° | 10° | 12° | 14° | 16° | 18° | 20° | 22° | 24° | 26° | 28° | 30° | 32° | 34° | 36° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.005 | 0.007 | 0.010 | 0.013 | 0.016 | 0.020 | 0.025 | 0.030 | 0.035 | 0.041 | 0.047 | 0.054 | 0.062 | 0.070 |
| 1.2 | 0.001 | 0.002 | 0.004 | 0.006 | 0.009 | 0.012 | 0.015 | 0.020 | 0.024 | 0.030 | 0.036 | 0.042 | 0.049 | 0.057 | 0.065 | 0.074 | 0.084 |
| 1.4 | 0.001 | 0.002 | 0.004 | 0.007 | 0.010 | 0.014 | 0.018 | 0.023 | 0.029 | 0.035 | 0.041 | 0.049 | 0.057 | 0.066 | 0.076 | 0.087 | 0.098 |
| 1.6 | 0.001 | 0.003 | 0.005 | 0.008 | 0.012 | 0.016 | 0.020 | 0.026 | 0.033 | 0.040 | 0.047 | 0.056 | 0.065 | 0.076 | 0.087 | 0.099 | 0.112 |
| 1.8 | 0.001 | 0.003 | 0.006 | 0.009 | 0.013 | 0.018 | 0.023 | 0.030 | 0.037 | 0.045 | 0.053 | 0.063 | 0.073 | 0.085 | 0.098 | 0.112 | 0.126 |
| 2.0 | 0.001 | 0.003 | 0.006 | 0.010 | 0.014 | 0.020 | 0.026 | 0.033 | 0.041 | 0.050 | 0.059 | 0.070 | 0.082 | 0.094 | 0.109 | 0.124 | 0.140 |
| 2.2 | 0.001 | 0.004 | 0.007 | 0.011 | 0.016 | 0.022 | 0.028 | 0.036 | 0.045 | 0.055 | 0.065 | 0.077 | 0.090 | 0.104 | 0.120 | 0.136 | 0.154 |
| 2.4 | 0.001 | 0.004 | 0.008 | 0.012 | 0.017 | 0.024 | 0.031 | 0.039 | 0.049 | 0.060 | 0.071 | 0.084 | 0.098 | 0.113 | 0.131 | 0.149 | 0.168 |
| 2.6 | 0.002 | 0.004 | 0.008 | 0.013 | 0.019 | 0.025 | 0.033 | 0.043 | 0.053 | 0.064 | 0.077 | 0.091 | 0.106 | 0.123 | 0.141 | 0.161 | 0.181 |
| 2.8 | 0.002 | 0.004 | 0.009 | 0.014 | 0.020 | 0.027 | 0.036 | 0.046 | 0.057 | 0.069 | 0.083 | 0.098 | 0.114 | 0.132 | 0.152 | 0.174 | 0.195 |
| 3.0 | 0.002 | 0.005 | 0.010 | 0.015 | 0.022 | 0.029 | 0.038 | 0.049 | 0.061 | 0.074 | 0.089 | 0.105 | 0.122 | 0.142 | 0.163 | 0.186 | 0.209 |
| 3.2 | 0.002 | 0.005 | 0.010 | 0.016 | 0.023 | 0.031 | 0.041 | 0.052 | 0.065 | 0.079 | 0.095 | 0.112 | 0.131 | 0.151 | 0.174 | 0.198 | 0.223 |
| 3.4 | 0.002 | 0.005 | 0.011 | 0.017 | 0.024 | 0.033 | 0.044 | 0.056 | 0.069 | 0.084 | 0.101 | 0.119 | 0.139 | 0.160 | 0.185 | 0.211 | 0.237 |
| 3.6 | 0.002 | 0.006 | 0.012 | 0.018 | 0.026 | 0.035 | 0.046 | 0.059 | 0.073 | 0.089 | 0.107 | 0.126 | 0.147 | 0.170 | 0.196 | 0.223 | 0.251 |
| 3.8 | 0.002 | 0.006 | 0.012 | 0.019 | 0.027 | 0.037 | 0.049 | 0.062 | 0.078 | 0.094 | 0.112 | 0.133 | 0.155 | 0.179 | 0.207 | 0.236 | 0.265 |
| 4.0 | 0.002 | 0.006 | 0.013 | 0.020 | 0.029 | 0.039 | 0.051 | 0.066 | 0.082 | 0.099 | 0.118 | 0.140 | 0.163 | 0.189 | 0.218 | 0.248 | 0.279 |
| 4.2 | 0.003 | 0.007 | 0.013 | 0.021 | 0.030 | 0.041 | 0.054 | 0.069 | 0.086 | 0.104 | 0.124 | 0.147 | 0.171 | 0.198 | 0.228 | 0.260 | 0.293 |
| 4.4 | 0.003 | 0.007 | 0.014 | 0.022 | 0.032 | 0.043 | 0.056 | 0.072 | 0.090 | 0.109 | 0.130 | 0.154 | 0.180 | 0.208 | 0.239 | 0.273 | 0.307 |
| 4.6 | 0.003 | 0.007 | 0.015 | 0.023 | 0.033 | 0.045 | 0.059 | 0.075 | 0.094 | 0.114 | 0.136 | 0.161 | 0.188 | 0.217 | 0.250 | 0.285 | 0.321 |
| 4.8 | 0.003 | 0.008 | 0.015 | 0.024 | 0.035 | 0.047 | 0.061 | 0.079 | 0.098 | 0.119 | 0.142 | 0.168 | 0.196 | 0.227 | 0.261 | 0.298 | 0.335 |
| 5.0 | 0.003 | 0.008 | 0.016 | 0.025 | 0.036 | 0.049 | 0.064 | 0.082 | 0.102 | 0.124 | 0.148 | 0.175 | 0.204 | 0.236 | 0.272 | 0.310 | 0.349 |
| 5.2 | 0.003 | 0.008 | 0.017 | 0.026 | 0.037 | 0.051 | 0.067 | 0.085 | 0.106 | 0.129 | 0.154 | 0.182 | 0.212 | 0.245 | 0.283 | 0.322 | 0.363 |
| 5.4 | 0.003 | 0.009 | 0.017 | 0.027 | 0.039 | 0.053 | 0.069 | 0.089 | 0.110 | 0.134 | 0.160 | 0.189 | 0.220 | 0.255 | 0.294 | 0.335 | 0.377 |
| 5.6 | 0.003 | 0.009 | 0.018 | 0.028 | 0.040 | 0.053 | 0.072 | 0.092 | 0.114 | 0.139 | 0.166 | 0.196 | 0.228 | 0.264 | 0.305 | 0.347 | 0.391 |
| 5.8 | 0.003 | 0.009 | 0.019 | 0.029 | 0.042 | 0.057 | 0.074 | 0.095 | 0.118 | 0.144 | 0.172 | 0.203 | 0.237 | 0.274 | 0.316 | 0.360 | 0.405 |
| 6.0 | 0.004 | 0.010 | 0.019 | 0.030 | 0.043 | 0.059 | 0.077 | 0.098 | 0.122 | 0.149 | 0.178 | 0.210 | 0.245 | 0.283 | 0.326 | 0.372 | 0.419 |
| 6.2 | 0.004 | 0.010 | 0.020 | 0.031 | 0.045 | 0.061 | 0.079 | 0.102 | 0.126 | 0.154 | 0.184 | 0.217 | 0.253 | 0.293 | 0.337 | 0.384 | 0.433 |
| 6.4 | 0.004 | 0.010 | 0.020 | 0.032 | 0.046 | 0.063 | 0.082 | 0.105 | 0.131 | 0.159 | 0.189 | 0.224 | 0.261 | 0.302 | 0.348 | 0.397 | 0.447 |
| 6.6 | 0.004 | 0.011 | 0.021 | 0.033 | 0.048 | 0.065 | 0.084 | 0.108 | 0.135 | 0.164 | 0.195 | 0.231 | 0.269 | 0.312 | 0.359 | 0.409 | 0.461 |
| 6.8 | 0.004 | 0.011 | 0.022 | 0.034 | 0.049 | 0.067 | 0.087 | 0.112 | 0.139 | 0.169 | 0.201 | 0.238 | 0.277 | 0.321 | 0.370 | 0.422 | 0.475 |
| 7.0 | 0.004 | 0.011 | 0.022 | 0.035 | 0.050 | 0.069 | 0.090 | 0.115 | 0.143 | 0.174 | 0.207 | 0.245 | 0.286 | 0.330 | 0.381 | 0.434 | 0.489 |
| 7.2 | 0.004 | 0.012 | 0.023 | 0.086 | 0.052 | 0.071 | 0.092 | 0.118 | 0.147 | 0.179 | 0.213 | 0.252 | 0.294 | 0.340 | 0.392 | 0.446 | 0.503 |
| 7.4 | 0.004 | 0.012 | 0.024 | 0.037 | 0.053 | 0.073 | 0.095 | 0.121 | 0.151 | 0.184 | 0.219 | 0.259 | 0.302 | 0.349 | 0.403 | 0.459 | 0.517 |
| 7.6 | 0.005 | 0.012 | 0.024 | 0.038 | 0.055 | 0.074 | 0.097 | 0.125 | 0.155 | 0.188 | 0.225 | 0.266 | 0.310 | 0.359 | 0.413 | 0.471 | 0.530 |
| 7.8 | 0.005 | 0.012 | 0.025 | 0.039 | 0.056 | 0.076 | 0.100 | 0.128 | 0.159 | 0.193 | 0.231 | 0.273 | 0.318 | 0.368 | 0.424 | 0.484 | 0.544 |
| 8.0 | 0.005 | 0.013 | 0.025 | 0.040 | 0.058 | 0.078 | 0.102 | 0.131 | 0.163 | 0.198 | 0.237 | 0.280 | 0.326 | 0.378 | 0.435 | 0.496 | 0.558 |
| 8.2 | 0.005 | 0.013 | 0.026 | 0.041 | 0.059 | 0.080 | 0.105 | 0.134 | 0.167 | 0.203 | 0.243 | 0.287 | 0.335 | 0.387 | 0.446 | 0.508 | 0.572 |
| 8.4 | 0.005 | 0.013 | 0.027 | 0.042 | 0.060 | 0.082 | 0.108 | 0.138 | 0.171 | 0.208 | 0.249 | 0.294 | 0.343 | 0.396 | 0.457 | 0.521 | 0.586 |
| 8.6 | 0.005 | 0.014 | 0.028 | 0.043 | 0.062 | 0.084 | 0.110 | 0.141 | 0.175 | 0.213 | 0.255 | 0.301 | 0.351 | 0.406 | 0.468 | 0.533 | 0.600 |
| 8.8 | 0.005 | 0.014 | 0.028 | 0.044 | 0.063 | 0.086 | 0.113 | 0.144 | 0.180 | 0.218 | 0.260 | 0.308 | 0.359 | 0.415 | 0.479 | 0.546 | 0.614 |
| 9.0 | 0.005 | 0.014 | 0.029 | 0.045 | 0.065 | 0.088 | 0.115 | 0.145 | 0.184 | 0.223 | 0.266 | 0.315 | 0.367 | 0.425 | 0.490 | 0.558 | 0.628 |
| 9.2 | 0.006 | 0.015 | 0.029 | 0.046 | 0.066 | 0.090 | 0.118 | 0.151 | 0.188 | 0.228 | 0.272 | 0.322 | 0.375 | 0.434 | 0.500 | 0.570 | 0.642 |
| 9.4 | 0.006 | 0.015 | 0.030 | 0.047 | 0.068 | 0.092 | 0.120 | 0.154 | 0.192 | 0.233 | 0.278 | 0.329 | 0.384 | 0.444 | 0.511 | 0.583 | 0.656 |
| 9.6 | 0.006 | 0.015 | 0.031 | 0.048 | 0.069 | 0.094 | 0.123 | 0.157 | 0.196 | 0.238 | 0.284 | 0.336 | 0.392 | 0.453 | 0.522 | 0.595 | 0.670 |
| 9.8 | 0.006 | 0.016 | 0.031 | 0.049 | 0.071 | 0.096 | 0.125 | 0.161 | 0.200 | 0.243 | 0.290 | 0.343 | 0.400 | 0.463 | 0.533 | 0.608 | 0.684 |
| 10.0 | 0.006 | 0.016 | 0.032 | 0.050 | 0.072 | 0.098 | 0.128 | 0.164 | 0.204 | 0.248 | 0.296 | 0.350 | 0.408 | 0.472 | 0.544 | 0.620 | 0.698 |

# 編輯工作人員

| 職稱 | 姓名 | 工作項目 |
|---|---|---|
| 局長 | 姚嘉耀 | 指導工作方針，核定作業程序 |
| 副局長 | 呂學修 | 指導工作方針，審核作業程序 |
| 課長 | 劉敏梧 | 指揮人力執行，初審作業程序 |
| 工程員 | 謝長銘 | 主辦工作策劃、執行及編輯 |
| 工程員 | 陳金鑾 | 協助資料蒐集、操作及編輯 |
| 約僱人員 | 梁祥淅 | 協助資料蒐集及操作 |
| 外聘人員 | 蔡字伸 | 協助現場操作 |