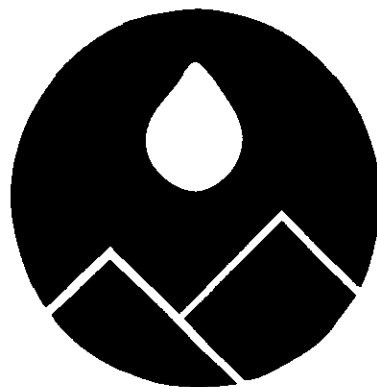




MOEA/WRB-8900071V1

天然河川流量及泥砂觀測技術
與儀器本土化建置研究(1/2)

Study on Flow and Sediment
Measuring Techniques



主辦機關：經濟部水資源局
執行單位：國立交通大學防災工程研究中心
中華民國九十年三月

經濟部水資源局八十八下半年八十九年度

「天然河川流量及泥砂觀測技術與
儀器本土化建置研究(1/2)」委辦計畫

計畫期限：民國 89 年 5 月 29 日至民國 90 年 3 月 31 日

委託機關：經濟部水資源局

執行機關：國立交通大學防災工程研究中心

計畫主持人：許盈松 研究助理教授

共同主持人：楊錦釗 教授

協同主持人：張哲豪 教授

顧問：胡春宏 所長

連富良 先生

研究人員：劉家豪 先生

周湘俊 先生

連富志 先生

邱彬晟 先生

張佳祺 先生

謝春木 先生

沈秀蘭 小姐

盧佩蒂 小姐

委託機關：經濟部水資源局

執行機關：國立交通大學防災工程研究中心

中華民國九十年三月

中文摘要

綜觀現今國內水資源及水利領域等相關研究成果，可以發現在各種水資源及水利課題之數值模式或物理模式研究方面，業已累積許多成果；在實際應用方面，亦有許多成功經驗。但在各種水資源及水利課題基本資料觀測、蒐集、調查等相關研究，較少有突破性成果；於實際應用上，亦較少有觀測現代化成功案例。特別是有關河川水文資料的觀測、蒐集、調查工作，諸如天然河川洪水位、流速、泥砂輸移量的觀測調查，格外地困難；甚至因觀測環境惡劣、測站位址過於偏僻或觀測儀器功能受限，而使得許多重要基本資料數據長期闕漏。故翔實評估台灣河川水文資料既有內涵與觀測現況，著手進行河川流量及泥砂資料觀測系統之更新改良研究工作，實是當務之急。

本研究初步研擬規劃完成河川流速、泥砂推移載及泥砂河床質等自動化觀測方式，並對相關儀器雛型進行設計、製作及測試研究工作，以作為後續相關研究及應用進程中修正改良之基礎。茲將主要成果摘要如下：

- (1) 國內外天然河川洪水位、洪水流速及河川泥砂推移載輸移量等觀測項目，其觀測理論、方法、應用實例等比較評估。
- (2) 自動化流速觀測儀研擬、規劃、設計、製作及測試工作，本研究所擇定流速感應元件可分為電磁式、差壓式元件兩種。本觀測儀除可進行流速觀測外，亦可同時偵測水深位置，配合實務應用上之捲揚控制系統，將可同時進行自動化流速、水深位置觀測作業。
- (3) 自動化泥砂推移載觀測採樣儀研擬、規劃、設計、製作及測試工作。針對不同泥砂條件研製兩種不同尺寸採樣儀，其主要功能為可控制採樣儀開啟口門、定時距採樣後自動關閉口門、採樣後採樣儀控制上升、現場簡易拆卸採樣袋稱重記錄等簡易作業功能。

- (4) 自動化泥砂底床質觀測採樣儀研擬、規劃、設計、製作及測試工作。
- 本觀測儀屬抓斗型式採樣器，藉由空氣壓縮機所提供動力控制抓斗啟閉，可適用於中低流速條件下之河川底床質採樣工作。

Abstract

A review on research archives in the domain of local water resources and hydrology study does indicate that there are many fruitful results accumulated from an extensive numeral modeling or physical modeling research performed on water resources and hydrology, notwithstanding many successful experimentation in practical applications. On the other hand, there are fewer breakthroughs in the studies conducted in assessing water resources and hydrological study via fundamental data observation, collecting and surveying work, where fewer successful modernization cases have been reported as far as practical applications are concerned. Particularly, many difficulties come to hinder the observation, collection and survey work for gathering a river system's hydrological data, such a river system's floor water level, velocity, sediment transport and so forth. Moreover, geological barriers and remote surveying stations or limitation of monitoring instruments have obscured long periods of necessary monitoring data. This has impelled a revival of updated and improved engineering methods, with which vital hydrological data on Taiwan's river systems may be reassembled for recording the velocity of water flow and sediment accumulation as an urgent task that cannot be put off any further.

This study adopts a preliminary approach via automated surveying mode for completing river flow velocity, sediment transfer and riverbed motion, and to avail the design, production and test validation on prototype instruments, necessary to instill a solid premise, with which move forward to subsequent peripheral study and interim modification and revision during the application phase. Some of the crucial findings are excerpted as follows,

- 1) A concise comparison has been made to evaluate criteria, theories, methods and application highlights for surveying a natural river system's flood water level, flood velocity and river silting conveyance adopted locally and world-wide.

- 2) Upon undergoing a series of proposing, development, design, production and validation on the automated velocity observation instrument, the stationary velocity sensing components chosen by the study consist of an electromagnetic type and a differential pressure rating model. The monitoring equipment not only observes the velocity but can also detect water depth, together with the percolation control system in field adaptation, can provide automated simultaneous monitoring of flow velocity and water depth.
- 3) The drafting, development, design, production and validation of an automated silt conveyance observation instrument has been made to accommodate two varied sampling hopper design for varied silt criteria, whose main functions consist of many simplified functions, i.e. a programmable sampling hopper, timer and distance-rated sampling with an automatic hopper closure, mechanically controlled hopper ascension after sampling, easy dismantling for local weighing and so forth.
- 4) The drafting, development, design, production and validation of an automated riverbed silting sampling instrument has been made to provide a fork scoop sampler for the observation instrument, which is operated pneumatically via an air compressor, and is ideal for riverbed surveying under a medium to low velocity condition.

謝 誌

本計畫承蒙經濟部水資源局經費支持，研究期間金副局長紹興、劉組長萬里、黃科長月娟、李工程司友平、馬工程師家驊，給予極大支持與協助。此外，經濟部水利處多位水利先進及諸審查委員先進，慷慨給予協助及指正，謹致最大謝忱。

天然河川流量及泥砂觀測技術與儀器本土化建置研究(1/2)

目錄

	頁次
中文摘要	I
英文摘要	III
謝誌	V
目錄	VI
表目錄	XI
圖目錄	XIII
照目錄	XVI
第一章 前言	1-1
1.1 研究動機	1-1
1.2 計畫緣起	1-2
1.3 計畫目的	1-3
1.4 研究方法	1-4
1.5 計畫工作項目	1-7
第二章 研究背景分析	2-1
2.1 國內外河川特性分析	2-1

2.2 台灣地區河川水文觀測現況	2-11
2.3 國外河川水文觀測現況	2-22
2.4 中國大陸河川水文觀測現況	2-28
第三章 河川流量觀測及泥砂採樣技術	3-1
3.1 河川流量及泥砂觀測系統架構	3-1
3.2 流量觀測方法	3-5
3.3 流量演算理論	3-13
3.4 訊號蒐集、傳輸及處理技術	3-15
3.5 浮標流速計觀測技術	3-20
3.6 旋槳式流速計觀測技術	3-21
3.7 靶式流速計觀測技術	3-24
3.8 超音波流速計觀測技術	3-25
3.9 電磁流速計觀測技術	3-26
3.10 差壓式流速計觀測技術	3-28
3.11 河川水深觀測技術	3-31
3.12 河川泥砂觀測技術	3-34
第四章 河川水文觀測作業相關課題	4-1
4.1 觀測技術系統架構	4-1
4.2 觀測儀器的率定校正	4-4

4.3 河床沖淤變化觀測儀	4-6
4.4 傳輸系統架構	4-9
4.5 泥砂觀測採樣儀	4-10
4.6 資料分析處理軟體規劃	4-10
4.7 相關設備防蝕與避雷措施	4-11
4.8 相關設備保養維修與校驗規劃	4-12
第五章 河川流量觀測作業	5-1
5.1 觀測作業內容	5-1
5.2 觀測施測方式	5-5
5.3 資料整理分析作業	5-8
第六章 輸砂量觀測作業	6-1
6.1 觀測作業內容	6-1
6.2 河床質觀測作業	6-1
6.3 河床載觀測作業	6-3
6.4 懸移載觀測作業	6-5
6.5 輸砂量推估方法	6-6
第七章 流速儀規劃建置	7-1
7.1 流速儀規劃研製	7-1
7.2 流速儀操作程序	7-3

7.3 流速儀測試作業	7-6
第八章 河床沖淤變化觀測儀規劃建置	8-1
8.1 壓力式測深儀原理	8-1
8.2 壓力式測深儀構件功能	8-1
8.3 壓力式測深儀操作程序	8-3
8.4 壓力式測深儀測試作業	8-5
第九章 泥砂觀測採樣儀規劃建置	9-1
9.1 泥砂觀測採樣儀規劃研製	9-1
9.2 泥砂觀測採樣儀操作流程	9-2
9.3 泥砂觀測採樣儀測試作業	9-3
第十章 河川水文觀測系統操作維護規劃	10-1
10.1 系統架構規劃	10-1
10.2 主控制站規劃	10-4
10.3 中繼控制站規劃	10-5
10.4 系統軟體規劃	10-6
10.5 維護保養規劃	10-10
10.6 儀器建置經費評估	10-13
第十一章 河川水文觀測儀器後續現地長期觀測規劃	11-1
第十二章 結論與建議	12-1

12.1 結論	12-1
12.2 建議	12-2
附照片 研究過程相關照片記錄整理	P-1
參考文獻	R-1
附錄一 專家學者討論會辦理情形	A-1
附錄二 期中報告(一)審查意見處理情形	B-1
附錄三 期中報告(二)審查意見處理情形	C-1
附錄四 世界各國重要河川水理輸砂資料	D-1
附錄五 電磁式感應元件相關規格文件	E-1
附錄六 壓電式壓力感應元件相關規格文件	F-1
附錄七 差壓式流速感應元件相關規格文件	G-1
附錄八 期末報告審查意見處理情形	L-1

表目錄

	頁次
表 2-1 台灣地區重要河川流域特性	2-6
表 2-2 世界著名河川特性	2-7
表 2-3 台灣及世界重要河川比較表	2-8
表 2-4 世界各國之河川特性	2-9
表 2-5 89 年度水利處所轄水位流量站近況統計表(89.12.19 統計)	2-14
表 2-6 水利局現有水位流量站歷年洪水量測驗次數統計表(至 73 年底)	2-18
表 2-7 各工程處歷年使用流速儀實測最大流速調查表	2-18
表 2-8 台灣水利單位現行使用流量觀測技術(流速儀)性能比較	2-20
表 2-9 懸移質含砂量取樣器之比較	2-22
表 2-10 中國大陸重要河川逕流量統計一覽	2-30
表 3-1 以鉛球測水深時從水面至河底之位移試算表	3-33
表 3-2 推移值採樣器規格、性能及適用範圍	3-36
表 7-1 電磁式流速儀拖曳測試	7-7
表 7-2 率定成果	7-8
表 7-3 普萊氏流速儀率定成果	7-9
表 8-1 測深儀定深、定點測深試驗	8-6
表 8-2 不同鉛魚重量、水深條件下之拖曳試驗	8-7

表 9-1	推移質採樣儀測試成果	9-10
表 10-1	原型儀器建置經費評估	10-13
表 11-1	現地觀測計畫	11-3

圖目錄

	頁次
圖 1-1 研究方法及步驟流程	1-6
圖 2-1 台灣重要河川分布圖	2-2
圖 2-2 台灣等雨量線圖(1949-1990)	2-4
圖 2-3 台灣河川逕流量分布圖(1949-1990)	2-5
圖 2-4 超音波水位計設置圖	2-15
圖 2-5 流速儀測流速輔助索設備示意圖	2-17
圖 3-1 面積流速積分法	3-6
圖 3-2 中斷面法	3-7
圖 3-3 平均斷面法	3-7
圖 3-4 河川斷面示意圖	3-9
圖 3-5 自動化河川流量及泥砂觀測系統架構示意圖	3-18
圖 3-6 水文資訊傳輸流程	3-19
圖 3-7 經濟部水利處現階段水位流量資料處理流程圖	3-20
圖 3-8 電阻式傳感器構造簡圖	3-22
圖 3-9 電感式傳感器構造簡圖	3-22
圖 3-10 導光纖維光電傳感器構造簡圖	3-23
圖 3-11 皮托管結構示意圖	3-29

圖 3-12	皮托管對流場的影響	3-31
圖 3-13	鉛球下降受力關係圖	3-33
圖 4-1	相關課題探討流程	4-3
圖 4-2	精度與誤差	4-4
圖 4-3	河床沖淤變化觀測儀構想示意圖	4-7
圖 4-4	傳統重力式沖刷量測構想示意圖	4-8
圖 4-5	超音波水位觀測系統架構示意圖	4-9
圖 4-6	故障排除流程	4-15
圖 5-1	涉水施測角度校正示意圖	5-6
圖 5-2	纜箱施測流速設備圖	5-6
圖 5-3	鉛魚與流速計之位置圖	5-7
圖 6-1	砂漣存在對採樣之影響	6-4
圖 7-1	電磁式流速儀設計圖	7-2
圖 7-2	差壓式流速儀設計圖	7-4
圖 7-3	自動化流速儀操作流程圖	7-5
圖 7-4	差壓式流速儀率定成果	7-8
圖 7-5	N-V 線性關係圖	7-9
圖 8-1	自動化測深儀示意圖	8-2
圖 8-2	壓力式測深儀操作流程	8-4

圖 9-1	自動化泥砂推移質採樣器示意圖	9-5
圖 9-2	I 型捕砂器設計圖	9-6
圖 9-3	II 型捕砂器設計圖	9-7
圖 9-4	底床質泥砂採樣器	9-8
圖 9-5	泥砂推移質採樣流程圖	9-9
圖 10-1	HL20 資料處理控制器及通信系統架構圖	10-2
圖 10-2	主控制電腦站方塊圖	10-5
圖 10-3	中繼電腦控制站方塊圖	10-5
圖 10-4	系統架構圖	10-6
圖 10-5	系統流程圖	10-7
圖 10-6	系統作業流程圖	10-7
圖 10-7	系統軟體首頁	10-9
圖 10-8	系統故障檢修流程圖	10-11

照目錄

頁次

照 1	浮標流速計	P-1
照 2	懸浮泥砂底抽沈澱管	P-1
照 3	浮筒式水位計記錄器	P-1
照 4	簡易型手動捲揚器	P-1
照 5	各式鉛魚	P-1
照 6	測深用鉛球	P-1
照 7	普萊氏流速儀	P-1
照 8	現地流速觀測作業(一)	P-1
照 9	現地流速觀測作業(二)	P-1
照 10	現地流速觀測作業(三)	P-1
照 11	壓力式測深儀現地作業	P-1
照 12	簡易型操作桿(一)	P-1
照 13	簡易型操作桿(二)	P-1
照 14	電磁式流速儀鉛魚基座(一)	P-1
照 15	電磁式流速儀鉛魚基座	P-1
照 16	推移質泥砂採樣器 I 型	P-2
照 17	推移質泥砂採樣器 II 型	P-2

照 18	底床質泥砂採樣器	P-2
照 19	差壓式流速儀內部構件(I)	P-2
照 20	差壓式流速儀內部構件(II)	P-2
照 21	超音波式水位計	P-2
照 22	試驗場地	P-2
照 23	試驗準備工作	P-2
照 24	推移質泥砂採樣器測試情形(一)	P-2
照 25	推移質泥砂採樣器測試情形(二)	P-2
照 26	推移質泥砂採樣器測試情形(三)	P-2
照 27	電磁式流速儀測試情形(一)	P-2
照 28	電磁式流速儀測試情形(二)	P-2
照 29	底床質泥砂採樣器測試情形	P-2
照 30	差壓式流速儀測試情形	P-2

第一章 前 言

1.1 研究動機

近年來，國內水利科技事業及水資源相關研究領域，在主管單位擘畫引領及經費支持下，研究成效蓬勃發展，各研究課題方面皆有長足進步，同時亦使得各級政府與社會各界更加重視水資源及水利規劃分析相關課題與研究工作。綜觀現今國內水資源及水利等相關研究成果，可以發現在各種水資源及水利規劃分析課題之數值模式或物理模式研究方面，業已累積許多成果；在實際應用方面，亦有許多成功經驗。但在各種水資源及水利規劃分析課題基本資料觀測、蒐集、調查等相關研究，較少有突破性成果；於實際應用上，亦較少有觀測現代化成功案例。就各種水資源及水利課題之數值模式或物理模式研究領域而言，其研究精度要求或敏感度範圍經常界於百分之十以內；而作為前述各種模式所必需配套輸入條件之水資源基本資料，其觀測誤差卻經常遠大於百分之十。特別是有關河川水文資料的觀測、蒐集、調查工作，諸如天然河川洪水位、高洪峰流速、泥砂輸移量的觀測調查，格外地困難；甚至因觀測環境惡劣、測站位址過於偏僻或觀測儀器功能受限，或因資深技術人員逐漸退休、人力不足等多重因素，而使得許多重要基本資料數據長期闕漏。使得各種水資源及水利規劃分析課題之數值模式或物理模式研究成果，其應用可能性大為降低；更使得整體水資源或水利防洪現代化規劃工作受到影響。故翔實評估台灣河川水文資料既有內涵與觀測現況，著手進行河川流量及泥砂觀測系統之改良、更新及研發工作，實是當下重要而基本的工作。經濟部水資源局洞悉本項研究課題重要性，積極務實推動各項水文觀測現代化研究課題，遂有本研究案之成立。

1.2 計畫緣起

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。鑒於水文資料大部分需至現地觀測或作調查，非於短時間內可獲得，為充分瞭解掌握水文在時間、空間之變化特性趨勢，水文站網應作適當規劃，並維持長期持續性的觀測。現階段水文觀測所面臨主要問題包括(經濟部，「台灣地區水文觀測現代化整體計畫」，1997)：(一)水文站網久未調整已不合時宜，而觀測之規模及項目不敷所需；(二)儀器設備及觀測之技術方法未能隨科技進步及時更新；(三)近海水文長期觀測網亟待建立及加強；(四)水文觀測資料品質不敷需求，觀測資料之處理、運用、管理及服務水準亟待提升；以及(五)水文觀測人力與經費不足已嚴重影響觀測業務之執行等五大項目，故水文觀測現代化工作對於今日水資源及水利事業之重要性自不待言。簡言歸納，現今台灣水文觀測工作除應有通盤整體的配套規劃，更亟應朝向「本土化」、「自動化」與「高效能」等方向進行。台灣河川因具有流域狹小、坡度陡峻、侵蝕及堆積情形嚴重、與洪枯水量懸殊等特徵，若對水文觀測環境過於樂觀，而逕採用進口儀器設備，往往使得觀測工作誤差過大甚或儀器完全無法發揮原有功能。故觀測技術的研發、評估、設置亟需「本土化」。即需貼切配合各現地觀測環境的需求，藉由水利實務人員與研究人員密切溝通交流，共同進行水文觀測儀器的研究發展。雖因台灣地區水文觀測儀器商業市場需求，似不足支撐本土儀器製造廠商的形成；但透過前述之研究發展歷程，釐清研擬出適合於台灣本土需求的觀測技術及儀器，便有可能建立形成本地的設計、組裝、維護體系，甚或能將部分技術與國外交流輸出，此應為「本土化」之要義。而有關河川水文資料的觀測、蒐集、調查工作，諸如天然河川洪水位、高洪峰流速、河床沖淤變化等河川水文量的觀測調查，格外地困難；甚至因觀測環境惡劣、人員施測操作風險過高、

測站位址過於偏僻或觀測儀器功能受限，或人力不足等因素，而使得許多重要基本資料數據長期闕漏，故需使觀測系統能夠降低傳統儀器需依賴人為判斷之需求，儘量藉由機電控制功能來取代，此即為「自動化」之要義。惟有針對水文觀測目標及作業環境經過完整的考量、測試、修訂的程序後，研定各式觀測儀器的標準作業程序(Standard Operation Procedure, SOP)，並進行恆常的維護、率定、處理作業，才能使得水文觀測功能時刻維持於「高效能」狀態。

1.3 計畫目的

台灣地區之河川多呈放射狀水系，但在山坡地因主構造線與河流成直角，故多河谷，格子狀水系發達。由於主分水嶺—中央山脈偏東，故河流東短西長，西部諸河系流域面積約佔全島面積三分之二，東部諸河系則佔三分之一。綜言之，台灣河川具有流域狹小、坡度陡峻、侵蝕及堆積情形嚴重、與洪枯流量懸殊等特徵。使得水資源利用、管理及水利防洪等規劃工作，格外地困難。尤其是有關河川水文資料的觀測、蒐集、調查工作，諸如天然河川洪水位、高洪峰流量推估(包括洪水位及洪水最大流速量測)、泥砂輸移量(包括河川泥砂推移載(Bed Load)、懸移載(Suspended Load)及沖洗載(Wash Load)等泥砂輸移量)的觀測調查，更因觀測環境惡劣、測站位址過於偏僻或觀測儀器功能精度受限等因素，而使得許多重要基本資料數據誤差過大、觀測頻率不足，甚至資料長期闕漏情況。而憑添水資源利用、管理及水利防洪等規劃成果之不確定性，亦使得水資源管理與水利防洪現代化工作，未竟其功。故若能針對台灣河川水文既有基本資料、觀測方式、儀器功能條件與營運管理現況，以及台灣河川特性與觀測環境限制等課題進行評估，並參酌國內外相關文獻，以研究評估適合本土河川特性之觀測技術與觀測方式。同時研擬擇定具代表性本土河川做為研

究實例，配合本研究前期研究成果，透過觀測方式擬定，觀測儀器設計、開發、製作、觀測資料處理分析軟體程式開發及現地測試等方式，以進行本土河川水文資料自動化現地即時觀測研究。

1.4 研究方法

本計畫研究方法步驟如圖 1-1 所示，主要內容茲詳述如下。

一、資料蒐集與整理

蒐集分析國內外相關文獻資料，整理比較各式洪水位、洪水流量推估（包括最大洪水流速）、泥砂推移載輸移量（包括河床沖淤變化量），以及電磁式流速感應元件等觀測方法原理、應用實例、適用範圍、限制條件及其優缺點，藉以研討瞭解各先進國家河川水文觀測科技進展與限制。

同時針對國內外水利相關主管機關所主管各河川水文觀測系統，現行既有基本資料內容、觀測方式、儀器功能條件與營運管理現況，以及台灣河川特性與觀測環境限制等課題進行評估，以研究歸納適合台灣河川特性之自動化洪水位、洪水流速及泥砂推移載輸移量觀測方式。

二、文獻蒐集與研析

蒐集國內外相關水位、流速觀測、觀測系統及河川泥砂觀測方式相關研究文獻，以及電磁式流速儀感應元件，及現有各式水位、流速觀測儀器規格、量測範圍及量測限制，以研析彙整在不同量測環境與水理條件下，各式量測方法組合及儀器設置評估，及較佳觀測系統架構方式。

三、量測方式擇定評估

根據研究範圍之現況分析與水理特性，以及各式量測儀器功能特性，並配合現地環境因子逐項進行可行性評估，考量量測設備應具有野外耐候性與耐雷性，量測功能長期穩定，材料不易劣化，儀器精密靈敏不誤報，系統易操作、易保養等多種條件需求，擬規劃設計天然河川電磁式及差壓

式流速量測設備及量測技術，以利高洪峰流量之推估。同時針對台灣河川砂礫石推移載輸移特性，規劃製作一合適之泥砂推移載及床砂自動化採樣器，以利泥砂推移載輸移量之推估。

四、儀器研發與系統設計

根據量測方式擇定評估結果，進行儀器研發、組合工作；系統規劃、施工完成後，針對儀器的感測率定、傳訊、記錄、分析處理及系統自我診斷等功能進行測試，以瞭解系統功能完整性與恆常性。

五、現地測試與系統改良

觀測系統裝置完妥後即進行現地測試工作，並研擬規劃感測機制、傳訊系統、記錄系統、分析處理及資料傳送至中心站觀測系統之通信系統功能完整性及恆定性，以瞭解觀測系統整體功能運作妥善率。同時並研擬規劃系統自我診斷功能，以做為未來觀測系統功能進一步改良強化之依據。

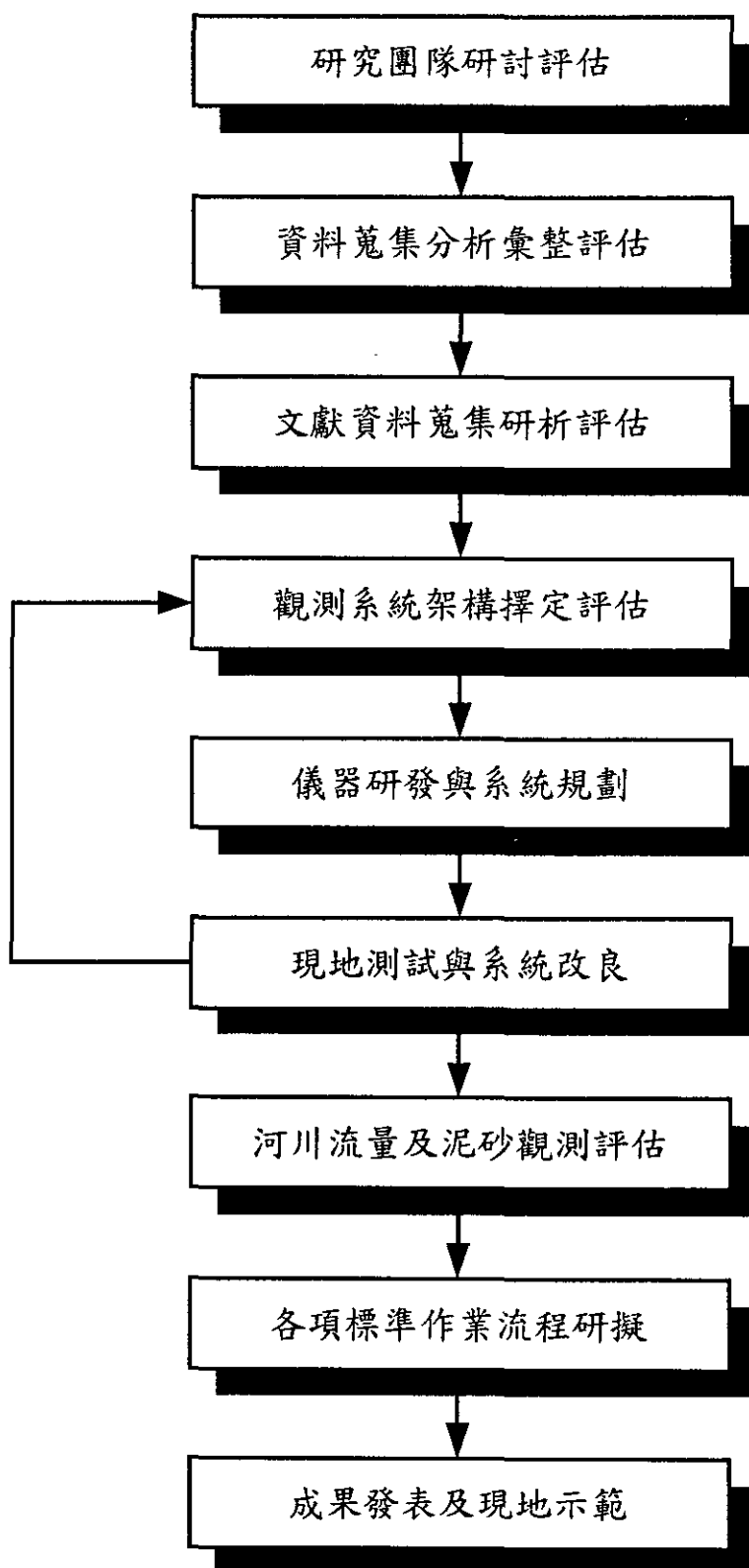


圖 1-1 研究方法及步驟流程

1.5 計畫工作項目

一、工作內容

本研究工作擬以二年時間分別進行，工作內容包括第一年：(一)台灣河川高洪峰流量自動即時觀測技術及儀器本土化與泥砂推移載輸移量即時觀測技術及儀器本土化建置研究；第二年：(二)台灣河川泥砂懸移載及沖洗載輸移量自動即時觀測技術及儀器本土化建置研究與天然河川流量及懸移載率定關係推估研究，以及整體觀測系統自動化測報傳輸與資料庫建置研究。整體研究擬以二年時間完成，第一年：89年5月至89年12月；第二年：90年1月至90年12月。

二、工作項目

第一年計畫工作項目包括：

- (一)蒐集分析國內外相關文獻資料，整理比較各式洪水量測方式，並特別針對天然河川觀測環境，規劃設計天然河川電磁式流速量測設備及量測技術，使得其功能可達到易於獲得一維水流縱向流速之垂向速度剖面（即垂向多點速度），以利高洪峰流量之推估。
- (二)針對國內水利相關主管機關所主管各河川水文觀測系統，現行既有基本資料內容、觀測方式、儀器功能條件與營運管理現況，以及台灣河川特性與觀測環境限制等課題進行評估，以研究歸納適合台灣河川特性之自動化即時水文觀測方式。
- (三)研擬擇定台灣具代表性河川做為研究實例，研析擇定穩定適合設站河段，配合本研究前期評估成果，透過觀測方式擬定，觀測儀器設計、開發、製作及現地測試等方式，進行本土化河川水文資料現地即時觀測測試研究。以研究開發適合台灣河川特性之自動化現地即時觀測洪水位、洪水流量推估（包括最大洪水流速）、泥砂推移載輸移量（包括河床沖淤變化量）等本土化觀測系統。

- (四)為能符合本土化真正需求，並將研究成果作為將來河川水文觀測現代化實務工作之示範，本研究特別著重考量觀測設備需能夠符合野外現地惡劣環境與嚴苛天候條件，且其儀器功能穩定、不易遭破壞，量測精度足夠，造價成本較低等條件，初步擬規劃以電磁式及差壓式感應元件作為流速量測方式，使得其功能可達到易於獲得一維水流縱向流速之垂向速度剖面（即垂向多點速度），以利高洪峰流量之推估。
- (五)研發組裝壓力式河床沖淤變化量測觀測設備與觀測技術，以作為河川泥砂推移載觀測推估之依據。
- (六)自動化即時流速觀測與流量演算推估系統軟體之研擬，以及泥砂推移載觀測、分析、處理軟體研擬，以與未來台灣河川水文資料系統需求相容。
- (七)為使河川流速及泥砂觀測系統長期性測站功能得以恆常運作，研擬考量相關設備避雷防蝕及保養維修具體對策與工作流程。

第二年研究內容包括：

- (一)蒐集分析國內外相關文獻資料，整理比較各式河川泥砂懸移載及沖洗載輸移量等觀測方法原理、應用實例、適用範圍、限制條件及其優缺點，藉以研討瞭解各先進國家河川水文觀測科技進展與困境。
- (二)針對國內目前水利相關主管機關所主管各河川現行泥砂懸移載及沖洗載輸移量觀測方法，現行既有基本資料內容、觀測方式、儀器功能條件與營運管理現況，以及台灣河川特性與觀測環境限制等課題進行評估檢討，以研究歸納適合台灣河川特性之河川泥砂懸移載及沖洗載輸移量自動化即時觀測系統。
- (三)研擬擇定台灣具代表性河川做為研究實例，配合本研究前期評估成果，透過觀測方式擇定，觀測儀器設計、開發、製作及現地測試等方式，進行河川泥砂懸移載及沖洗載輸移量自動化即時本土化觀測測試

研究。以研究開發適合台灣河川現地情況之自動化即時觀測系統。

(四)配合第一年之洪水量推估方法研究成果，建立台灣天然河川洪水流量及懸移載輸移量率定關係推估研究。

(五)進行自動化測報傳輸系統與基本資料庫建置研究工作，建立現代化河川水文觀測系統標準作業程序，提出建立現代化河川水文觀測系統具體建議評估方案。

(六)為使河川流速及泥砂觀測系統長期性測站功能得以恆常運作，研擬考量相關設備避雷防蝕及保養維修具體對策與工作流程。

第二章 研究背景分析

2.1 國內外河川特性分析

台灣地區之河川共有 129 條，其中中央管治河川 21 條，縣市管治河川 108 條，多呈放射狀水系，但在山地，因主構造線與河流呈直角，故多橫谷，格子狀水系發達。由於主分水嶺—中央山脈偏東，故河流東短西長，西部諸河系流域面積約佔全島面積三分之二，東部諸河系則佔三分之一，如圖 2-1 所示。一般而言，本島河流具有流域狹小，河流短促，坡度陡峻，侵蝕及堆積情形嚴重，洪、枯流量懸殊等特徵，茲略述於下：

一、流域狹小

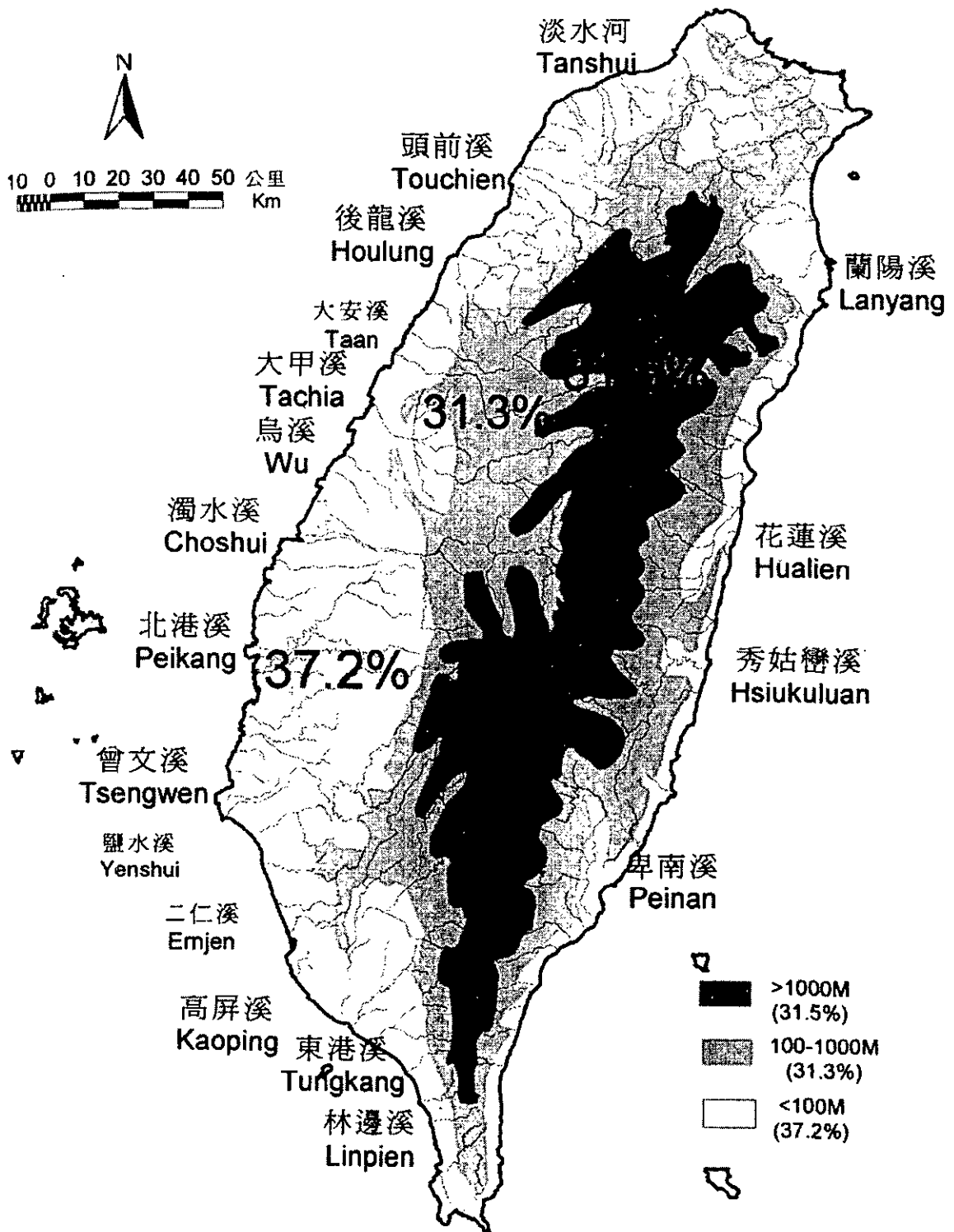
台灣河川流域面積大於 1,000 平方公里者僅 9 條，介於 500 至 1,000 平方公里者僅 7 條，介於 100 至 500 平方公里者 33 條，其餘河流之流域面積均小於 100 平方公里。

二、河流短促

大部分河川之長度在數十公里之內，長度超過 100 公里之河流有濁水溪、高屏溪、淡水河、大甲溪、曾文溪及烏溪等，其中最長者為濁水溪，其長度亦僅 186.4 公里，因此不論河流之長度或面積均遠不及世界其他大河流。

三、坡度陡峻

台灣地區之地勢陡峻，1,000 公尺以上之山地面積約佔三分之一，因此坡降顯得特別大，一般均在數十分之一，尤以東部河川陡於西部。即使坡度較緩之西部河川，如北港溪、急水溪、二仁溪等，其坡降亦約在 1:110 至 1:160 之間。



資料來源：「台灣水文年報」，經濟部水資源局(1999)。

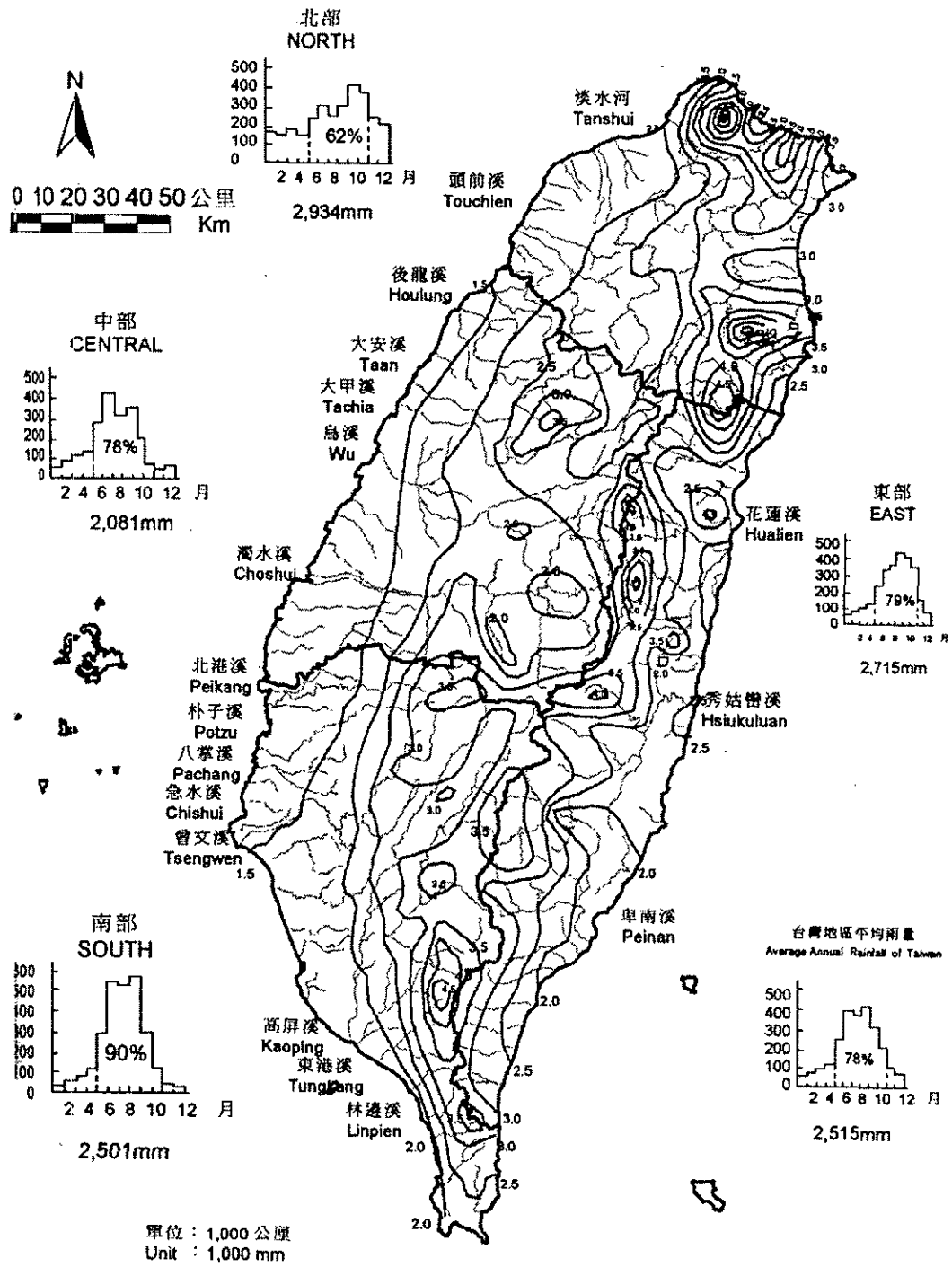
圖 2-1 台灣重要河川分布圖

四、侵蝕及堆積情形嚴重

由於坡陡流急，降雨集中，加以地質脆弱，因此山崩頻仍，水系緻密，河流密度每平方公里約 1-2 公里。河流上游侵蝕力強，下游淤積量大，部分河川之年輸砂量達數百萬至數千萬公噸，雖其年輸砂量不及世界之大河，惟單位面積輸砂量則高達每平方公里數千公噸，甚而超過一萬公噸，如二仁溪、曾文溪、濁水溪均超過 2 萬公噸。

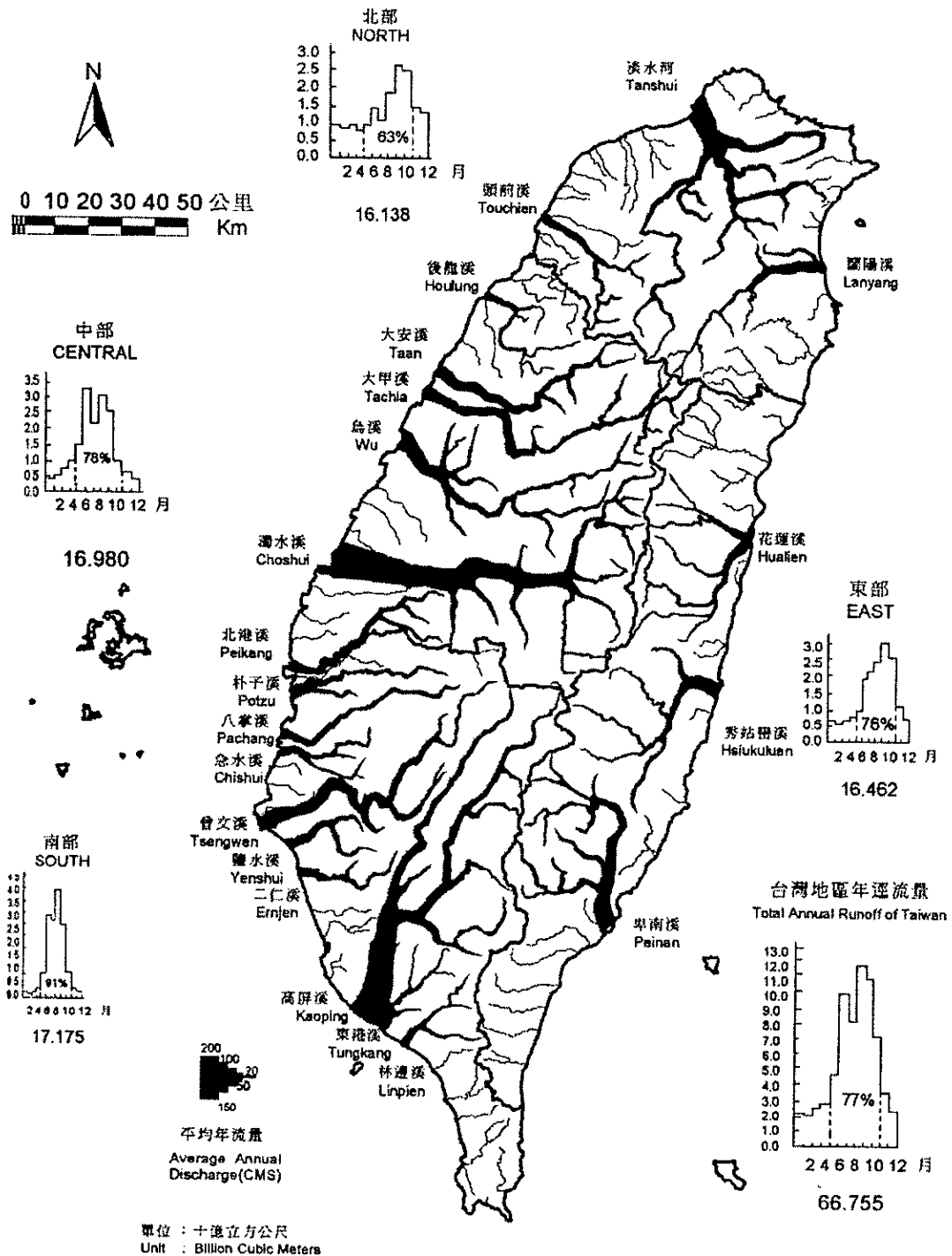
五、洪枯流量懸殊

台灣地區雨量豐沛，惟空間與時間分布不均，多數雨量皆集中於每年 4-10 月，如圖 2-2 所示。且河川流短坡陡，造成洪枯流量甚為懸殊，於豐季颱風暴雨時，河川流量可達數千至一萬餘秒立方公尺，至於枯季時則僅有零至十餘秒立方公尺。多數河川逕流量皆集中於每年 4-10 月間，如圖 2-3 所示。台灣地區之重要河川流域特性，詳表 2-1 所列。



資料來源：「台灣水文年報」，經濟部水資源局（1999）。

圖 2-2 台灣等雨量線圖(1949-1990)



資料來源：「台灣水文年報」，經濟部水資源局（1999）。

圖 2-3 台灣河川逕流量分布圖(1949-1990)

表 2-1 台灣地區重要河川流域特性

區域	河流	起點		河流 長度 (km)	平均 比降	流域 面積 (km ²)	平均 雨量 (mm)	年逕 流量 (10 ⁶ m ³)	年輸砂量	
		地點	標高 (m)						百萬噸	噸/平方公里
北部	淡水河	品田山	3,529	158.67	1:45	2,725.82	3,001.2	7,043.97	11.45	4,201
	蘭陽溪	南湖北山	3,535	73.06	1:21	978.63	3,255.6	2,773.11	7.98	8,154
	頭前溪	惑喀羅大山	2,233	63.03	1:28	565.97	2,239.3	989.21	2.56	4,523
中部	後龍溪	鹿場大山	2,580	58.04	1:22	536.39	1,997.8	904.14	4.37	8,144
	大安溪	大霸尖山	3,296	95.76	1:29	758.47	2,551.5	1,573.24	4.94	6,513
	大甲溪	南湖東山	3,639	104.21	1:39	1,235.73	2,526.5	2,596.33	4.03	3,261
	烏溪	合歡山	2,596	116.75	1:45	2,025.6	2,087.1	3,726.93	6.79	3,352
	濁水溪	合歡山	3,416	186.4	1:55	3,155.21	2,458.9	6,094.76	63.87	20,243
	北港溪	劉菜园	516	81.66	1:159	645.21	1,819.3	1,023.72	2.35	3,642
南部	朴子溪	芋菜坑	1,421	75.67	1:53	426.6	1,851.2	551.49	0.83	1,946
	八掌溪	奮起湖	1,940	80.86	1:42	474.74	2,277.4	744.73	3.16	6,656
	急水溪	白水溪	550	65.05	1:118	378.77	1,980.3	524.98	2.06	5,493
	曾文溪	萬歲山	2,440	138.47	1:57	1,176.64	2,643.4	2,361.27	31	26,346
	鹽水溪	大坑尾	140	87.34	1:259	221.69	1,783.9	300.26	2.25	10,149
	二仁溪	山豬湖	460	65.18	1:142	350.04	1,909.9	498.88	13.1	37,424
	高屏溪	玉山	3,997	170.9	1:43	3,256.85	3,046.1	8,455.35	35.61	10,934
	東港溪	隘寮	1,138	46.94	1:41	472.2	2,499.8	1,117.62	0.61	1,292
	林邊溪	南大武山	2,880	42.19	1:15	343.97	3,330.7	863.84	1.84	5,349
東部	花蓮溪	拔子山	2,260	57.28	1:25	1,507.09	2,979.7	3,809.26	20.61	13,675
	秀姑巒溪	崙天山	2,360	81.15	1:34	1,790.46	2,686	4,179.02	19.97	11,154
	卑南溪	關山	3,666	84.35	1:23	1,603.21	2,777.1	3,664.71	23.68	14,770

(資料來源：1.台灣省水利處；2.本研究整理)

根據台灣省水利處(1998)所整理世界重要河川特性一覽(如表 2-2 所示)，可以瞭解世界著名河川長度、流域面積、年逕流量及年輸砂量皆大於台灣河川；但河川每平方公里之年輸砂量，諸多世界著名河川卻遠不及台灣主要河川，如黃河每平方公里之年輸砂量只有 2,127 公噸/km²。台灣河川由於降雨集中、坡陡流急及集水區逕流係數大等因數，其洪峰比流量為世界上超大的河川群，且每平方公里之河川流域其洪峰流量最大。以濁水溪為例，其比流量為 7.7，約為長江之 450 倍，亦為日本信濃川之 25 倍，如表 2-3 所列。表 2-4 為世界各國河川之特性。此外，本研究同時蒐集整理美國及中國大陸等地部分河川水理、輸砂特性資料，詳見附錄四。

表 2-2 世界著名河川特性

河流	所屬國家	河流長度 (km)	流域面積 (萬 km ²)	年逕流量 (億 m ³)	年輸砂量	
					億噸	噸/平方公里
恒河	印度、孟加拉	2,511	95.50	3,710	14.51	1,519
印度河	巴基斯坦	3,047	96.90	1,750	4.35	449
密西西比河	美國	6,020	323.0	5,645	3.12	96.6
亞馬遜河	巴西	6,500	580.0	57,396	3.63	62.6
尼羅河	埃及、蘇丹	6,648	297.0	892	1.11	37.4
長江	中國大陸	6,300	180.7	9,600	5.14	284
黃河	中國大陸	5,464	75.24	575	16.0	2,127

(資料來源：1.台灣省水利處，1998。2.本研究整理。)

表 2-3 台灣及世界重要河川比較表

河名	長度 (km)	流域面積 (10^4 km^2)	流量 (m^3/s)	比流量
尼羅河	6,648	334.90	2,640	7.9×10^{-4}
亞馬遜河	6,500	705.00	175,000	2.5×10^{-4}
長江	6,300	180.85	31,060	1.7×10^{-2}
密西西比河	6,020	322.10	18,410	5.7×10^{-3}
黃河	5,464	75.20	1,820	2.4×10^{-3}
鄂畢河	5,410	299.00	12,700	4.2×10^{-3}
巴拉那-拉普拉塔河	4,700	297.00	14,880	5.0×10^{-3}
剛果河	4,700	345.70	41,300	1.2×10^{-2}
瀾滄江-湄公河	4,500	81.00	11,000	1.4×10^{-2}
黑龍江	4,440	185.50	9,800	5.3×10^{-3}
印度河	3,180	96.00	7,000	7.3×10^{-3}
多瑙河	2,850	81.60	6,430	7.9×10^{-3}
萊茵河	1,320	22.40	2,500	1.1×10^{-2}
信濃川	367	1.19	3,565	3.0×10^{-1}
泰晤士河	338	1.14	67	5.9×10^{-3}
濁水溪	186	0.31	24,000	7.7
高屏溪	170	0.32	24,200	7.6
淡水河	158	0.27	23,000	8.5
曾文溪	138	0.11	9,200	8.4
烏溪	116	0.20	21,000	10.5

(資料來源：本研究整理。)

表 2-4 世界各國之河川特性

River/Country	Average Discharge		Length		Drainage Area (×1000)		Sediment
	cfs	m ³ /s	mi	km	mi ²	km ²	Million tons/yr
1. Amazon/Brazil	6,350	180.00	4,008	6,450	2,663	6,900	900
2. Zaire/Zaire	1,470	42.00	2,900	4,667	1,428	3,700	70
3. Padma/Bangladesh	1,376	38.96	1,800	2,900	791	2,049	1,927
4. Orinoco/Venezuela	1,271	36.00	1,281	2,062	347	899	352
5. Yangtze/China	1,200	34.00	3,720	5,987	750	1,943	970
6. Parana/Argentina	777	22.00	2,450	3,943	890	2,305	88
7. Brahmaputra/Bangladesh	706	20.00	1,800	2,897	361	935	726
8. Yellow/China	700	19.82	3,394	5,462	290	751	1,600
9. Yenisey/Russia	670	19.00	2,566	4,129	1,042	2,699	
10. Ganges/India	670	19.00	1,557	2,506	430	1,114	1,451
11. Mississippi-Missouri/USA	635	18.01	3,890	900	1,240	3,212	330
12. Mahanadi/India	610	17.26	560	3,540			99
13. Zambezi/Mozambique	565	16.01	2,200	4,828	513	1,329	100
14. Lena/Russia	547	15.49	3,000	4,184	1,169	3,028	80
15. Mekong/China-Vietnam	530	15.01	2,600	2,012	272	704	187
16. Irrawaddy/Burma	497	14.08	1,250	4,023	166	430	326
17. St Lawrence/Canada-USA	494	14.01	2,500	5,410	565	1,463	
18. Ob/Russia	441	12.49	3,362	2,808	1,149	2,976	
19. Amur/Russia	389	11.01	1,745	2,639	712	1,844	
20. Tocantins/Brazil	388	10.98	1,640	1,600	350	906	
21. Marañón/Brazil	384	10.88	1,000	1,609			
22. Ucayali/Brazil	337	9.54	1,000	6,825			
23. Volga/Russia	297	8.40	2,300	3,701	563	1,458	25
24. Nile(pre-HAD)/Egypt	293	8.30	4,421	6,825	1,293	3,349	60
25. Godavari/India	281	7.96	900	1,450	116	300	55

(Compiled by B.R. Winkley from Numerous sources)

表 2-4 世界各國之河川特性(續)

River/Country	Average Discharge		Length		Drainage Area (×1000)		Sediment
	cfs	m ³ /s	mi	km	mi ²	km ²	Million tons/yr
26.Columbia/USA	281	7.96	1,200	1,939	258	668	
27.MacKenzie/Canada	280	7.92	2,520	4,055	697	1,805	
28.Yukon/USA	259	7.33	2,300	3,071	390	1,010	
29.Magdalena/Colombia	247	7.00	1,002	1,613	101	262	172
30.Niger/Nigeria	247	7	2,000	3,219	791	2,048	60.5
31.Indus/Pakistan	236	6.88	1,900	3,058	374	969	220
32.Danube/Europe	226	6.40	1,802	2,900	315	816	80
33.Atchagalya/USA	208	5.89					
34.Cimamuk/Java	160	4.52			1.09	2.83	20
35.Red/USA	141	4.01	1,018	1,638	91	236	149
36.Pechora/Russia	141	4.01			124	321	
37.Kolyma/Russia	138	3.91			257	666	
38.Songkoi (Red)/Vietnam	138	3.91	730	1,175	46.3	120	143
39.Sankai (Si)/China	127	3.59	1,250	2,012	45.6	118	
40.Godanarc/India	127	3.59			115	298	
41.North Dvina/Russia	123	3.49	800	1,287	138	357	
42.Benue/Nigeria	123	3.49	870	1,400			
43.Fraser/Canada	120	3.41	621	1,000	90	233	18
44.Berapa/India	112	3.17					
45.Citanduy/Java	108	3.06			0.51	1.33	45
46.Shatt-al-Arab/Iraq	106	3.01	2,280	3,669			
47.Orange/South Africa	102	2.90	1,300	2,092	1,189	3,080	
48.Sao Francisco/Brazil	99.2	2.81	1,800	2,897	261	676	55
49.Kujjua/Canada	90	2.61			51.5	133	
50.Pyasiva/Russia	90	2.53			109	282	46

(Compiled by B.R. Winkley from Numerous sources)

2.2 台灣地區河川水文觀測現況

一、河川水文觀測目的及內容

台灣全島面積約 36,000 平方公里，而標高 1,000 公尺以上之山區面積即佔全島之 30%，且山脈地質大多屬沈積岩及變質岩，其性質脆弱而易斷裂、風化。由於山區地勢陡峻，地形狹窄，河川均坡陡流急；又本島年平均雨量高達 2,500 公釐，且全年雨量 80%集中於颱風時期之 6 至 10 月降雨，故洪枯雨量極為懸殊。由於降雨強度大，又因河川地質脆弱、地震頻繁，極易危害山坡地之穩定度，每遇暴雨山洪挾帶大量砂石沖擊而下，造成下游河床淤積，或洪水氾濫，主流常形成辮狀河道，極不安定，使得河川治理工作倍加困難。台灣地區共有河川 129 水系，依流域形勢、經濟發展等因素，區分為中央管治河川蘭陽溪等 21 水系及縣市管治河川 108 水系。大多數河流川短坡陡，暴雨時水流湍急，河川流量隨降雨而迅速漲落，洪水常挾帶大量泥砂。於中游出谷後，又因河床寬淺，易於氾濫，治理頗為困難。故如何對河川流量與泥砂觀測技術進行開發與應用，實為台灣河川治理上重要課題。

台灣河川水文觀測工作包括水位觀測、流量觀測(測驗)及含砂量觀測(測驗)等三項工作(註：流量、泥砂觀測或測驗皆為台灣水利人員常用通稱)。水位觀測的主要目的在於長期記錄各河段不同時間之水位變化，再配合流量觀測以推求各項水理要素，如河川流量延時曲線，作為各類工程規劃設計之依據。流量延時曲線係表示河川流量與發生機率間之關係，可應用於灌溉流量計畫、水力發電、水污染防治、河道治理規劃及水資源規劃等方面。根據最新資料顯示(89.12.19)，經濟部水利處所轄，目前仍繼續觀測的河川流量站共 97 站。水位觀測工作通常可分為經常水位觀測、經常潮水位觀測(以感潮河川為對象)及電傳遙控水位觀測三部分。以淡水河流域為例(台灣省水利局，1995)，經常潮水位觀測係於河川感潮段設立自記

水位計記錄潮位的變化，資料的整理分析著重於高低潮位及潮差之大小；而電傳遙控水位觀測則為颱風洪水期間水位即時資料，為洪水預報及水文分析研究必備。

而河川流量觀測(測驗)的目的在求得各河川測站於不同水位下之相對流量，故流量測站均配合經常水位測站同時觀測水位及流量，據以計算製作水位流量率定曲線。再配合全年之水位記錄，求得全年之逕流總量或颱風期一次暴雨之總逕流量，提供工程規劃、設計之參考。流量觀測工作通常可分為經常流量觀測、洪水流量觀測及全潮流量觀測三部分。經常流量觀測係配合經常水位觀測所作之流量觀測工作，其所獲得資料為流域內各河川中、低水位時之流量；原則上各測站每年施測三十次，但視實際情況予以機動調整。而洪水流量測驗之目的在獲取各河川一次暴雨或一次颱風之洪峰流量及總逕流量，是項資料在水文分析中極為重要，且為各類水利工程設計之重要依據。洪水流量觀測由於水流速度甚大，觀測難度甚高；實務工作上多以架設輔助索道以流速儀施測或採用浮標施測以推求流量(如照 1 所示)。而全潮流量觀測乃為瞭解潮汐變化對感潮河川全流域感潮河段水位流量的影響，並據以推求各種水理因素間更佳的相互關係，或作為感潮河川數學模式、含鹽量分析及水質分析的重要依據。至於河川泥砂觀測工作可以分為懸移質(Suspended Load Material)及推移質(Bed Load Material)觀測兩部分，因推移質觀測極為不易，台灣地區現行普遍進行施測分析者僅限於懸移質部分。台灣電力公司電源勘測隊曾採用美國地質調查所(U.S. Geological Survey, USGS)製作之 P-63 積點式取樣器量測泥砂濃度，但於高水位時因流速大，僅能於河川兩岸附近流速較小區域的水面取樣。台灣省水利局時期即沿用迄今之懸移質含砂取樣器，使用美製積深式 DH-48、DH-59、D-49 等取樣器，通常配合經常流量觀測及全潮流量觀測時一併取樣，再由泥砂試驗實作普通含砂量試驗及懸移質底抽沈澱管粒徑分析(如照

2 所示)。

二、河川水位觀測現況

台灣的水位流量站設置，初期由於水文儀器尚未發展，因此河川水位端賴人工觀測，自國外引進自記水位計後，洪水位的過程皆由儀器自動描繪，並由記錄紙上讀取各時段的水位。近年來則陸續增設數位記錄器，自動存取水位資料。目前經濟部水利處所轄河川水位流量站共有 97 站(不包括淡水河洪水預報系統)，其中 25 站為浮筒式裝設有電話傳輸設備，2 站為浮筒式水位計無電話傳輸設備，70 站裝設有超音波水位計，如表 2-5 所示。茲將台灣地區通用之浮筒式與超音波水位計介紹如下：

(一)浮筒式水位計

此種型式之儀器，係利用浮標隨水面升降，經過相連的小鋼索或鏈條和滑車傳到記錄筆，由時鐘機件轉動記錄紙上，記錄紙上照比例印有代表時間與高程的座標，即可得連續記錄水位變化的過程資料，如照 3 所示。綜合本研究期間多次查訪基層水利人員使用此式儀器經驗，顯示此儀器一般使用情況皆穩定良好，但於洪水波峰上漲過程，若水位上漲過速，則小鋼索極易纏繞，使水位計發生故障。以下為浮筒式自記水位計之介紹(台灣省水利局，1982)：

1. 利夏爾自記水位計(W-301)

利夏爾自記水位計係小型輕便測定記錄計，由圓筒計時時鐘捲挾記錄紙，經測水滑輪回轉齒輪傳動記錄水位與時間。其特徵為設置及移設簡單、小型輕便適合簡易觀測及不需特別維護。

2. 史蒂芬式自記水位計(A-35)

此水位計可連續自動記錄河流水面升降，且不受高低水位差之限制，水位計一經裝置，即可自動運行數月至一年之久，方需另行更

表 2-5 89 年度水利處所轄水位流量站近況統計表(89.12.19 統計)

轄 區 別	浮筒式水位站 無電話傳訊設備	浮筒式水位站 已設電話傳訊設備	超音波水位站 已設電話傳訊設備
第一河川局		蘭陽大橋、中山橋、興蘭大橋 3	牛鬥、希能埔、南澳橋、家源橋、 澳尾橋 5
第二河川局		打鹿坑、彼岸橋 2	內彎、經國橋、中平、關西、五 湖、南嵌溪橋、永興北勢大橋、平 安橋、上坪、新埔、竹林大橋 12
第三河川局	卓蘭、南北通橋 2	乾峰橋、大肚橋、南崗大橋、 雪山坑、白鹿橋 5	義里、觀音橋、雙崎、象鼻、溪南 橋、社子、東門、烏溪橋(橋斷設備 沖失、暫停觀測) 7
第四河川局		水里 1	內茅埔、玉峰橋、彰雲橋、桶頭、 溪洲橋、自強橋 6
第五河川局		北港、溪口、蒜頭、新營、青 葉橋、牛稠溪橋、彎內橋 7	觸口、軍輝橋、常盤橋、土庫大 橋、義竹、八掌溪橋、大湖口溪橋 7
第六河川局		南雄橋、新市 2	曾文溪二橋(原麻善大橋)、玉田、左 鎮、崇德橋、二溪橋、前州橋 6
第七河川局		大津、潮洲、楠峰橋、阿其巴 橋、杉林橋 5	新埤、里嶺大橋、新發大橋、三地 門、六龜大橋、萬大大橋、士文、 石門橋 8
第八河川局			延平、新武呂、台東大橋、利嘉、 知本、大崙、瑞源 7
第九河川局		立山(橋斷設備沖失、人工觀 測) 0	仁壽橋、萬里溪橋、馬鞍溪橋、平 林、卓樂橋、玉里大橋、馬遠橋、 瑞穗大橋、劍英大橋、輪天、花蓮 大橋 11
第十河川局			介壽橋 1
計	2	25	70

註明：上表水利處所屬水位站共計 97 站，其中 95 站已設電話傳訊設備、2 站無電話傳訊設備。
(資料來源：經濟部水利處)

換記錄紙。本型水位計主要部分，包括一組將水位昇降連續演變情形移錄於記錄紙上之機械，及一組控制時間之機械，亦稱時鐘。當水位昇降時，前一組機械即開始運行，並由記錄筆將水位自然演變情形，按選定比例傳至記錄紙上。記錄紙之運行速度，則由後一組機械(時鐘)照選定之速度自動控制，其結果在記錄紙上產生與實際相符之水位過程線。

(二) 超音波水位計

係利用超音波反射的原理，將受波器吊掛設置於鐵支架或橋樑，從水面間距離，以超音波脈動傳擴信號時間。其特徵為無接觸流水面而可觀測水位，無須設置觀測塔，在河床變動輸砂量高的河川不會影響觀測記錄，水位讀數由擴大鏡頭容易記錄，並設有平均水面演算裝置，可連接遙測系統及收錄磁帶，具有高信賴性、維護容易。如圖 2-4 所示，為超音波水位計設置圖。綜合基層水利人員使用經驗，此儀器偶有不明原因干擾，需對異常訊號數值加以濾除。

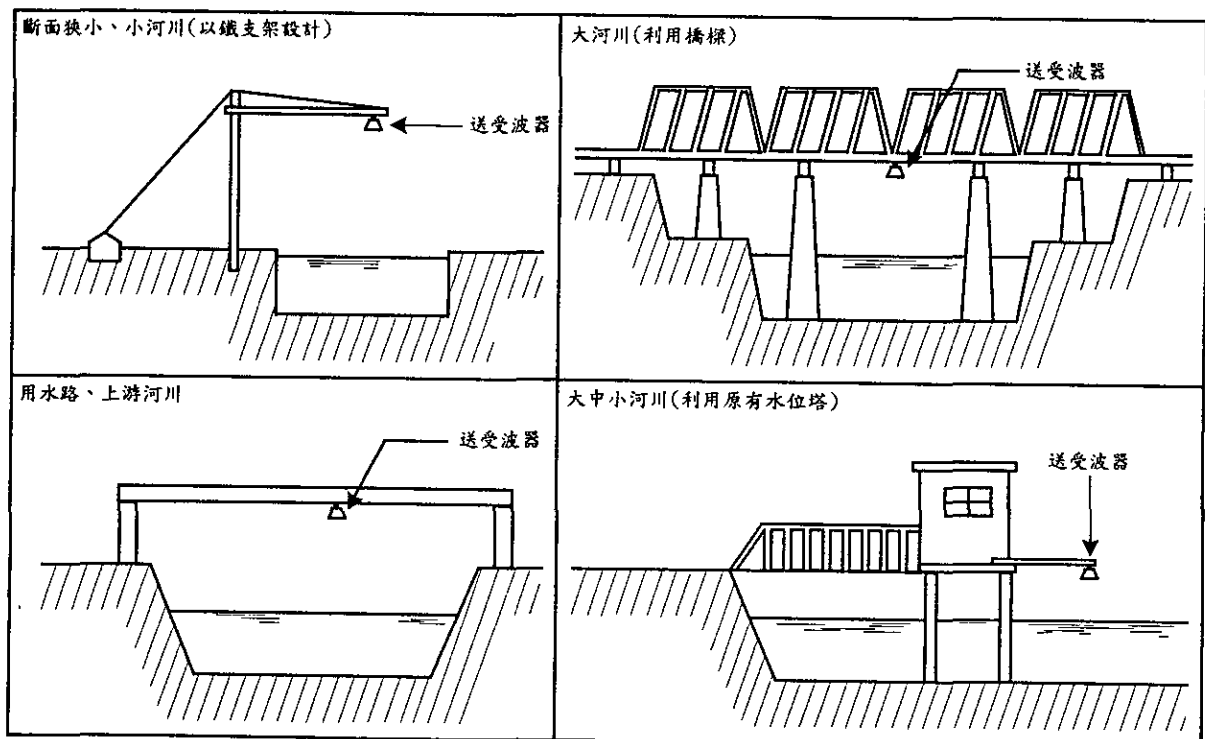


圖 2-4 超音波水位計設置圖

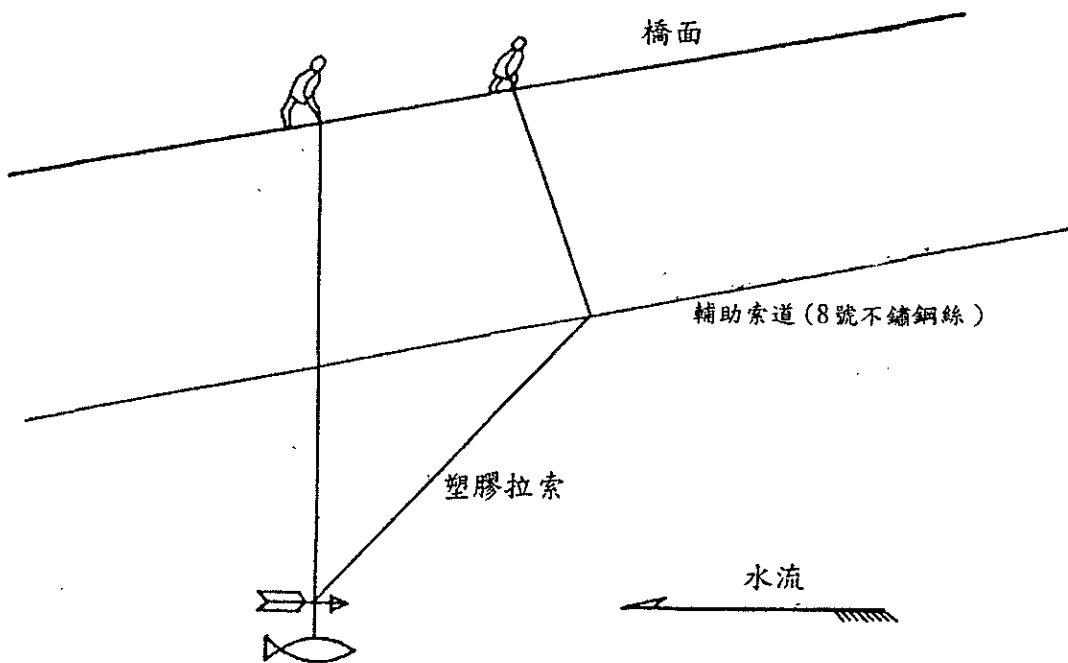
三、河川流量觀測現況

流量觀測乃是測量單位時間內通過某一斷面的水量，為水文調查的重要工作。就觀測技術而言，於平時低流量時期應無太大困難，但當洪水時期水大湍急，或天候條件、量測環境惡劣，其觀測工作就十分艱苦、危險。且台灣洪水期大致於每年六至十月間，洪水發生機率不高。以水利局舊有記錄分析(台灣省水利局，1987)，平均每測站每年洪水發生約二次；洪水來臨時間多則 2-3 天，少則數小時，故洪水量可視為最難獲得的水文資料之一。以水利局至民國 73 年之資料顯示，共有 1,254 站年水文年報，洪水次數 2,608 站次，自洪峰開始上漲至接近完全退水期間內有測驗者 1,325 站次，佔 50.8%，掌握洪峰高水位之測驗次數 564 站次，佔 21.6%，如表 2-6 所示，足見洪水量觀測之困難。

近年來，雖台灣地區河川水位流量站網觀測技術設施更新提升許多，但洪水流量直接觀測工作仍是較為困難，誤差較難控制，觀測技術較難自動化的觀測項目。台灣地區洪水流量觀測方法，傳統上包括流速儀法，浮標法，及洪峰過後應用等速流公式推演洪水量之水面坡降法。前述方法中以流速儀施測流量為準確度較高之方法，若當洪水流速超過流速儀所能使用範圍時，通常以浮標法替代。

使用流速儀觀測洪水流速，最困難處是使流速儀停留於洪流中某預定位置，以及如何不受水中雜物、泥砂干擾損耗，甚至遭到破壞。台灣河川多數為急流，平均比降許多皆大於 1/100，洪水時期儀器在水中難於操作，因此在施測時，除加重重錘或鉛魚外，亦有必要在測站的上游端架設輔助索道，如圖 2-5 所示。表 2-7 為水利局時期各工程處歷年使用流速儀實測最大流速調查表(台灣省水利局，1987)。以表 2-7 所示集集測站曾量測到最大洪水流速 6.98 m/s，對照現行使用儀器功能(註：最高量測速限為 4 m/s)，似嫌不夠；再者，台灣河川洪水時含砂量特高，以各種流速儀之

性能及使用經驗，初步評估以電磁式及差壓式流速儀較為適用。因電磁式及差壓式流速儀感應元件體積較小，流速儀於水中受水流拖曳面積較小，且其可量測流速高達 10 m/s 以上。再者，其量測精度較高，無可動組件部分，感應元件較不易遭磨損，其相關組件技術較成熟。所以適合於本土化之自動觀測需求，的確值得加以研發測試。



(資料來源：1.台灣省水利局；2.本研究修繪)

圖 2-5 流速儀測流速輔助索設備示意圖

表 2-6 水利局現有水位流量站歷年洪水量測驗次數統計表(至 73 年底)

工程處	測站數	記錄站年	有記錄的洪水次數	平均每站年有記錄次數	歷年洪水測驗		$Q_0 \geq 1/2Q_p$	
					次	%	次	%
第一工程處	6	77	114	1.48	55	48	25	45
二	7	89	89	1	28	31	20	71
三	13	162	304	1.87	145	48	49	34
四	5	97	237	2.44	141	59	54	38
五	11	179	580	3.24	305	53	100	33
六	6	80	305	3.8	70	23	31	44
七	10	180	451	2.5	302	67	150	50
八	7	143	190	1.33	131	69	82	63
九	10	136	143	1.05	79	55	24	30
十	9	111	195	1.76	69	35	29	42
合計	84	1,254	2,608	2.08	1,325	50.8	564	42.6

(資料來源：台灣省水利局，1984)

表 2-7 各工程處歷年使用流速儀實測最大流速調查表

工程處	站名	實測最大流速(m/s)	實測時流量(m ³ /s)	使用鉛魚重量(lb)	有無使用輔助索道	備註
一	蘭陽大橋	1.72	1,170	30	無	
二	老田寮	3.1	227	50	有	
三	柑子林	3.3	1,280	30	有	
四	集集	6.98	2,300	50	有	
五	觸口	6.35	552	30	有	
六	西港	4.79	2,060	50	無	
七	舊高屏大橋	5.12	8,530	不明	不明	
八	延平	5.11	101	不明	無	測表面流速
九	仁壽橋	6.55	1,860	50	無	
十	三鶯橋	5.54	1,940	30	有	

(資料來源：台灣省水利局)

目前測量河川流速的儀器包括浮標、小型流速儀、普萊氏(Price)流速儀、高速流速儀及電磁流速儀，而表 2-8 為各流速儀性能比較表，並將各流速儀簡述如下：

(一)浮標法

浮標大致可分為表面浮標、雙浮標及浮桿浮標等三種。由於使用上很方便，製作簡單，取材也容易，但其所測到之流速僅能代表表面流速。惟當洪水流速尚可使用流速儀時，浮標與流速儀相互配合，以求取浮標之流速修正係數，經多次之施測後，可求出該測站浮標修正係數，往後就可以採用來計算全深平均流速之依據。

(二)小型流速儀

小型流速儀係從普萊氏型特別設計為小型微流速測定，以適合最小水深 5 cm 在任意深度固定保持使用。此式儀器係施測低流速及水流較淺之圳路，及枯水期河道中，圓錐型旋杯直徑約 1 吋，流速可從 0.01 m/sec-1.00 m/sec，其設計主要考量在涉水施測應用。旋杯每一回轉或每五回轉由電接發信高音聽筒發出脈動計數測定，將檢定驗證之係數所示計算式得出流速。

(三)普萊氏流速儀

普萊氏流速計是由圓錐型杯在流水中回轉，設計為一回轉及五回轉以電接發信高音聽筒計算脈動，並以停表測定施測時間，依據檢定驗證之係數所示計算式得出流速。此式流速儀在台灣地區使用廣泛，輕而堅固，靈敏耐用，流速觀測範圍可自 0.30 m/s-4.00 m/s，精確度甚高。

(四)高速流速儀(TF 型 20 回轉一音)

此型流速儀係為測定高流速而設計，在中、高水位流速 1.0 m/s-6.0 m/s 時使用，為配合高流速測定，每 20 回轉發音一響，以便計算迴轉數，

並為減少高流速水流阻力特為設計細小尖端螺旋型。

(五)電磁流速儀

本儀器係應用電磁誘導發電之原理製造出電磁導體，在水流中發生電磁，由所產生的電壓與流速成比例，將其擴增為流速數值表示的流速儀，分為高低流速二段設定時間，處理平均流速，直接顯示流速數值，操作容易，較旋杯型靈敏，為對流速變化非常靈敏的流速儀。

表 2-8 台灣水利單位現行使用流量觀測技術(流速儀)性能比較表

儀器名稱	型式	優點	缺點
浮標法	人工操作 人工判讀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 造價低廉。 2. 於任何地點，僅以人工操作即可概估表面流速。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 精確度與準確度較差，誤差過大。 2. 需由人員於現場施測，並以人工判讀，誤差大且無法自動化觀測。 3. 受限於天候條件。
小型流速儀	電氣式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 儀器精密度較佳。 2. 操作尚屬便利。 3. 適合施測淺水，微流速。 4. 以流速分設 1 或 5 回轉一音響，由觀測者記聽聲響以判讀流速。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 僅適合施測低流速。 2. 需由人員於現場施測，並以人工判讀，誤差大且無法自動化觀測。 3. 受限於天候條件。
中型流速儀	旋杯式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 流速變化靈敏，構造簡單。 2. 對水流之阻力小，易維持水中位置。 3. 於高含砂量之河流，仍可施測。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 僅適於中流速，對微流速及高流速無法測定。 2. 需由人員於現場施測，無法自動化觀測。 3. 受限於天候條件。 4. 流速儀之旋杯易遭受砂石磨損。
高速流速儀	螺旋式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 流速測定範圍 1-6 m/s。 2. 可由機械吊掛施測高流速。 3. 於高含砂量之河流，仍可施測。 4. 流速以 20 回轉一音響。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 中流速以下無法測定。 2. 需自動吊車配合。 3. 需由人員於現場施測，並以人工判讀，誤差大且無法自動化觀測。 4. 受限於天候條件。 5. 流速儀之螺旋葉易遭磨損。
電磁流速儀	電磁誘導	<ol style="list-style-type: none"> 1. 流速測定範圍分為二段，0-1 m/s 及 0-5 m/s。 2. 測定精度比一般旋杯流速儀靈敏度為高。 3. 較一般流速儀耐用。 4. 不受水流中雜物影響。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 價格較昂貴。 2. 耗電量稍大。

(資料來源：1.經濟部水利處；2.本研究整理)

四、河川泥砂觀測現況

河川水流挾帶之泥砂對河道沖淤有直接之影響，通常河川泥砂可分為懸移質與推移質兩部分，限於觀測技術與儀器設備，目前台灣地區所採取分析者僅限於懸移質部分。懸移質含砂量取樣需配合經常流量測驗及全潮流量測驗時一併取樣，取回之水樣由泥砂試驗室作普通含砂量試驗及懸移質底抽沉澱管粒徑分析。

由於含砂量取樣器之種類繁多，各國採用亦不相同，經由美國內政部墾務局(U.S. Bureau of Reclamation, USBR)及相關部門的長期研究改善，歸納出懸移質含砂量取樣器應符合以下條件：

- (1) 取樣器容積之注入率應與取樣水流流速成正比。
- (2) 取樣器進口之管口以伸出在前，而不影響流路為宜。
- (3) 取樣器之進水動作應接續不變，故有分設進水管及排氣孔之必要。
- (4) 取樣器應裝設平衡氣壓之設備，或使用可壓縮之玻璃質水樣容器。
- (5) 取樣器之水樣容器應能於一處或一點測畢時，隨即取出密封送試驗室。
- (6) 所取水樣必須力求接近河床，如能測達 95%至 98%水深者，始為合格。即水深大於 10 呎，取樣範圍達河底上 4 吋以內。
- (7) 取樣器之要求：流線型，重量足夠，裝有導流設施以維持管口平行水流，結構簡單牢固。

美式懸移質含砂量取樣器之種類有 DH-48、DH-59、D-49、P-46 及 P-50 等五種，此五種取樣器均屬水平式，且皆具有進水管、排氣孔、裝瓶槽及流線型主體諸部，取樣器之操作除 DH-48 及 DH-59 外，均需利用吊架

操作，而一般流速儀之連接桿、吊索、絞車均適用於此五種取樣器。表 2-9 所示為此五種取樣器功能特性之比較。

表 2-9 懸移質含砂量取樣器之比較

型式	進水口距河底間距(吋)	重量(磅)	水樣容量(品脫)	適用條件	運用方式	其他
手執全深取樣器 DH-48	3.5	4.5	1	可涉淺水道	人工控制	以測桿涉水施測
手執全深取樣器 DH-59	3.95	22	1	水深而流速緩慢水流	人工控制	可用人工操作(或用吊車取樣)
全深取樣器 D-49	3.95	63	1	普通水深 15~20 呎以下，普通流速 5~8 呎/秒	人工控制	以吊車取樣
點取樣器 P-46	5.9	100	1	水深 39 呎以上至 75 呎	電動控制	直流電 80V，每次 30 安培
點取樣器 P-50	5.9	300	2	深水高速水道，水深 200 呎以下	電動控制	直流電 20~25V，每次 1 安培

2.3 國外河川水文觀測現況

經濟部水利司(1996)曾委託台灣大學水工試驗所張斐章教授等學者專家對台灣地區水文觀測現代化方案規劃進行研究，此研究廣泛蒐集歐美水文觀測技術及儀器，研究資料相當完整，本章節以其美國之水位流量站評介成果為主要參考，並輔以美國內政部墾務局、地質調查所及中國大陸相關資料。美國地質調查所於 1889 年設立第一個水文觀測站後，至 1994 年底美國水文觀測站已達 7,292 個，從目前仍在使用的水文站到已廢棄的觀測站，其所累積的水文站位置已達 18,500 個，並有超過 4,000,000 站年的水文記錄。這些寶貴的資料為美國本土水資源規畫、設計、水文研究及水資源系統操作之依據。為收集這些珍貴的水文資料，美國地質調查所於全

美各水文觀測站進行水文資料之收集。而流量站所需使用到的儀器通常包含了水位觀測儀器、流速及水深等觀測儀器，以下即為美國目前仍在使用的相關水文觀測儀器現況分析。

一、河川水位觀測現況

(一)自記水位測站

自記水位測站乃利用浮筒感應器(Float Sensor)或氣泡水位感應器(Bubble-Gage Sensor)將水位的變化傳送至自記水位計繪製成圖表或記錄在紙帶上，因此只要定期前往水位站收集資料或利用遙測系統及衛星資料收集系統將資料傳送到使用單位而無需水文觀測人員長期量測水位變化。一般自記水位測站主要由自記水位計，水位感應器所組成。

(二)浮動感應器

浮動感應器安裝於自記水位觀測塔內由一浮球和一組滑輪裝置或捲尺所組成，水位變化可經由浮球及滑輪之機械作用得知。

(三)氣泡水位感應器

氣泡水位感應器，無需自記水位觀測塔，主要構造為排氣系統(Gas-Purge System)，伺服壓力計(Servomanometer Assembly)及伺服控制單位(Servocontrol Unit)組成。水壓經由排氣系統傳至伺服壓力計而得知水位。至於伺服控制單位則控制伺服馬達及浮動開關。

(四)自記水位計

自記水位計主要由時間控制單位及水位高度量測單位所組成，時間控制單位通常為一計時器而水位量測高度單位則為浮動感應器及氣泡水位感應計量器。當此兩者同時操作時則可得知水位波動情況。水位變化則記錄於數值記錄器或繪圖記錄器，現今美國大部分的記錄器均採用數值記錄器，而已很少有繪圖記錄器。近年來，台灣地區大部分水位計記錄器已逐

步更新升級為不需記錄紙帶的數值記錄器型式。

(五)數值記錄器

美國地質調查所所使用的數值記錄器，為一以電池為動力而將資料打孔於紙帶上。數值記錄器上的兩個轉盤將資料打在紙帶上，其記錄範圍為 0.01 至 99 呎，因此最高量測水位可為 30.5 公尺。數值記錄器的打孔頻率可藉由計時器加以控制，計時器則可設定一小時最多打孔四次，即一小時至多可得到四筆水位資料。數值記錄器的最大缺點為無法連續觀測水位，因此無法得知最高水位，然而此一缺點可藉由加裝一有磁性之浮球，此浮球只隨水位上升而上升，但不隨水位下降而下降，因此可得知最高水位。數值記錄器的紙帶取回後可藉由讀孔機將資料轉換為電腦資料而儲存於電腦資料庫中。

(六)繪圖記錄器

繪圖記錄器有一繪圖會隨水位變化而將連續的水位變化繪於圖上。繪圖記錄器的優點為可連續觀測水位之變化且可持續數個月的記錄資料而不須加以維修，其缺點為需以人工判讀資料及建立資料庫。

(七)自記水位觀測塔

自記水位觀測塔，可保護浮球及消除因風或紊流作用所引起的水位波動現象，自記觀測塔可設置於河岸但要預防地下水的滲入及河水的滲出，因此一般都依附於橋墩直接量測河川水位，其長度要低於最低水位為 0.3 公尺，並高於 100 年洪水頻率的水位。河水經進水口進入自記水位觀測塔，因此河川水位與自記水位觀測塔之水位相等，設於河岸之自記水位觀測塔之進水口需比預期最低水位低 0.15 公尺，但比自記水位觀測塔高 0.15 公尺，此外進水口的管子不可太細，以免發生水位變化有延遲的現象。

(八)遙測系統

遙測系統主要建立於測站不易到達或需於洪水發生時取得資料的地方，遙測系統利用無線電將即時資料傳送至資料中心，因此可應用於水庫操作，洪水預報及流量預測等用途。

(九)衛星資料收集系統

美國於 1972 年發射地球資源科技衛星(ERTS)後，美國地質調查所已於很多流量站裝設了資料收集平臺(DCP)將水位資料傳送至軌道衛星，經由軌道衛星將資料傳送至控制中心再傳送至資料使用單位，因此可以即時得知大區域之河川水文變化。

二、河川流量觀測現況

傳統的流量量測儀乃是目前最被廣泛使用的流速量測儀器，其主要是由流速儀及轉數計數器等所組成，至於其附屬之輔助儀器則依據量測方式，如涉水量測、吊索量測等不同方式而異。目前為達到量測自動化的目的，則已逐步視情形開始使用聲波杜普勒流速剖面儀量測河川水流速度及水深。

(一)流速儀

流速儀乃利用水流速度與流速的轉軸轉動次數成一比例之原理而推測流速，因此將流速儀置於河中於一定時間內量測轉軸轉動次數即可得知流速。轉軸轉動次數可經由連接室(Contact Chamber)產生之電流轉換為聲響經由耳機接收而得知。流速儀可分為兩種即為水平軸流速儀(Horizontal-Axis Current Meter)及豎軸流速儀(Vertical-Axis Current Meter)：

1. 豎軸流速儀

現今為美國地質調查所所廣泛使用的豎軸流速儀為普萊氏流速儀(AA 流速儀)(註：此一形式流速儀亦為台灣水利單位所普遍使用)，標準普萊氏

流速儀有一 0.127 公尺直徑的轉軸和六個 0.05 公尺裝在不銹鋼上的圓錐形轉杯，而框軸承則支撐此轉軸。接觸室內則有轉軸的上半部及依附於連接桿(Binding Post)的貓鬚(Cat's Whisker)。轉軸如轉動一圈則位於轉軸上的離心接觸就會接觸到連接於貓鬚末端的小珠子而產生電流。另有一分離的減數齒輪可使轉軸轉動五次方產生電流，可用於河川流速較快時使用。至於其尾片則保持流速儀指向水流方向。

除標準 AA 型流速儀外，另有一 AA 型流速儀於量測低於流速時使用。此改良型流速儀減少了摩擦力，但建議使用於斷面平均流速小於 1 ft/s 且流速介於 0.2 至 2.5 ft/s 之間。此外普萊氏縮小型流速儀是標準 AA 型流速儀之 2/5 倍大，但無尾片於低水位時使用。

2. 水平軸流速儀

目前常見的水平軸流速儀有 Ott, Neyrpic, Haskell, Hoff 和 Braystoke 等形式。Ott 及 Neyrpic 產於歐洲並被廣泛使用於歐洲。Haskell 和 Hoff 則為美國發展出來的流速儀，但只使用於一限定的範圍，至於 Braystoke 流速儀則普遍使用於英國。

(二) 光學流速儀

光學流速儀，主要用於量測明渠水面流速並且可避免將儀器置於水中，也因此光學流速儀只能量測河流表面流速並不能取代目前傳統的流速儀，但可應用於洪水發生時或河水流速太快、含有岩石、泥砂等懸浮固體，以至於傳統流速儀無法應用時測得河川水面之流速。但此儀器價格較昂貴，其維護較不易，且其用於天然河川之適用性尚待進一步評估。

(三) 聲波杜普勒流速剖面儀

聲波杜普勒流速剖面儀(Acoustic Dopple Current Profiler, ADCP)為新近發展之量測流速剖面儀器，其主要原理為由其聲納發射器(Transmitter)發出

一固定頻率的聲束，再由特殊之聲納接收器接收經由懸浮固體反射回來之回聲，經由杜普勒效應(Doppler Effect)分析其頻率或相位之變化，即可測得水流速度。

ADCP 的優點為可在同一時間量測同一軸上之剖面流速，並減少野外量測時間及人員操作之誤差，其所測得之流速資料則儲存於數值記錄器或電腦上，利於電腦的流速資料庫之建立。基於以上種種優點，目前美國已有 30 餘州陸續測試採用 ADCP 觀測流速。但 ADCP 對於高流速、高泥砂濃度河流之適用性，仍需進一步加以評估。

(四)河川水深量測儀器

水深量測儀器之選擇一般依其觀測環境及量測方法不同而異，通常使用堅硬的測桿(Wading Rod)，測深錘(Wading Weight)，聲波測深儀及 ADCP。

1.測深桿

測深桿有兩種，一為頂端安裝測深桿(Top-Setting Wading Rod)，另一為環型測深桿(Round Wading Rod)，其中頂端安裝測深桿是比較理想的測深儀器，其優點為水文觀測人員可於測桿頂端安裝流速儀而不會弄濕雙手，頂端安裝測深桿有一用於量測水深的 1/2 英吋六邊型桿子及一用於裝置流速儀的 3/8 英吋圓桿。至於環型測深桿則可使用於有冰時的水深量測，且拆卸後只有 1 英尺長易於運送與保養。環型測深桿有一底盤，底部組件，三或四個中間組件，一滑動支座及一桿端，流速儀可安裝於滑動支座上並固定於所需的位置。

2.測深錘

量測水深時如遇水流太急或水深太深而無法以人員涉水量測水深時，則可於船上、橋樑上或利用吊索等工具以測深錘量測水深，測深錘通常安

裝於流速儀下方可使流速儀於量測過程中保持安定，另外測深錘亦可於施放流速儀於河川時保護流速儀避免碰撞河床。目前美國地質調查所所使用的測深錘為 Columbus 錘(台灣亦稱之為鉛魚)，一般以 C 型代表之。其特性是具有流線型的外表可將水流阻力減到最低。測深錘有一垂直的狹縫及一水平孔以便和測深錘掛鈎及安全栓接連在一起。

3.測深捲軸器

測深捲軸器(Sounding Reels)有一捲線軸用以捲動測深索，另有一曲柄和棘齒輪裝置用以使測深錘上升或下降至所需之位置。美國地質調查所有五種測深捲軸器，部分測深捲軸器可以加裝以電力推動之動力裝置，至於測深捲軸器的選用主要應考慮到測深錘的大小及所需量測的水深。

4.聲波測深器

美國地質調查所目前已使用一種已商業化且僅重 46 磅的可攜帶型聲波測深器(Sonic Sounder)，其動力來自一 6 或 12 伏特之蓄電池。聲波發射器(Transducer)有一呈 6 度的狹窄射束用以減少量測傾斜河床或靠近橋墩等障礙物附近水深知的誤差。

5.聲波杜普勒流速剖面儀

ADCP 可利用其發射之聲束經河床反射後再由接收器接收而得知水深，因此於量測流速剖面時即可同時得知水深，為目前少數可同時測得流速分布及水深之儀器。

2.4 中國大陸河川水文觀測現況

中國大陸根據站網規劃，全國建立了一個較完整的水文站網體系，並逐步建立了水情信息資訊測報網。隨著水文站網的發展，觀測項目也不斷增加，根據不同的建站目的，發展了水位、流量、含砂量、推移質、河床

質、降水量、蒸發、地下水、冰情、水溫、水質、土壤含水量等多項水文要素的觀測，有些水文單位並對流域、河段發展水文調查和勘測(如表 2-10 所示)，積累了連續、系統、可靠的水文資料(梁家志，1999)。

近年來，中國大陸加強水文測驗設施建設，測流設備由吊船過河索道代替了划船測流，電動纜道逐步代替了手搖纜道，水文測船已經從木船、水泥船向機動船和快艇發展。由於纜道、纜車測流的可行性，促進了水文纜道的建設，電子程控技術的應用，使其性能不斷改進，逐步形成了水文纜道和水文纜車為主要測流設備。目前，全中國大陸的水文測驗設施從建設規模、設備性能和技術水平方面都有長足的進步，到 1998 年底，全國共有水文測流纜道 2,027 座，測砂纜道 241 座，各類測船 1,180 艘，專用測橋 222 處。水文儀器也在不斷發展。有關部門研製和生產的水文儀器達 90 多種，從人工觀測水尺到浮筒式、壓力式、超聲波、非接觸式水位計；從雨量筒到水位雨量自動採集、存儲、傳輸；測桿測深到回聲測深儀；從普通旋杯、旋槳流速儀到電波流速儀、杜普勒流速剖面儀；從橫式採樣器到調壓採樣器、同位素測砂儀等等。這些水文觀測課題相關成果經驗皆值得台灣借鏡。

表 2-10 中國大陸重要河川逕流量統計一覽

河名	站名	集水面積 (km ²)	系列年數	多年平均逕流量 (億 m ³)	最大逕流量		最小逕流量	
					(億 m ³)	年份	(億 m ³)	年份
松花江	哈爾濱	390,526	82	384.6	847	1932	123	1920
嫩江	富拉爾基	123,190	82	146.0	397	1932	28.4	1907
烏蘇里江	興凱湖	22,400	66	19.9	44.2	1960	7.41	1978
鴨綠江	水豐水庫	45,860	62	250.3	395	1922	135	1976
灤河	灤縣	44,100	51	47.4	128	1959	16.1	1936
潮白河	蘇莊	17,595	62	81.3	64.7	1939	3.35	1941
永定河	官廳水庫	43,402	61	17.7	32.2	1939	7.16	1930
滹沱河	黃壁莊水庫	23,272	56	22.0	65.6	1954	7.90	1931
黃河	三門峽	688,421	61	506.5	840	1964	242	1923
汾河	河津	38,728	61	20.3	44.1	1964	8.46	1936
淮河	中渡	158,160	53	340.1	941	1921	64.2	1929
長江	宜昌	1,005,501	100	4,550.7	6,037	1954	3,345	1942
長江	寸灘	841,291	87	3,566.8	4,626	1949	2,543	1942
西江	梧州	329,705	80	2,271.3	3,280	1911	1,020	1963
郁江	貴縣	87,721	80	589.8	911	1904	223	1963
閩江	竹岐	54,500	42	559.1	842	1937	276	1971
伊犁河	雅馬渡	49,186	56	369.8	495	1959	280	1974
黑河	鶯落峽	10,009	36	49.5	70.5	1952	35.1	1973
額爾齊斯河	布爾津	24,246	53	112.8	198	1969	52.1	1974

(資料來源：中國大陸，「中國水資源利用」，1986)

第三章 河川流量觀測及泥砂採樣技術

3.1 河川流量及泥砂觀測系統架構

水文觀測之完整進行，不但可以促使國家整體水資源狀況達到系統性調查，更可用以研究解決水資源問題的新知識；是以無論需求為何，先決條件為必須取得充分及可靠之水文資料。然而欲使水文觀測資料兼具可靠與實用性，則必須考量到整體水文觀測系統之完善架構，亦即包含合適站址之選定、傳輸網路成功通連與實用儀器之擇用(經濟部水資源局，1997)。水利工作實務上之河川水文觀測系統架構內容主要應包括水位觀測種類、水位流量站分類、水位流量站分級及觀測項目與年限、測站之選定等(台灣省水利局，1982)，茲簡述如次。

一、水位觀測之種類

(一)普通水位觀測

係僅裝設水標尺(簡稱水尺)，平常時期固定時間(6時、12時、18時)觀測外，在豐水時期隨時注意觀測洪水峰記錄。

(二)自記水位記錄

係裝設自記水位計，依照儀器性能型式，定日定時更換記錄紙，以記錄任何時間之水位變化。

(三)水位遙測

在測站設置感應器(觀測計)經有線或無線迴路傳遞或顯示該地之當時水位至資料(洪水預報)中心。

二、水位流量站之分類

(一)普通水位流量站

凡為獲得某河川地點之水位與流量而設測站稱之。

(二)自記水位流量站

凡為獲得某河川地點河川水位變化過程與流量而設測站稱之。

(三)水位遙測站

凡為獲得某河川地點河川水位變化資料作為旱澇預報系統及水庫營運管理而設立之測站稱之。

三、水位流量站分級及觀測項目與觀測年限

(一)基本站

觀測項目包括水位、坡降、流量、水溫與含砂量。觀測年限最少應為 30 ~ 40 年，若降雨及逕流變化顯著時尚可延長至 70 ~ 80 年。

(二)輔助站

觀測項目同基本站，觀測年限約為 5~10 年，宜至與基本站之流量關係求得滿意結果為止。

四、測站之選定

河川水位站之位置直接影響觀測之難易，也是決定所測結果準確度之基本因素，選站必需十分謹慎，其應具備條件如下：

1. 各種測站之設置目的不同，選定設站位置之前，需先由水文測站流域圖研究已設站之分布情形，並依設站目的之需要性，作為選定之依據。
2. 設站前需先勘查擬設置地點，其上下游河道及攔水、引水與交通等情況，以作設站參考。
3. 一般測站需考慮交通便利觀測容易之處(如水庫規劃調查測站，因設站目的不同，應按需要性克服設置)。
4. 河道平直的地段，直線長度至少在三倍河寬以上，因為直段河道的斷面比較規則。
5. 河床穩定，沖刷、淤積變化少的河段，也是兩岸固定，斷面內流速

- 均勻的河床。
6. 不受迴水影響的河段。站址要選在控制斷面的稍上游，潮汐線以上地點，或支流合流點下游。水庫的上下游和重要調整池下游，均是選站具備的地點。
 7. 測站不得設於河道分歧或有砂洲、渦流、落差、構造物、水位變化不規則之處。
 8. 測站需考慮能施設自記水位觀測塔及洪水流量施測與測站維護容易之橋樑處。
 9. 測站需考慮枯豐期都能圓滿測流之處。
 10. 在河流的控制斷面設站觀測流量較為順利。控制斷面的水位與流量關係穩定，有天然與人工兩種。天然的控制斷面如岩灘，將河床、河岸加以人工整理或築堰也可使成為控制斷面。
 11. 台灣地區大部分河川因受地理環境限制，不易覓得適宜地點，唯注意上項測站之條件。

在站址選定及網路通連方面，除需經集水區地圖、地形圖及地質圖等相關資訊初步決定站址外，尚須考量資料用途；若以提供水壩設計所需為目的，則站址設定係以壩址附近為主，因其多位於深山峽谷內，所以不論在雨量、流量等水文相關訊息之蒐集保存與傳輸上，就必須借助透過有線、無線或有線無線混合等遙測方式來達成。而如此有異於以往人工觀測之方式雖可使應用資料更具正確、迅捷及方便取用等特性，然為維持資料品質之可供信賴程度，需對以下數項原則予以注意：

1. 若採無線傳遞方式，觀測站址與中繼站址間必須有遼闊視野，以避免電波干擾現象發生；
2. 為求機件保養與巡視便利，需儘量避免將觀測暨中繼站址設於地形惡劣處；

3. 儘量選擇流域之代表性區域設置觀測站址，使設站數量達於最經濟卻不失精確；及
4. 站址周遭因電擊、都市雜音、電波傳播路線變化等障害所引起之時間、原因、內容及頻度需掌握並記錄之，以作為日後改善之依據。

且為求無人看管與深山幽谷等惡劣環境下，儀器亦能長期連續保持正確可靠之運轉；故於儀器擇用上，亦需注意後述各項原則：

1. 電源來源儘可能利用太陽能電池等直流電源，以求電源持衡穩定；
2. 儀器設備之體積及重量需盡量縮減，以避免觀測站址環境惡劣而施行及維護不易；
3. 能現場儲存觀測資料，並同時透過有無線形式傳輸至資料管理單位；
4. 可使用一般市面現有之儀器元件進行維修及換裝，以確保不因儀器故障送修而導致影響觀測數據之連續性；及
5. 具有高穩定性、高重讀性，並能以模組化方式降低現場維修技術之層次。

綜言之，完整穩定、功能良好的自動化河川流量觀測系統，自應包括資料蒐集、資料傳輸、資料處理等三個不同階段的群組工作密切結合，才能達到水文觀測現代化所欲達到目標。其中尤以第一部分河川水文資料的蒐集最具關鍵，於實務操作上亦最困難。以應用較廣的面積流速積分法而言，必須同時從河川擷取流速、水位、底床高程等資料，方能進一步探討流量之推估。天然河川流速剖面量測固為不易，即使要精確量測到表面最大流速，亦非易事。因此，以合適穩定的流速儀配合良好的觀測系統設計，才可能克服天然河川高水時期高流速、水面波動大、含砂量高、漂流物多等不利因素的影響，維持其持續穩定的運作。至於水位、底床高程或水深的觀測工作，主要是用以估量觀測斷面之通水面積。水位觀測工作因

技術上難度較低，無論浮動感應式或超音波水位計，都已能有較好的運作記錄(註：超音波水位計於實務應用上仍有雜訊過多的困擾)。至於河床高程或水深的觀測，因河川流速高、底床含砂量大、底床變形量大等因素，觀測頗為困難。因此，台灣天然河川流量觀測技術上，最需掌握突破的關鍵乃流速觀測與水深觀測。因此，本章將特別針對目前國內外較為可靠穩定的流速與水深觀測技術，逐一介紹評析，以評估擇定適合台灣河川特性的觀測方式。另在泥砂觀測方面，台灣目前僅針對懸移質含砂量進行採樣分析工作，其累積資料雖亦頗可觀，但其資料內容代表性與精確度，仍值得進一步分析探討。同時亦因較少高流量時期的含砂量資料，使得河川泥砂資料的規劃分析不足。至於泥砂推移質資料，因台灣較少進行採樣分析工作，使得這部分資料十分缺乏。

3.2 流量觀測方法

河川流量是水文歷程(Hydrologic Process)的產物，其資料之準確性與完整性，攸關水資源整體規劃目標能否適時達成，亦影響到河川中各種水力過程(Hydraulic Process)現象探討。而洪水時期高流量的觀測歷史資料，更與治洪防災規劃成果之可靠性密切相關；而即時的洪峰觀測數據，更可提供作為洪水預報、監測預警及水文分析的主要依據。故對水文、水利防災及水資源規劃工作等各種分析而言，都需要較精確完整的流量資料，以期對相關現象的演算能獲得較可靠的結果。是以流量觀測工作，特別是高水時期的流量觀測工作，其在整個水資源或水利事業裡，實是扮演一個基本又重要的角色。

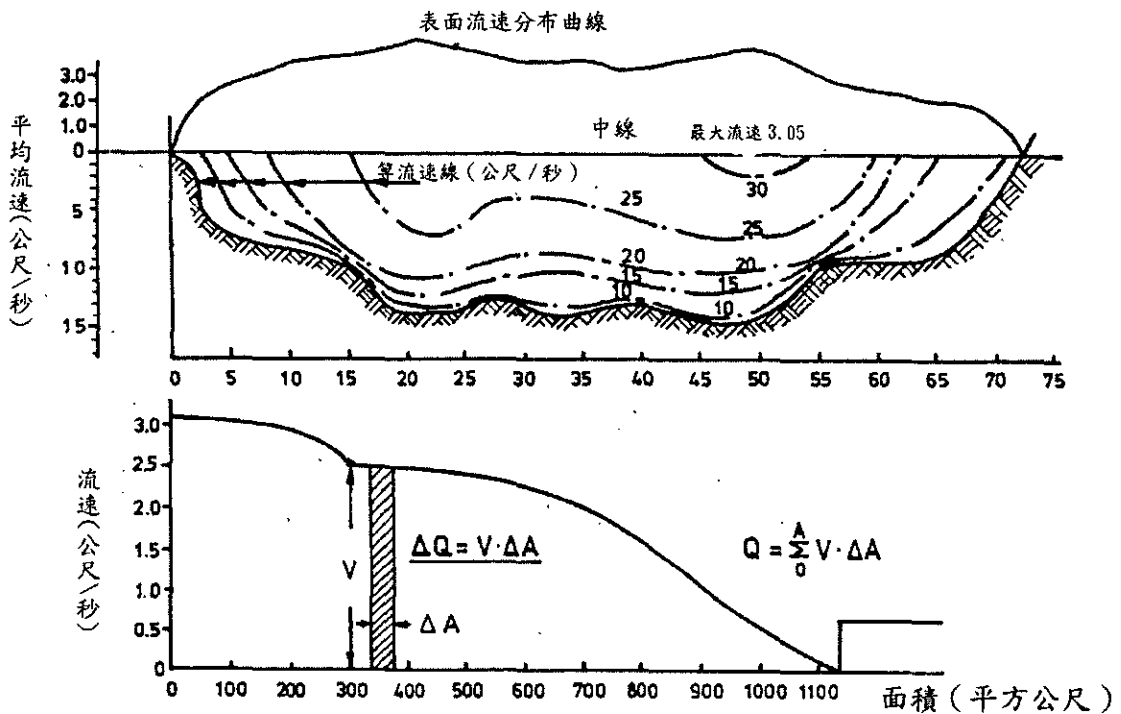
河川流量測定的方法有直接計量法、斷面流速測量法、水面坡降面積法、水工結構物法、控制斷面法及化學溶劑觀測流量法等(王，1979；

Rantz, 1982)。其中最常用的斷面流速測量法係根據流量等於面積乘上流速之原理。又依其處理水流面積及流速資料之不同，又可分為面積流速積分法、中斷面法、平均斷面法等，茲就斷面流速測量法及水面坡降面積法作一簡述。

(一)斷面流速測量法

1. 面積流速積分法(Velocity-Area Method)

本法為斷面流速測量法中最精確方式之一。如圖 3-1 所示，在垂直測線上不同流速測得後，依據測線上流速分布曲線製成斷面流速分布圖，以表示最大流速以下各等速曲線(Isovels)。在圖下方以縱軸表示流速 V ，橫軸表示流速曲線所包圍之面積，此面積可由求積儀測得。流速面積內所形成面積之總和，即為該斷面之流量。



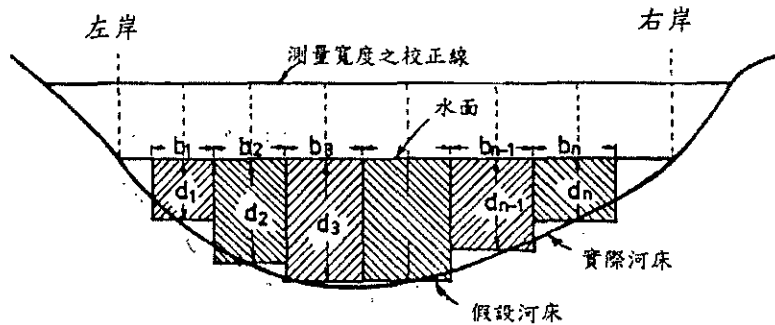
(資料來源：1.王與易，1979；2.本研究修繪)

圖 3-1 面積流速積分法

2. 中斷面法(Mid-Section Method)

如圖 3-2 所示，將一河川斷面分成 n 段，各斷面之寬度分別為 b_1, b_2, b_3, \dots ，各斷面之水深為 d_1, d_2, d_3, \dots ，各斷面之寬度為其相鄰水深間距離之一半，故稱中斷面。由中斷面法可將不規則之天然河川假設為一由 n 個大小不同之矩形構成。吾人可由不同水深，應用一點法、二點法、三點法或其他方法，求其平均流速， v_1, v_2, v_3, \dots 。則通過河川斷面之流量即為各部分流量之總和，可表示為：

$$Q = b_1 d_1 v_1 + b_2 d_2 v_2 + b_3 d_3 v_3 \dots = \sum b d v \quad (3-1)$$

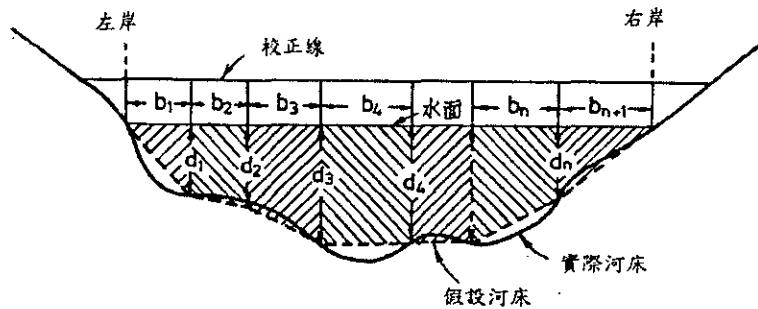


(資料來源：1.王與易，1979；2.本研究修繪)

圖 3-2 中斷面法

用中斷面法之優點為迅速，缺點為精密度較差，因其假設河川不規則斷面為 n 個有規則矩形，與實際情況頗有出入。

3. 平均斷面法(Mean-Section Method)



(資料來源：1.王與易，1979；2.本研究修繪)

圖 3-3 平均斷面法

如圖 3-3 所示，將河川分為數個斷面，其水深， d_1, d_2, \dots ，寬度 b_1, b_2, \dots 。設將河川分成 n 個水深，則其寬度為 $n+1$ 部分。平均斷面法假定河川各斷面為梯形構成，與實際頗為相符。首先將二相鄰垂直測線之平均流速之平均值視為部分斷面之平均流速，即：

$$v'_n = \frac{v_n + v_{n+1}}{2} \quad (3-2)$$

$$Q = \sum \left[v'_n \left(\frac{d_n + d_{n+1}}{2} \right) \right] b_n \quad (3-3)$$

平均斷面法測流量準確性較高，惟手續較為複雜。一級重要河川流量施測，通常以此法為主。

(二)水面坡降面積法(Slope-Area Method)

水面坡降面積法係最常用之間接流量測量法，係以河川水理特性資料水面縱剖面及粗糙係數，利用均勻流公式推算流量。二斷面間水面差(落差)即表示因河床粗糙所造成之水頭損失。計算流量可使用任何公式，例如台灣地區最常用之 Manning 公式及 Chezy 公式均可。本法為台灣地區應用最廣之河川間接流量測量方法，故此處參考相關資料(台灣省水利局，1981)，整理詳介如次。

1.基本公式

圖 3-4 為一渠道之控制水體，圖中 H_c 為斷面①之總能量，等於位能(Potential Energy)與動能(Kinetic Energy)之和，即：

$$H_c = Z_1 \gamma + \gamma h_1 \cos \theta + \frac{1}{2} \rho V_1^2 \quad (3-4)$$

其中， V_1 為斷面處平均速度， h 為水深， ρ 為密度。故在①斷面處單位體積水之總能量為：

$$\frac{H_c}{\gamma} = Z_1 + h_1 \cos \theta + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \quad (3-5)$$

式中， g 為重力加速度， α 為流速水頭 $\frac{V^2}{2g}$ 之能量係數，係因斷面內不規則流速分布加以修正者。在均勻流速時， $\alpha = 1.0$ ，而通常之紊流情況下， $\alpha = 1.07$ 。

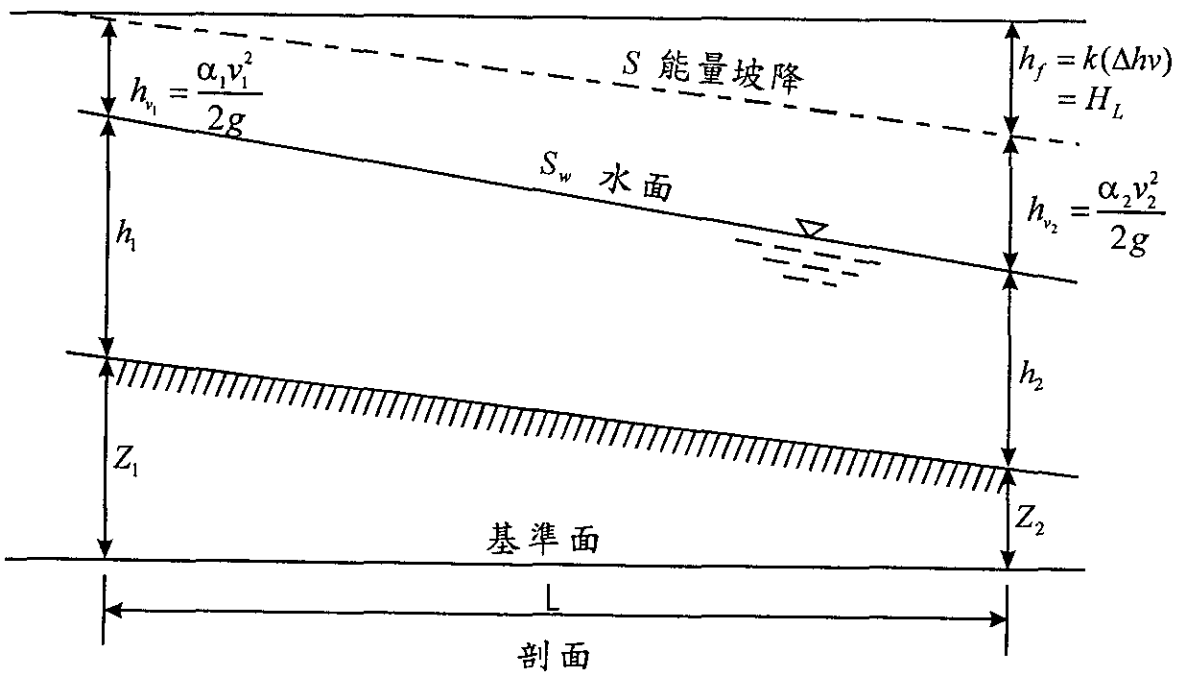
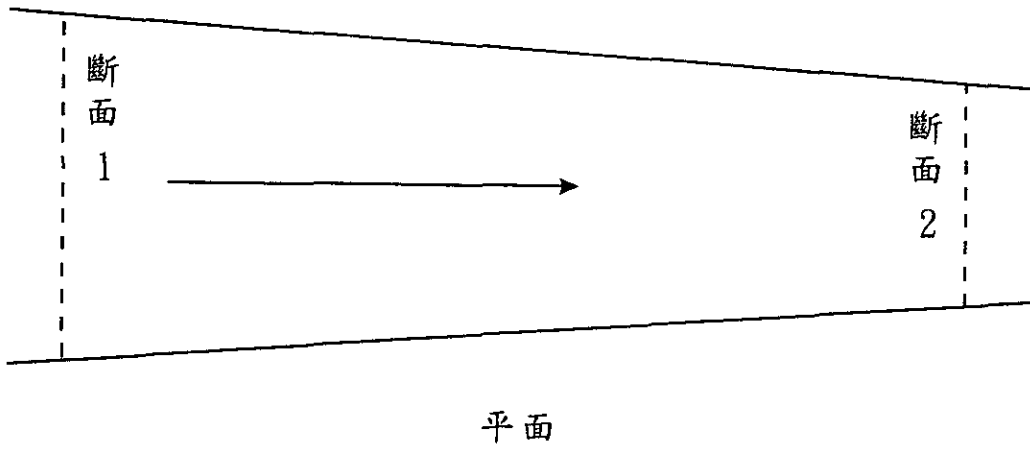


圖 3-4 河川斷面示意圖

如設斷面①~②間之水頭損失為 H_L ，則根據 Bernoulli 定理：

$$Z_1 + h_1 \cos \theta + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 \cos \theta + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + H_L \quad (3-6)$$

設 $\theta \approx 0$ ，則：

$$Z_1 + h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + H_L \quad (3-7)$$

水流為均勻流(Uniform Flow)時， $h_1 = h_2$ ， $V_1 = V_2$ ，故：

$$S_o = S_w = S \quad (3-8)$$

最常用之 Manning 公式為：

$$Q = \frac{1.486}{n} A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (\text{英制}) \quad (3-9)$$

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (\text{公制}) \quad (3-10)$$

式中， Q = 流量；

A = 流水面積；

R = 水力半徑；

S = 摩擦係數(Friction Slope)；及

n = 粗糙係數。

上列 Manning 公式係基於均勻流之條件下所推導者，故嚴格而言，該式僅適用於式(3-8)之條件，則能量線、水面線與河床面互相平行，且其流水斷面積，水力半徑，及水深在二斷面間無變化之河段，惟因無其他更佳公式，Manning 公式亦可用於最常見之非均勻流(Nonuniform Flow)河川。但需將能量坡降修正為僅因接觸面摩擦而損失之摩擦坡降，亦即：

$$S = \frac{h_f}{L} = \frac{\Delta h + \Delta h_v - k(\Delta h_v)}{L} \quad (3-11)$$

其中， Δh = 二斷面間水位標高差(落差) = $(Z_1 + h_1) - (Z_2 + h_2)$ ；

$$\Delta h_v = \text{上游斷面流速水頭} - \text{下游斷面流速水頭} = \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} - \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} ; \text{及}$$

$L = \text{二斷面間距離}。$

式(3-10)可改寫為：

$$Q = \left(\frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} \right) \cdot S^{1/2} = KS^{1/2} \quad (3-12)$$

式中， K 為輸送因子(Conveyance)。茲假設河段間輸送因子係逐漸變化，則河段之平均輸送因子可以該河段二斷面輸送因子之平均值表示。因此，流量可計算如下式：

$$Q = \sqrt{K_1 K_2} S \quad (3-13)$$

式中， S 為前述之摩擦坡降。

2. 摩擦坡降之計算

以(3-11)式計算摩擦坡降時，須先求各斷面之水位標高，流速水頭及因斷面縮小或擴大而產生之水頭損失。各斷面水位標高可由洪水痕跡求之。流速水頭 $\alpha \frac{V^2}{2g}$ 中， V 為斷面之平均流速， α 為動能能量係數，當斷面整齊，均勻流速時可取 $\alpha \approx 1.0$ ，惟如斷面不整齊而須分割斷面計算流速時，則須計算如下：

$$\alpha = \frac{\sum k_f^3 / a_f^2}{k_T^3 / A_T^2} \quad (3-14)$$

上式中 k_T 、 A_T 分別表示斷面全部之輸送因子與斷面積， k_f 、 a_f 分別表示各分割斷面之輸送因子與斷面積。

流速水頭之損失係數 k 值，在漸縮斷面時 $k=0$ ，在擴大斷面時 $k=0.5$ ，但利用坡降面積法求流量時所選用之河段應盡量避免漸縮或擴大斷面河段。

由上述，Manning 公式中所用之 S 可求之如下：

$$S = \frac{\Delta h + (\Delta h_v/2)}{L} \quad (\text{當 } \Delta h_v \text{ 為正時}) \quad (3-15)$$

或

$$S = \frac{\Delta h + \Delta h_v}{L} \quad (\text{當 } \Delta h_v \text{ 為負時}) \quad (3-16)$$

3. 觀測河段之選擇

選擇合適之河段，實為使用本法求流量之最重要條件。在天然河道中選擇一段理想河段，雖非易事，但至少仍須選擇最佳段。良好之洪水痕跡亦為獲得可靠量之基本條件，因此明顯且可靠之洪水痕跡為最重要資料。兩岸陡峻整齊之河岸，雖可提供良好之水理條件，但所遺留之洪水痕跡通常不甚明顯，故不一定是良好之河段。洪峰過後之大雨可能會沖洗洪水痕跡，致無法辨別痕跡，或沖洗痕跡至較低位置而誤認痕跡；而遺留在岸邊樹木之痕跡則較少受此意外之影響。由此可知，河段之選擇以能否獲得可靠痕跡為主要選擇條件。

河段斷面之幾何形狀如何亦為選擇河段所需考慮之重要因素。由於流速水頭之變化係數難於確定，選定之河段內不可有顯著之斷面變化，應盡可能有均勻之斷面。無論如何，斷面至次一斷面間之輸送因子之變化必須為相當均勻之變化，俾能符合基本假設，即該段之平均輸送因子等於末端斷面之幾何平均值。同時，流水宜被限制在梯形和槽內流動。如係複式斷面，則須分割斷面分別計算。雖然直線、整齊河段最為理想，但在天然河道，鮮有如此理想河段，故如有選擇之餘地，應選漸縮河段，而避免選擇逐漸擴大河段。

本法之另一基本假設為斷面積全部有效，且按各分割斷面之輸送斷面因子輸水。因此，所選定河段之上游宜有一段均勻斷面，使流量能按其水深、粗糙度及形狀，分布流動。所選定河段之上下游，不可有導致流量分布不均之構造物或斷面。有時不得不在山區急流且粗糙度甚大之溪流選擇河段。如在此河段內有大塊石或落差，而流水經過會發生自由跌流時，

Manning 公式則不能適用，故選擇河段必須避用可能發生自由跌水之斷面。

3.3 流量演算理論

利用面積流速積分法來求流量時，各鉛垂測線上測點愈多，則據以畫出之等流速線愈具代表性，因此積分出之流量愈準確。利用中斷面法或平均斷面法時，各鉛垂測線上測點之數目常取為一點或二點或三點，其測量位置一點時為水面下 0.6 D，二點時為 0.2 與 0.8 D，三點時為 0.2、0.6 與 0.8 D，其中 D 為各鉛垂測線處之水深(王，1979)。各點位置之決定乃根據通用流速分布定律(Universal Velocity Distribution Law)：

$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{y}{y_0} \quad (3-17)$$

式中， u 為流速， u_* 為剪力速度， κ 為 Von Karman 常數， y 為某測點位置至渠底距離， y_0 為與渠底粗糙度有關之係數。

各鉛垂測線上測點係用以代表鉛垂線處之平均流速，這些測點之位置及求平均流速之方法皆源於通用流速分布定律。通用流速分布定律只適用於等流速線與鉛垂線正交之情形，亦即等流速線族為平行之情形；但明渠水流各類型斷面中之流速分布都為二維性，此時鉛垂線上之流速分布情形即無法以通用分布流速定律來代表。故嚴格而言，僅利用前述測點之流速資料並無法求得一鉛垂線上之真實平均流速，肇致中斷面法或平均斷面法無法準確估計出流量(盧，1997)。

至於面積流速積分法係根據斷面內各鉛垂線上多點之測點流速繪製出等流速線，再與各等流速線間之面積積分而得。面積流速積分法所估計流量之準確性與測點數目成正比。而傳統上流速的觀測有所謂的一點法、二點法、三點法及多點法(王，1979)，理論上多點法所計算出之流量是最精

確的，但事實上確很難達到精確理論值要求。究其原因，可簡要歸納以下幾個因素：

(一)因天然河川流量屬變量流狀態(Unsteady Flow Condition)，河川流量時刻在變，即使量測效率再高，以整個洪峰過程時僅數小時，從第一個量測點至最末一個量測點，其間水位、流量的變化特性，恐難以估量；(二)洪水流量期間，河床沖淤變化極速，即量測斷面上水深時刻變化，如何配合流速與水深能同步測得已是難事，遑論大量流速測點需同步完成；(三)台灣河川於高水時期，多是在天候狀況不良時發生；且河川表面峰濤洶湧，暗流潛伏，流速量測極為不易，且施測人員須冒高度危險，方能完成工作任務。是以如何研發觀測技術，突破自動化、本土化的困境，應是台灣地區河川水文觀測現代化的重要目標。

近年來，林氏等(1994)研究提出一新的、簡易的流量推求方法。該方法發展自 Chiu (1988, 1989)根據或然率和熵(Entropy)理論所得之流速分布方程式。使用此一方法時僅需量測最高流速、斷面積 A 與水面高程 h 。透過 $M-h$ 之關係得知相對應參數 M 值，即可由 M 值、 u_{max} 與 A 推算得知通過該斷面之流量。此法不僅在計算過程上相當簡易，而且所需量測之資料也較其他方法少。盧氏等(1997)獲經濟部水資源局三年經費資助，及台灣省水利處協助下，進行高效率流量觀測研究(盧等，1977)，其藉由邱氏(Chiu)流量理論之觀念，並配合超音波杜普勒流速儀或傳統旋杯式流速儀於通過斷面最大流速處直接或間接量測速度剖面及水深，進而求得流量。該研究同時分析探討國內外水文流量近 20 個測站規劃資料，並獲得不錯的結果。

前述高效率流量觀測方法中，流量中之推估可分為兩部分，其一為通水斷面積，可藉由水位與斷面積、 y 軸處水深 D 與斷面積及 ψBD 求得。

其中 B 為水面寬度， ψ 為斷面幾何形狀係數與斷面積三者擇一最佳之關係推求之；而斷面平均流速 \bar{U} 可利用 ϕu_{max} 求得（其中 u_{max} 為斷面最大流速， $\phi = \bar{U}/u_{max}$ ）。故邱氏理論中除了 ϕ 、 ψ 兩參數的推求，最重要關鍵的觀測量乃是斷面最大流速。天然河川斷面最大流速通常位於水面或接近水面的位置，因此若能對斷面最大流速的量測技術有所突破，對於台灣河川洪水量的推估有極大助益。前述盧氏之研究中以超音波杜普勒流速儀進行流速量測，該儀器雖然能同時進行多點量測，並進而完成流速剖面的測定，但其對於台灣河川高含砂、礫石情況的高洪水流量觀測能否勝任，因尚缺乏足夠實測資料、經驗，其整體成效尚待進一步評估。

3.4 訊號蒐集、傳輸及處理技術

自動化觀測作業，可分為訊號蒐集、訊號傳輸及資料處理三大處理流程。訊號蒐集工作係由各項裝於現地之觀測儀器進行；訊號傳輸則可藉由電纜或無線電來傳遞所量測之結果；最後則交由自動化觀測記錄分析處理系統執行資料處理的工作。自動化記錄分析處理系統之設備參考規格如下簡述(許盈松，1999)：

(一)具 8-16 通道細胞單元的型式規格

(1)電源：DC 12-24 V，2 W；(2)配備不斷電系統；(3)解析度：16 BIT；(4)精確度：0.05 % FSR；(5)零電漂移：0.03 PPM/°C；(6)絕緣耐質：500 VDC；(7)接收通道：8-16 組；(8)接收訊號： ± 15 mV， ± 1 V， ± 2.5 V，0-20 mA；(9)取樣速率：1 秒／每通道；(10)傳輸方式：RS-422 或 RS-485 數位傳輸。

(二)微處理自動記錄系統的型式規格

(1)電源：DC 12-24 V，5 W；(2)配備不斷電系統；(3)可接收細胞單元 16 組以上並具有數位傳輸功能；(4)記錄資料每通道 1000 筆以上；(5)具有自動警報系統顯示裝置(可應用於預警預報功能)；(6)可外接筆記型電腦作為現場資料顯示及參數設定；(7)可透過數據網路作遠程終端控制。

(三)監控主機的型式規格

(1)電源：AC 110 V，60 Hz；(2)配備不斷電系統；(3)終端自動記錄，同步蒐集及警報控制顯示；(4)資料同步分析，儲存及列印功能；(5)資料記錄筆數，每通 50 萬筆以上；(6)可透過數據網路作遠程終端控制及觀測系統運作狀況偵知(監測系統自我診斷功能)；(7)具有安全防護辨識系統。

(四)警報系統型式規格(註：有防災預報考量之情況)

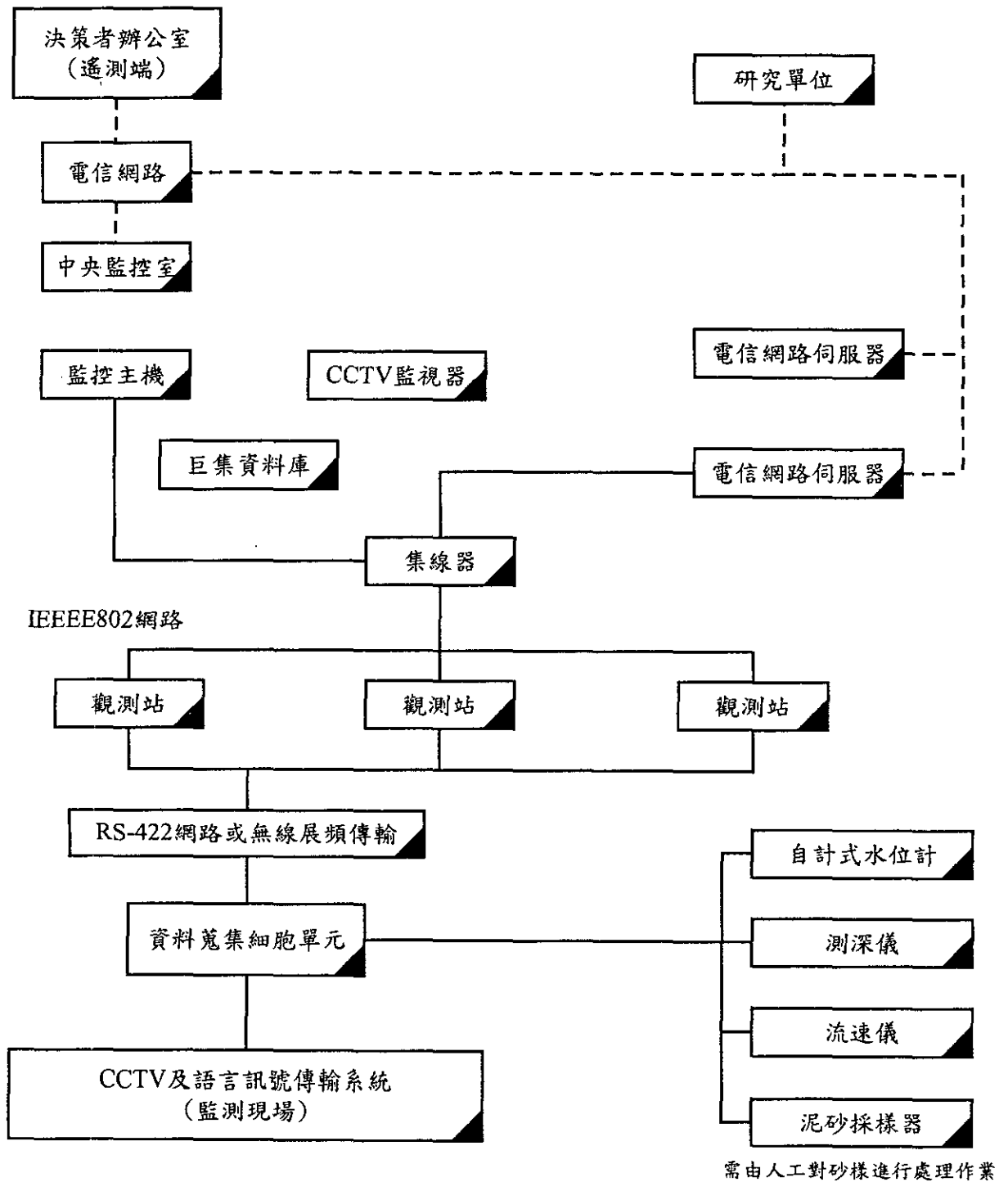
(1)電源：AC 110 V，60 Hz；(2)配備不斷電系統；(3)功率傳輸：100 W RMS；(4)語音廣播：可錄音式及重複播放功能；(5)警報輸出：可設定輸出延遲及警報時間；(6)電話自動回播連繫系統；(7)警報系統運作狀況偵知(警報系統自我診斷功能)。

(五)數據網路及訊號傳輸型式規格

(1)電源：AC 110 V，64 Hz；(2)配備不斷電系統；(3)傳輸速率：56 KBPS；(4)傳輸線路：電話專線；(5)訊號撥接：需有自動撥接功能。

自動化觀測記錄分析處理系統除可自動掃描接收各項訊號，並直接藉由內建程式，自動記錄資料、分析、繪圖、顯示及列印各種圖表。若需要同時兼具防災預報考量時，當觀測數據趨近預先研擬設定的各項警戒值時，將自動發出警告動作。如圖 3-5 所示，應用資料收集細胞單元，觀測資料透過 RS-422 或 RS-485 網路以有線或無線傳輸方式連接至觀測站電

腦，或以筆記型電腦直接測讀。因此在傳輸電纜遭破壞或訊號受干擾情況下，仍可繼續測讀。所有監測站之數據資料將可透過 IEEE802 網路匯集到中央監控室。中央監控室將可設置大容量硬碟機與光碟機構成之巨量資料庫及電信網路伺服器。圖 3-6 所示為現階段經濟部所規劃水文資訊傳輸流程示意圖，所有分布各地、各機關相關水文觀測資料透過「整合性水文資料庫服務系統」整合後，透過經濟部水資源局水資源資料中心連上全球資訊網，並可與交通部中央氣象局蒐集資料記錄互為整合運用。圖 3-7 所示為經濟部水利處現階段水位流量資料處理流程圖，顯示系統最底層入口為各河川局時水位、日水位、實測流量、含砂量實測資料輸入系統；最上層則為懸浮載實測成果及逕流量相關結果資料。



(資料來源：許盈松，1999)

圖 3-5 自動化河川流量及泥砂觀測系統架構示意圖

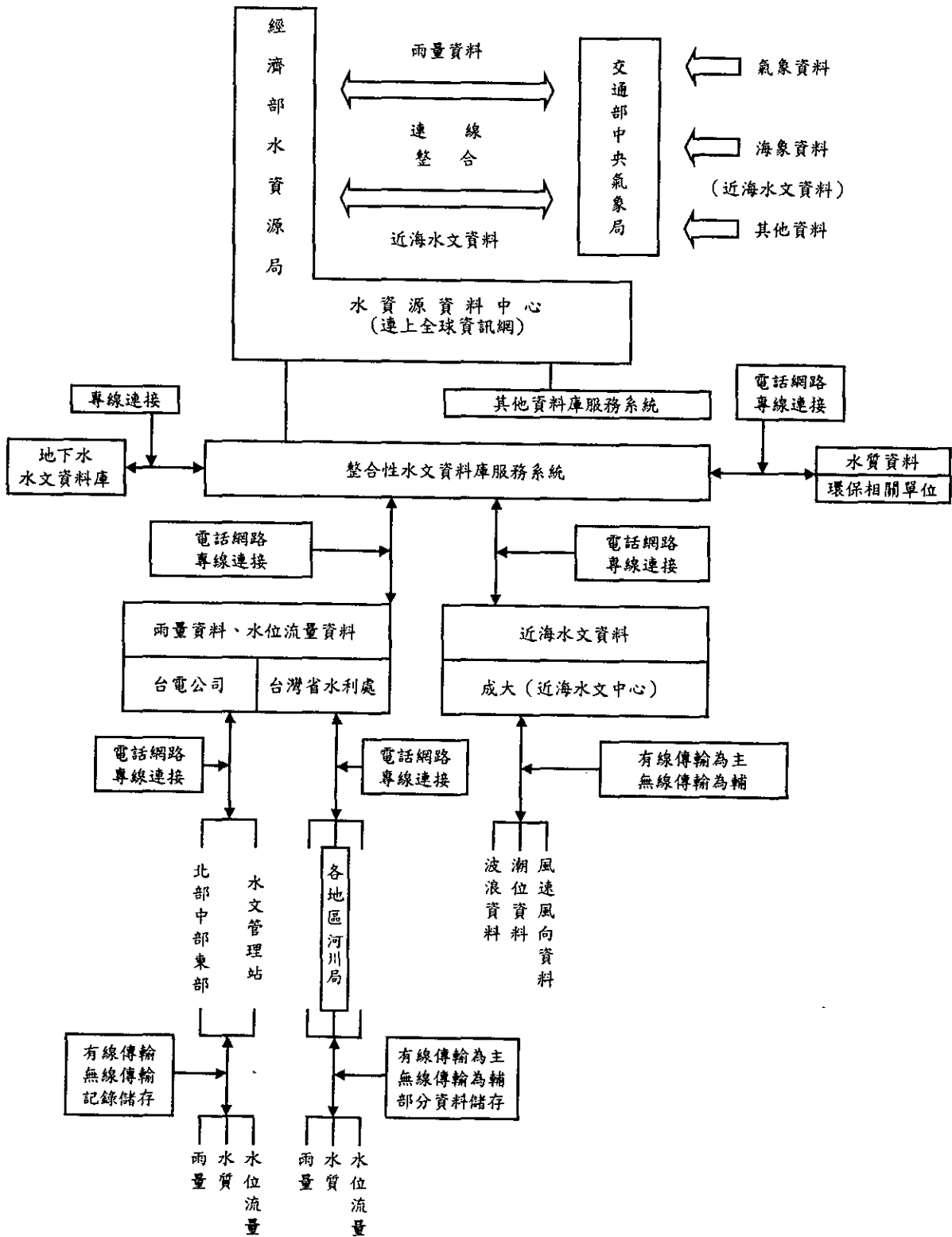
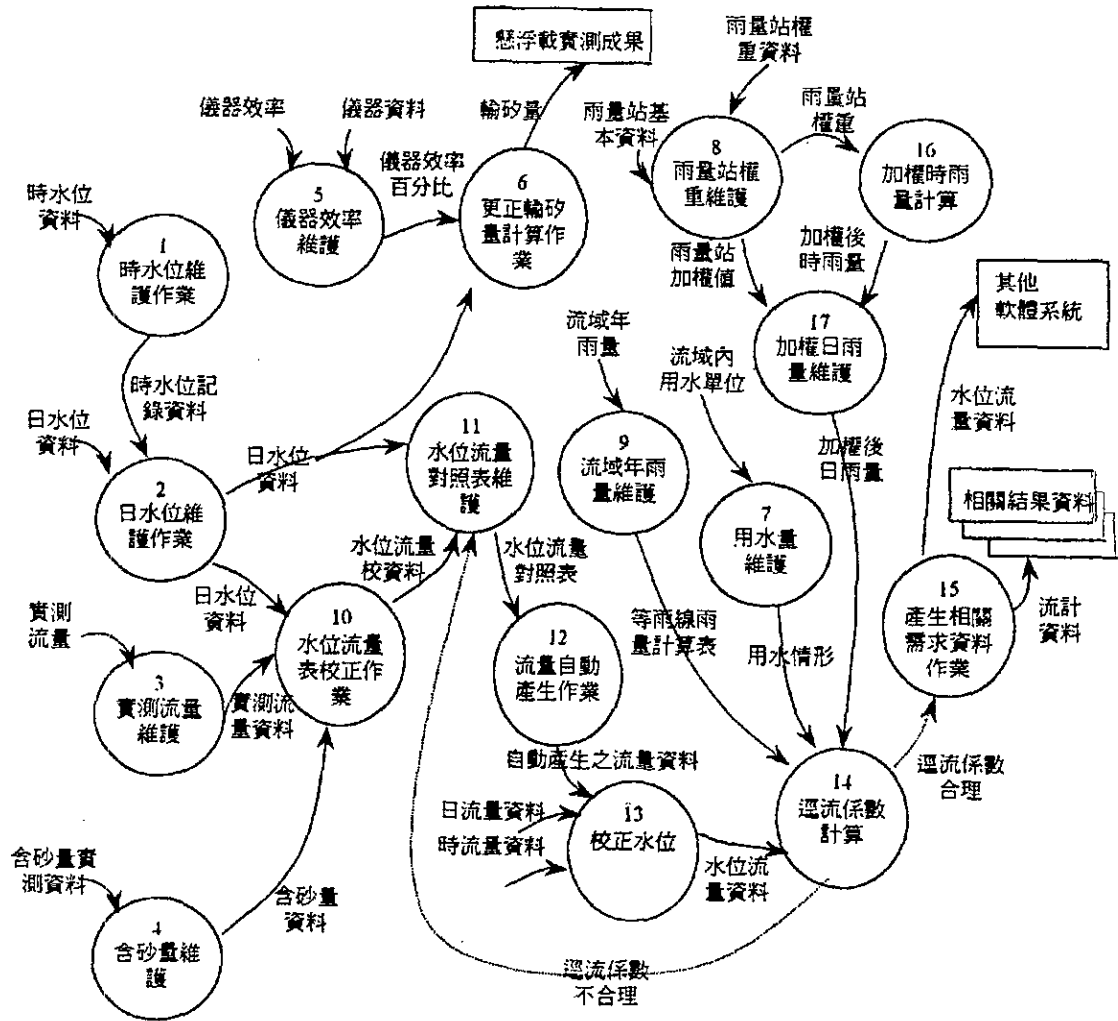


圖 3-6 水文資訊傳輸流程(資料來源：經濟部水資源局，1997)河川局



Question: 日、雨量及時雨量來源

圖 3-7 經濟部水利處現階段水位流量資料處理流程圖

3.5 浮標流速計觀測技術

浮標大致可分為表面浮標、雙浮標及浮桿等三種。雙浮標之水中浮標深度要在水深之 0.6 D 處，浮桿浮標下懸重物，兩者均是測量水流之平均流速之用。除製作及使用前之準備工作比較麻煩，另外因為洪水時水深變化不定，使用此二種浮標時，要隨時測量水深，並依當時之水深調整浮標長度。洪水測驗要掌握洪峰到達時效，使用時太耗費時間就不是適宜浮標，且台灣的河槽多數不規則，上下斷面水深可能相差甚大，浮標流程中

亦有可能受浮洲之阻擋，因此雙浮標及桿狀浮標在台灣之河川並不適用。

表面浮標使用上很方便，製作簡單，取材也容易，但其所測到之流速僅能代表表面流速。惟當洪水流速尚可使用流速儀時，浮標與流速儀相互配合，以求取浮標之流速更正係數，經多次之施測後可求出該測站浮標更正係數，往後就可以採用來計算全深平均流速之依據。但於颱風時期惡劣天候情況，浮標流速計之操作、觀測實有極大困難。

3.6 旋槳式流速計觀測技術

本型式的流速儀有一組可旋轉的葉片，受水流沖擊後，葉片旋轉與水流流速有著固定的關係，這種關係需經率定。設法測定葉片的轉數，即可求得所測流速。旋槳的形式可有多種；可用於天然河道，也可用於試驗室內。根據測定轉數的方式，可將旋槳式流速儀分為電阻式、電感式、光電式三種。

一、電阻式

如圖 3-8 所示，在支欄的內側嵌鑲兩個鉑金電極。支欄入水後，兩個電極間便形成一個水電阻。當旋槳加寬的側邊處於位置(a)時，遮擋了兩個電場，此時電極間的水電阻值最大；當處於位置(b)時，水電阻值最小。因此，旋槳每旋轉一周便產生兩次水電阻值的變化，然後通過橋路輸出脈衝訊號，送入計數器進行計數。

電阻式傳感器的優點是結構比較簡單，易於實現。但其阻值大小受水溫、水質、電極大小、氧化程度、遮蓋體大小、間隙距離等因素影響，如果不在電路設計上進行解決，其精確度與靈敏性均較難保證。

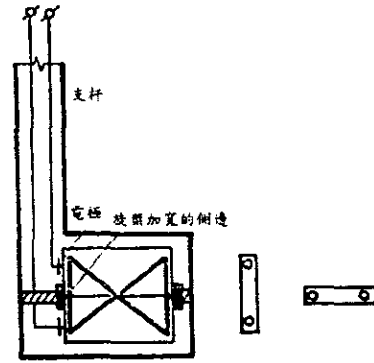


圖 3-8 電阻式傳感器構造簡圖

二、電感式

如圖 3-9 所示，在支桿下端嵌入一個直徑為 3 mm 的線圈(10 m，3,000 匝)，旋槳的葉片中各嵌入直徑為 1 mm、長度為 5 mm 的永久磁鐵。這樣，當旋槳每旋轉一次，便有與葉片數相同的電感脈衝輸出，將其計數即可求得流速的大小。由於輸出的脈衝具有極性，故可反映旋槳的旋轉方向，因之可判別流速的方向。

電感式傳感器不受水溫、水質的影響，但支桿中的線圈加工與葉片中永久磁鐵的嵌鑲都要求較高的工藝，支桿頂端與旋槳邊緣的間隙要求嚴格保持 0.2 mm，這些都比較困難，其輸出訊號強度只有毫伏級，亦使其易於使用時遭磨損撞擊毀壞。

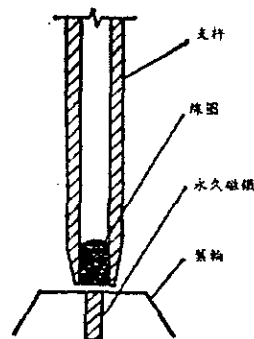


圖 3-9 電感式傳感器構造簡圖

三、光電式

光電式傳感器輸出訊號較強，工作可靠，不受水溫、水質影響，使用方便，能應用通用計數器進行計數，故配套容易。但與電阻式比較，結構複雜；與電感式比較，則不能辨別流向。

導光纖維光電式傳感器的結構如圖 3-10 所示。其工作原理為：在旋槳葉片邊緣上貼一片極薄的反光鏡片，當旋槳旋轉經過支桿下端時，鏡片就將電珠發出經導光纖維傳送到支桿實部的光線反射一次，此反射光經另一組導光纖維至光敏三級管，三級管接收光訊號後後轉換成電脈衝訊號，再送至計數器進行計數；電珠與光敏管都安裝在支桿尾端。支桿前端的傳感部分就可以製造得很細小，這無論對減小水流的干擾或保持運轉旋槳的均衡性、對稱性、以及加工與檢修的便利性都有著極大的優越性。

國內外常用旋槳或旋杯式流速儀根據旋轉軸運行之方向可分為垂直或水平式兩類。垂直運轉者可藉著旋杯(Cups)或葉片(Vanes)操作；水平軸旋轉者則靠螺旋(Screw)或螺槳(Propellor)為之。流速儀之基本原理，為使其

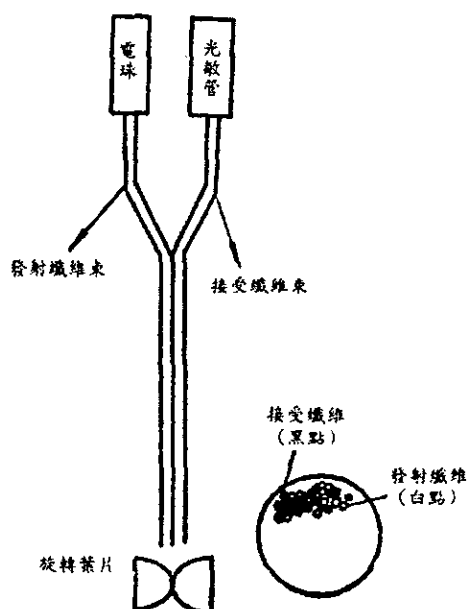


圖 3-10 導光纖維光電式傳感器構造簡圖

承軸受水流沖擊而轉動，水流速大則轉動快，反之則否。由定時間之轉動次數，依下列公式，轉換為流速：

$$V = a + bN \quad (3-18)$$

式中， V =流速，公尺／秒；

N =轉動次數，轉數／秒；

a =流速儀克服其機械摩擦所需之初速；及

b =常數，每部流速儀皆可於檢定河槽內檢定該兩常數之大小。

垂直式流速儀，由水流衝擊圍繞一垂直承軸轉動之六小杯，小杯旋轉一次與軸旁一突出金屬碰觸一次，連接耳機可聽得轉動一次發出一音響，吾人可測定某時間內之轉速，則可測定 N ，再代入式(3-18)即可求出流速。垂直式之小杯易被沖壞且轉動較易，適用於較清淨，流速較慢之河流，其中常用之普萊氏型最大測速為 4 公尺／秒。此一型式流速儀為台灣水利單位所普遍應用，儀器操作簡易，但施測過程需仰賴人工作業判定。因其以人工聽讀流速儀轉動聲響次數判定流速，測量反應時間長，誤差稍大亦獲得具代表性平均流速值；雖型式簡易、價廉，但並不適於高流量、高含砂河流情況。水平流速儀，如螺槳式，具推進槳傳達流速，其構造較堅固，如河床滿佈亂石形成漩渦或迴流、含砂量大、高低流速相差大之河川宜用之。其流速最大可測至 6 公尺／秒。台灣水利單位使用並不普遍。

3.7 靶式流速計觀測技術

利用測量流體動壓和流體繞流前後差壓聯合作用，而測量流量的流速計是靶式流速計。它是通過測量流體對一個放在流體中的靶上的作用力來測量流體的流速和流量的，亦可稱為測力計或拖式流速計。測力計為將河川流速之動量轉化為變形或應力，並檢定求得流速與變形、應力之關係。由水工試驗室研究出之水尺搖擺(Hydrometric Pendulum)，可用於測定極為

紊亂之河川流速。

3.8 超音波流速計觀測技術

當超音波在流體中傳播時，會載帶流體流速的資訊。因此，根據對接收到的超音波信號進行分析計算，可以檢測到流體的流速，進而可以得到流量值。超音波流量測量方法有很多，在本節中，主要介紹傳播速度差方法和杜普勒方法的基本原理與量測過程。

近年來，超音波流量測量技術發展很快，並在各種實際工業測量中得到了廣泛應用。它具有不接觸被測介質等優點，尤其是在大管徑流量測量和污水流量測量方面，其優越性更為明顯。

超音波流速計由超音波換能器，電子線路和流速顯示與累積系統三部分組成。超音波換能器是採用鋁鈦酸鉛材料製成的壓電元件，它利用壓電材料的壓電效應，採用適當的發射電路，把電能加到發射換能器的壓電元件上，使其產生超音波振動。超音波以某一角度射入流體中，然後由接收換能器接收，經由壓電元件轉變成電信號，送入電子線路。超音波流速計的電子線路包括發射、接收、放大和信號處理線路。它將接收換能器收到的超音波信號轉換成代表流速的電信號，送入顯示與累積系統。

一、傳播速度差法的原理

傳播速度差法的基本原理為測量超音波脈衝在順流傳播過程中的速度之差來得到被測流體的流速，根據測量的物理量的不同，可以分為時差法(測量順、逆流傳播時由於超音波傳播速度不同而引起的時間差)、相差法(測量超音波在順、逆流中傳播的相位差)、頻差法(測量順、逆流情況下超音波脈衝的循環頻率差)。頻差法是目前常用的測量方法，它是在前兩種測量方法的基礎上發展起來的。

二、超音波杜普勒流速計測量原理

超音波杜普勒流速計的測量原理是以物理學中的杜普勒效應為基礎的。根據聲學杜普勒效應，當聲源和觀察者之間有相對運動時，觀察者所感受到的聲頻率將不同於聲源所發出的頻率，這個因相對運動而產生的頻率變化與兩物體的相對速度成正比。

在超音波杜普勒流速測量方法中，超音波發射器為一固定聲源，隨流體一起運動的固體顆粒起了與聲源有相對運動的“觀察者”的作用，當然它僅僅是把入射到固體顆粒上的超音波反射回接收器。發射音波與接收音波之間的頻率差，就是由於流體中固體顆粒運動而產生的音波杜普勒頻移。由於這個頻率差正比於流體流速，所以測量頻差可以求得流速，進而可以得到流體的流量。

因此，超音波杜普勒流速測量的一個必要的條件，是被測流體介質應是含有一定數量能反射音波的固體粒子或氣泡等的兩相介質。這個工作條件實際上也是它的一大優點，即這種流量測量方法適宜於對兩相流的測量，這是其他流速計難以解決的問題。

3.9 電磁流速計觀測技術

電磁流速計是 60 年代隨著電子技術的發展而迅速發展起來的新型流速測量儀表。它根據法拉第電磁感應定律製成，用來測量導電流體的速度與體積流量。由於其獨特的優點，目前已廣泛地應用於工業上各種導電液體的測量。例如，測量各種酸、鹼、鹽等腐蝕液體；各種易燃，易爆介質；各種工業污水，紙漿，泥漿等。電磁流速計的主要特點是：

- (1) 電磁流速計的變送器結構簡單，沒有可動部件，也沒有任何阻礙流體流動的亂流部件。所以當流體通過時不會引起任何附加的壓力損失，

同時它不會引起諸如磨損，堵塞等問題，特別適用於測量帶有固體顆粒的礦漿，污水等液固兩相流體，以及各種粘性較大的漿液等。同樣，由於它結構上無運動部件，故可通過附上耐腐蝕絕緣包覆和選擇耐腐材料製成電極，有很好的耐腐蝕性能，使之可用於各種腐蝕性介質的測量。

- (2) 電磁流速計是一種體積流量測量儀表，在測量過程中，它不受被測介質的溫度、粘度、密度以及電導率(在一定範圍內)的影響。因此，電磁流速計只需經水標定以後，就可以用來測量其他導電性液體的流速與流量，而不需要附加其他修正。
- (3) 電磁流速計的量測範圍極寬，同一台電磁流速計的量程比可達 1 : 100。此外，電磁流速計只與被測介質的平均流速成正比(係指管流情況)，而與軸對稱分布下的流動狀態(層流或紊流)無關。
- (4) 電磁流速計無機械慣性，反應靈敏，可以測量瞬時脈動流量，而且線性關係良好。因此，可將測量信號直接用轉換器線性地轉換成標準信號輸出，可就地顯示，也可遠距離傳送。

電磁流速計雖具有上述優良特性，但目前它還有一些不足之處，以致在使用上受到一定限制。主要有如下幾點：

- (1) 電磁流速計不能用於測量氣體、蒸氣以及含有大量的氣體的液體。
- (2) 電磁流速計目前還不能用來測量電導率很低的液體介質，被測液體介質的電導率不能低於 10^{-3} (S/cm)，相當於蒸餾水的電導率。
- (3) 由於測量管絕緣包覆材料受溫度的限制，目前工業電磁流速計還不能測量高溫高壓流體。
- (4) 電磁流速計受流速分布影響(係指管流情況)，在軸對稱分布的條件下，流量信號與平均流速成正比。所以，電磁流速計前後也必須有一定長度的前後直管段。

(5) 電磁流速計易受外界電磁干擾的影響。

綜上所述，電磁流速計有其獨特的優點，也有許多不可忽視的不足。對於天然河川的流速觀測，電磁流速計應是適宜的觀測方式。

3.10 差壓式流速觀測技術

差壓式流速測量方法因其具有簡單、可靠、準確、價廉等因素，在工業使用上相當廣泛。而皮托管(Pitot Tube)為差壓式流速測量最典型的實例，茲以皮托管之應用作說明(蘇彥勛等，1991)。皮托管就是一根彎成直角的用來測量流體總壓的小管，如圖3-11 (b) 所示，早在1732年，法國工程師皮托 (H. Pitot) 首次用這樣一根彎管測量了塞納河的流速，不過，皮托當時所用的小管只能測出水流的總壓，必須減去靜壓才能得到流速。德國學者普朗特 (L. Prandtl) 於1905年設計出同時能測量流體總壓和靜壓的複合管，這種複合管稱為皮托-靜壓管，簡稱皮托管，直到現在，人們一般所稱的皮托管均指這種皮托-靜壓管，而不是指當初皮托所用的總壓管。

英國國家物理實驗室對皮托管進行了長期的研究，其研究成果於1943年被定為英國標準，國際標準化組織於1977年又頒布了關於用皮托管測量流量的國際標準ISO3966-77。對皮托管的設計，之所以至今還能廣泛地被人們所重視和採用，是因為它結構簡單，價格低廉，而且只要經過精心設和製造，嚴格標定和修正，在一定的流速範圍內，尚可以獲得較高的測量準確度。

一、皮托管工作原理

要了解皮托管的測速原理，首先應了解皮托管構成組件，目前使用的皮托管是一根雙層結構的彎成直角的金屬小管，如圖3-11 (a) 所示。在皮托管的頭部迎流方向開有一個小孔A，稱總壓孔。在皮托管頭部下游某處

又開有若干小孔B，稱為靜壓孔。皮托管所測得的流速是皮托管頭部頂端所對應位置的那點流速。

當皮托管沒有插入流場時，設某一點的流速為 u ，靜壓為 P ，為了測得該點流速，我們將皮托管頂端的小孔A對準此點，並使皮托管軸線與流向平行。這時，由於插入了皮托管，A點的流速被滯止為零，壓力由原來的靜壓 P 上升到滯止壓力 P_0 （或稱總壓 P_0 ）， P_0 不但包含了流體原來的靜壓力 P ，而且還包含了由流體動能轉化為靜壓力的部分。只要從 P_0 將原來的靜壓 P 減去，就可得到流速值 u 。

根據理想不可壓縮流體的伯努利方程式，對於A點及B點可列出如下關係式：

$$\frac{P_B}{\rho} = \frac{u^2}{2} + \frac{P}{\rho} \tag{3-19}$$

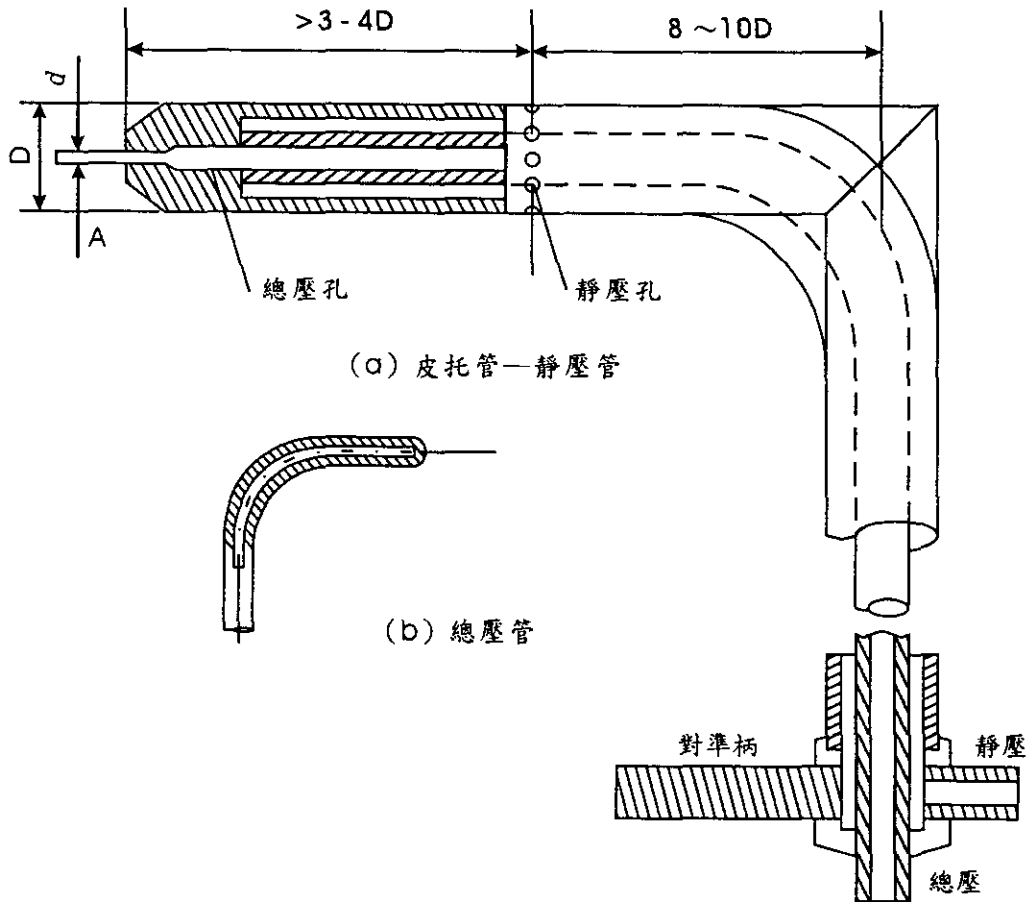


圖3-11 皮托管的結構示意圖

所以

$$u = \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_B - P)} \quad (3-20)$$

這就是皮托管測量流速的理論公式。式中， ρ 為被測流體的密度， $(P_B - P)$ 為總壓和靜壓之差，可用差壓計來測量。

值得注意的是，用皮托管測流速時，靜壓 P 並不是從被測點 A 測到的，而是從下游某處 B 點上測到的。所以，如何保證 B 點的壓力就是該位置不插入皮托管時的壓力 P ，就成了設計皮托管的關鍵。此外，不管對皮托管進行如何精心的設計，總壓孔和靜壓孔位的不一致，流體滯止過程中的能量損失等因素使得皮托管測到的流速 u 與差壓 $(P_B - P)$ 的關係不能完全由式(3-20)確定，而應進行修正。修正後的流速公式為：

$$u = a \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_B - P)} \quad (3-21)$$

式中， a 為皮托管係數，由實驗標定。

二、皮托管的形狀

在考慮皮托管形狀時，目的是希望皮托管係數 a 儘量接近於1。這就要合理地調整皮托管各部分的幾何尺寸，以使總壓和靜壓的測量值儘量接近真值。把皮托管插入流場中測量總壓和靜壓時，由於探針的存在，多少總要擾動原來的流場，改變局部的流動壓力。因此，探針的幾何尺寸應當儘量減小，以使它對流場的擾動最少。

事實上，對於任何尺寸的探針，當流體流過它的前緣時，就要把流束分開，從而改變局部壓力。前緣的影響在幾倍探針直徑的下游還可以感覺到。另一方面，探針支桿的存在引起局部壓力的變化也將擴大到它的上游。如圖3-12所示。探針頭部和支桿的影響是相反的，基於前述認知就可以合理地考量布置靜壓測壓孔的位置。

由圖可知，對於靜壓孔，最佳的幾何關係應是：由前緣到靜壓孔軸線

的距離不小於 3-4 倍探針外徑 D ，由靜壓孔軸線到支桿軸線的距離不小於 8-10 倍探針外徑。靜壓孔的直徑為探針外徑的 $\frac{1}{10} - \frac{3}{10}$ 倍。標準型皮托管基本上按照這些原則設計。若要利用差壓式流速計對天然河川進行觀測，則需考量到水中雜質或泥砂對壓力孔的阻塞破壞。幸賴機械工藝的進展，目前已可利用矽膠物封填壓力孔，可以使得皮托管不致遭泥砂阻塞，又能維持儀器正常運作。

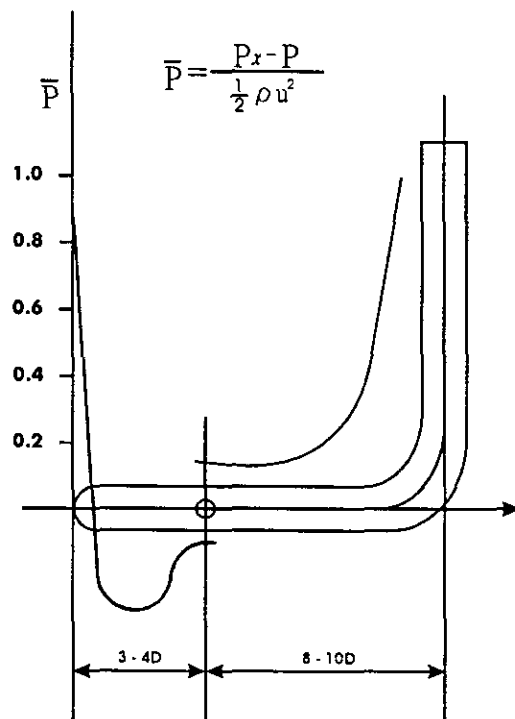


圖 3-12 皮托管對流場的影響

3.11 河川水深觀測技術

目前國內外所使用河川測深工具大致有鉛魚或鉛球、測深桿、聲納測深儀等，茲分述評介其使用情形。

一、鉛魚或鉛球

水利局時期各工程處沿用迄今所使用者多數為 20 磅或 30 磅鉛魚(如照

5 所示)，鉛魚及鉛球可合稱為測深錘，是一種鉛製實心重錘，鉛魚製作如魚形(如照 6 所示)、鉛球如球形，用鋼索連繫以人工或絞盤操作，30 磅以內人工可操作，30 磅以上就需要絞盤。人工作業時重錘以細小鋼索連結，鋼索的長度視水深而定，以高水位之水深為度，再以較粗之棉繩連接以便工作人員握緊。

鉛球為改良式測水深重錘，放入水中時較為穩定，不會因渦流影響左右擺動，如果鉛球設一軸心，上下兩端均置軸承，則鉛球可順水力而轉動，可減少吊索之拉力，使測量水深較容易達成，但這個構想是否實際，尚待進一步試驗。第四工程處對使用鉛球較具信心，認為與同等重量之鉛魚比較，沈降速度快捷，目前均以 30 磅或 20 磅鉛球施測，30 磅鉛球在流速 6 m/s 以下情形下測量 5 m 左右水深，而不發生困難。

鉛球從水面放下落至河底之位移，因水流流速、水深及鉛球重量而異，而其受力之情況如圖 3-13 所示。根據牛頓定律， $F_y = W - F_b = Ma_y$ ，可推求鉛球之水平位移如下：

$$L = V_o \sqrt{\frac{H}{4.47}} - \frac{30.1r}{C_D} \ln \left[\frac{\sqrt{\frac{H}{4.47}}}{\frac{30.1r}{C_D}} + 1 \right] \quad (3-22)$$

式中， L ：水平位移；

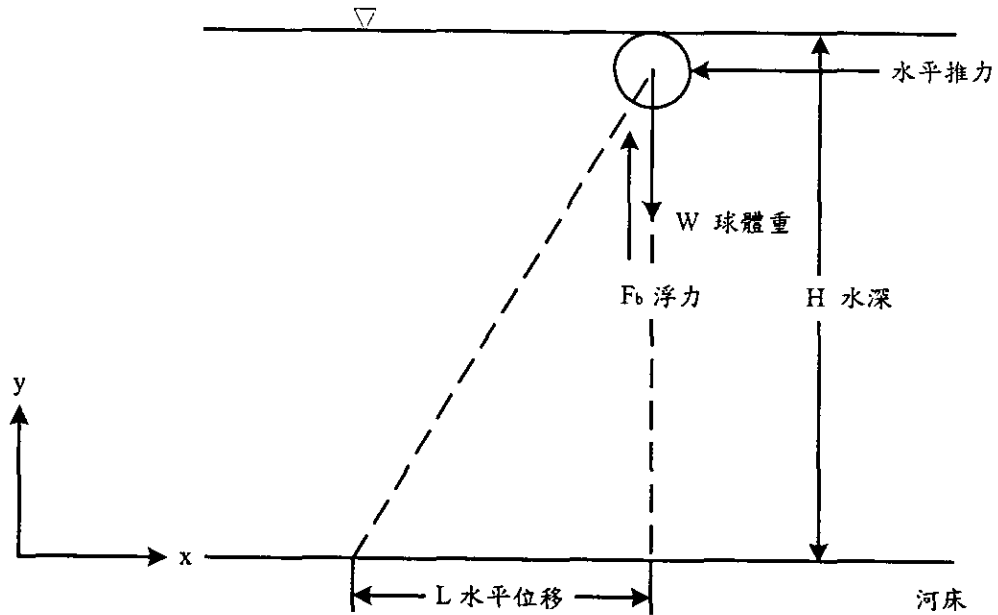
V_o ：水流漸進流速；

H ：水深；

r ：球半徑；及

C_D ：阻抗係數。

設球體雷諾數 $> 3 \times 10^5$ ， $C_D = 0.20$ ，流速 $V_o = 4$ m/s 時，不同鉛球重及不同水深之位移試算如表 3-1 所示。在實際操作時球體下降過程多少受到拉索作用力，因此位移距離，將較計算者為短。



(資料來源：台灣省水利局，1985)

圖 3-13 鉛球下降受力關係圖

表 3-1 位移試算表

鉛球重 (lb)	項目 質量 (kg)	半徑 (cm)	鉛球從水面至河底之位移(m)			
			水深 3 m	水深 4 m	水深 5 m	水深 6 m
30	13.61	6.60	0.44	0.58	0.70	0.83
50	22.68	7.80	0.39	0.50	0.61	0.72
70	31.75	8.75	0.35	0.45	0.57	0.67
100	45.36	9.85	0.33	0.42	0.51	0.60

(資料來源：台灣省水利局，1985)

二、測深桿

有刻度之測深桿為竹製、木製或金屬製，枯水時工作人員可用以涉水直接測量水深。如果在其下端加一固定鉛塊，則可用於測量中低流量之水

深。測深桿使用時，人站在橋上將測深桿拋出，測深桿下端在河底順著水流之推力，往下游移動，當其抵達下測點時迅速拉直並讀記水深，但測深桿不宜太長，因太長時攜帶不方便，測水深操作也有困難，一般長度為 2 公尺。又因重量不足受沖力也大，流速加大於 2.5 m/sec 時就不適用。其優點為測深桿在低流速水中可保持筆直，精確度較好。

三、聲納測深儀

輕便型聲納測深儀可測到 200 m 以內之海、湖沼及河流水深，其主要裝置包括：(1)記錄器，(2)電源裝置，(3)送受波器，(4)舷外管及各種連接電纜，其特點是裝置此種儀器行船水上，可描繪出斷面各點之水深。聲納測深儀中的訊號轉換器在水中以每秒大約 1,500 公尺速度傳送電能脈波(超音波)，在一個範圍角度內向水底發射。當這個超音波在水中碰到任何物體或海底時，有一部分的超音波會反射回來被接收，並又再度被轉換成一個電能訊號，經過一訊號放大器把訊號放大出去，並透過內部的電子計算裝置把其反射時間換算成距離或深度。其儀器使用限制條件為測距精度與超音波水中穿透能力，對於實際觀測環境需詳加評估。

3.12 河川泥砂觀測技術

河川泥砂觀測的目的主要是為研究流域產砂、河道輸砂特性，與在不同水流條件下河道、河口的泥砂沖淤及河床演變，以及與水工構造物有關泥砂問題蒐集資料。河川泥砂觀測儀器通常可以分為懸移質泥砂觀測儀器、推移質泥砂觀測儀器及床砂採樣器等三種不同功能形式。懸移質泥砂觀測儀器可分為兩大類，第一類為取樣器，第二類為現場直接測定儀器。取樣器依採樣方式特性又可分為瞬時式、積時式和累積式三種。瞬時式採樣器結構比較簡單，能在各種水深、流速、含砂量情況下應用，用拉索或

錘擊方式關閉前後蓋板進行取樣。其缺點是所測含砂量係瞬時值，與時均值比較，具有較大偶然誤差。要減小觀測誤差，必須多次重複取樣。積時式採樣器可分為積點式和積深式兩類。積點式是在測點上吸取水樣，測出某一時段內時均含砂量的儀器。積深式懸移質採樣器則是一種沿垂線連續吸取水樣，測取垂線平均含砂量的儀器。累積式取樣儀器是一種通過累積長時段泥砂樣品直接測定測點輸砂率的取樣設備。但就目前國內外相關儀器功能評估，大部分儀器僅適用於水流速度 2.5 m/s 以下之情況，似嫌偏低(中國水利學會，1988)。

推移質測驗方法有直接法和間接法兩類。直接法(即器測法)是利用採樣器或專門設計的機械裝置直接測取推移質的一種方法。間接法則是通過定期的施測水庫、湖泊淤積量，施測砂波尺寸和運行速度，用示蹤劑探測泥砂運動，以及調查床砂的岩性組成等各種途徑推求推移質輸砂率的方法。後一類方法不需要應用專門的推移質採樣器。推移質採樣器應具備的性能是：儀器口門的下緣應能緊貼河床，進口流速應與天然流速一致，採樣器放置於床面後對水流干擾要小，不能在口門附近形成淘刷，儀器取樣效率較高，結構簡單、牢固，便於操作。推移質採樣器種類繁多，歸納起來有網式、壓差式、盤式和槽坑式等四類。其結構特點和適用範圍分析如表 3-2 所示。

表 3-2 推移質採樣器規格、性能及適用範圍

類別	名稱	口門尺寸 (cm)	水力效率 (%)	採樣效率 (%)	使用範圍		說明
					推移質泥砂粒徑 (mm)	流速 (m/s)	
網 籃	瑞士採樣器	寬 50		平均 45	粗粒徑，直到 100 mm 的大卵石		30 年代使用較為廣泛
	YZ-64 軟底網式採樣器	寬 50		約 10(天然渠道中率定)	中值粒徑小於 50 mm 的中等卵石	<5	軟底，兩側及尾部為 10 mm 孔徑的鐵絲網，在長江上使用多年
	YZ-80 型船用卵石推移質採樣器	寬 50	0.92	55(水槽內用模型儀器率定)	中值粒徑 50 mm	<4.5	軟底，網孔 10 mm，底網用邊長 10 mm 的方形薄銅板製成，是 YZ-64 型的換代儀器
	大卵石推移質採樣器	寬 60		30(水槽內用模型儀器率定)	粒徑較大的卵石	<6	軟底，器頂器側及尾部為 5 mm 孔徑的鐵絲網，鉛塊固定在器頂兩側，在岷江上游使用
盤式	波理亞可夫			不定	砂	低速	取樣效率隨流速和推移質粒徑而昇，蘇聯研製
壓 差	VUV	寬 38 高 12.7	1.09	70	1-100	<3	有大小兩種型號，在歐洲使用
	赫立-史密斯 HS	寬 7.6 高 7.6	1.54	100	0.5-16	<3	在美國使用，推移質粒徑較大的河流，可用口門為 15 cm 寬的採樣器
	TR-2	寬 30.48 高 15.24	1.4		1-100	<3	美國研製，網孔 1 mm，口門面積擴張比較小
	Y-78 型砂推移質採樣器	寬 10 高 10	105	60	小於 10 mm 的砂和礫石	<3	有 Y-781，Y-782 兩種型號，近年來已逐漸使用
	(半壓差式) BM-2 纜道用卵石推移質採樣器	寬 70	≥ 0.9	≥ 30(水槽內用模型儀器率定)	5-500 mm	<5	器身為三面封閉，單向放大的拱式結構，軟底網
槽 坑	美國東議河推移質測槽	橫跨河槽		100	砂和礫石		可連續取樣和自動稱重，適用於小河上用於採樣器率定
	中國江西坑測器	寬 10			砂	<2	固定埋沒於天然河流中，用電測器連續測定坑內砂樣體積

(資料來源：中國大陸，「泥砂手冊」，1988)

第四章 河川水文觀測作業相關課題

4.1 觀測技術系統架構

水文觀測現代化之目標有二：(1)建立完整水文觀測網，取得符合需求之水文資料；(2)提高觀測數據品質，建立實用的水文資料庫。而水文觀測與其他觀測之最大不同在於：(1)觀測儀器大部分在室外，必須直接面臨惡劣自然環境挑戰，而且越是惡劣天候下之數據愈是珍貴，因此儀器必須常年暴露於室外，不像其他觀測，在惡劣天候來臨前可以將儀器收藏保存；(2)水文觀測必須常年持續進行，數據必須具有連續性方有實用價值。基於此，建立完善的儀器檢校制度以確保觀測數據之準確性，建立完善的儀器維修系統以減少儀器故障待修時間，降低資料漏失率是提昇觀測數據品質不可或缺的工作，而這亦是目前水文觀測業務中最需要加強的一環(經濟部水利司，1996)。

故要使得天然河川流量及泥砂觀測技術系統能夠達到「本土化」、「自動化」、「高效能」的理想目標邁進，就必需同時通盤考量台灣目前水文觀測儀器研發與市場現況，以及台灣河川與天候特性等多方面因素，方能研擬出具體可行的系統架構方案。現代化水文觀測儀器之關鍵技術在於儀器系統整合與整體耐環境設計，各品牌儀器之量測原理雖大同小異，然而由於系統整合之方式不同，儀器核心部分往往涉及商業利益並不公開，使得維修技術之建立頗為吃力。由儀器研發掌握關鍵性技術，建立本土自有維修能力，以縮短儀器維修時間，是減少數據漏失率，改善資料庫品質的不二法門。同時將使檢校維修問題迎刃而解。儀器技術分為感應器元件技術及儀器系統整合技術兩大類。前者以材料科學為主，後者則為電子、電腦、資訊與通訊等科技之整合。就市場情況而言，感應器元件之市場供應

充分，除非特殊用途之感應器元件必須自行研發外，一般成品儀器絕大部分均以市售元件為原材料，進行儀器系統整合，一套儀器之元件全部由一個儀器公司生產者絕無僅有。

而台灣全島面積約 36,000 平方公里，而標高 1,000 公尺以上之山區面積即佔全島之 30%，且山脈地質大多屬沉積岩及變質岩，其性質脆弱而易斷裂、風化。由於降雨強度大，又因河川地質脆弱、地震頻繁，極易危害山坡地之穩定度，每遇暴雨山洪挾帶大量砂石沖擊而下，造成下游河床淤積，或洪水氾濫，使得河川治理工作倍加困難。這種流量集中、河道變遷頻繁、河川含砂量極高、水面漂浮物多等現象，使得流量及泥砂觀測難度提高，且觀測儀器遭破壞耗損的機率亦極高。

基於以上多方面的考量，本研究初步擬將本土化天然河川流量及泥砂觀測技術系統架構規劃如圖 4-1 所示，以作為未來實際進行建置的參考藍圖。在流量觀測方面，基於本研究資料蒐集分析及研究背景探討，擬擇定較適合台灣河川特性且感應元件發展成熟後可降低成本、維修容易的電磁式流速計及差壓式流速計，作為流速觀測儀器研發之重點。同時再就流速觀測訊號蒐集、傳輸及處理技術，及其軟、硬體研發建置進行考量。在泥砂觀測技術方面，因為泥砂樣本採集後仍需後送試驗室進行分析處理，故其研發重點在於研發規劃適合於台灣河川推移載自動化觀測設備，以提供水利人員在最小人力需求、運輸條件下，可以單人或少人操作的動力自動化觀測設備。

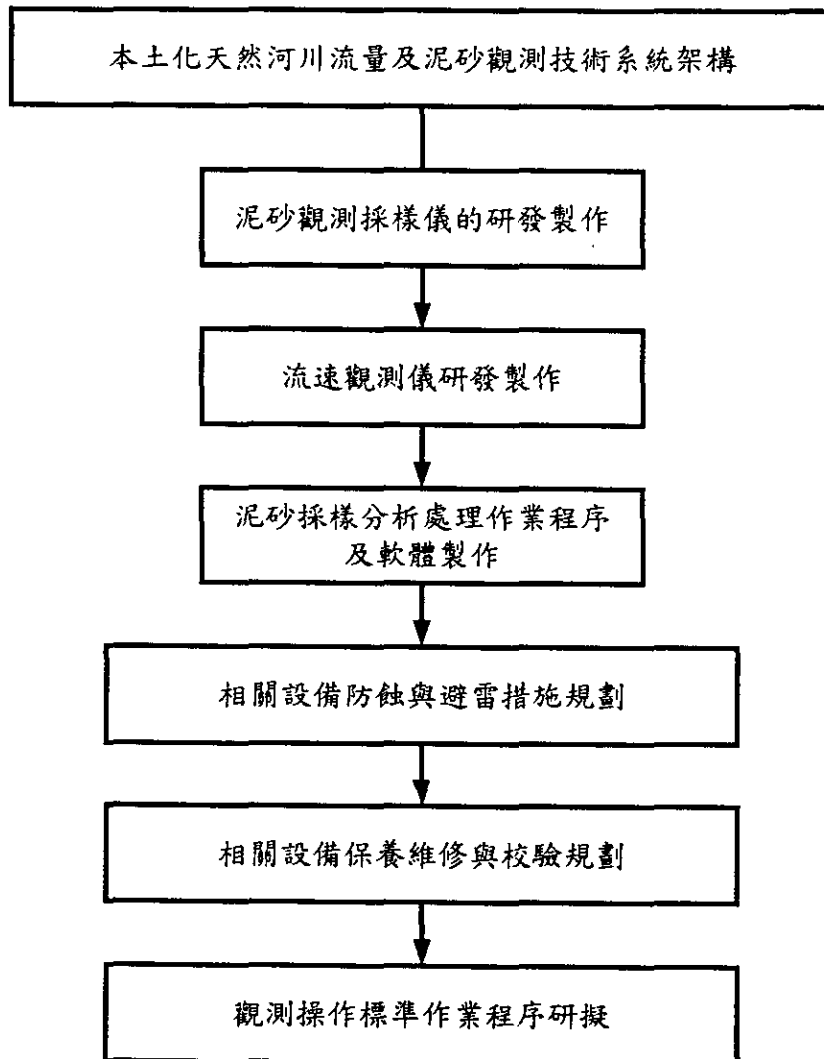


圖 4-1 相關課題探討流程

4.2 觀測儀器的率定校正

一、流速計的精度顯示

流速計之精度或誤差，經常使用的術語為「精度」(Accuracy)、儀表誤差(Instrumental Error)。這是依據各式流速計的結構及其用途(業務處理及工業製程用)行之有年的慣用術語(鄭振東，1992)。

1. 精度

所謂「精度」的定義即為「包含正確程度與精密程度兩者之綜合性的良好程度」。

流速計中廣泛採用的「精度」，廠商明確揭示之最大誤差界限值，亦即「額定精度(Accuracy Rating)」的含意。

此項情況，圖 4-2 說明時，於基準操作條件下，按既定順序測定流速計時，可觀測之特性曲線的最大偏差稱之為「最大誤差」。所謂「額定精度」係較正負最大誤差稍許外側設定為小的適當餘裕度。

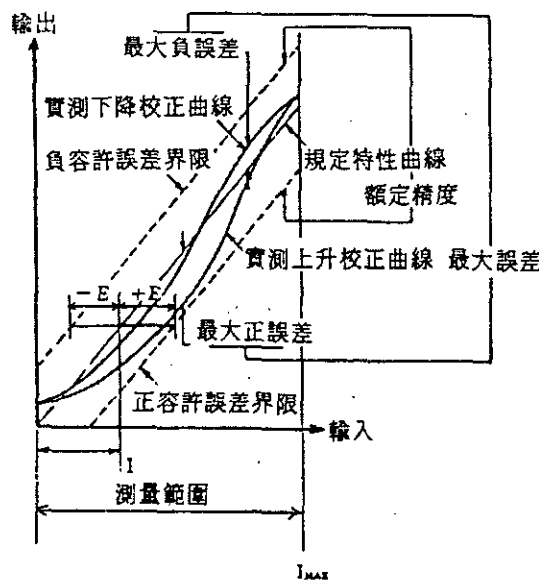


圖 4-2 精度與誤差

表示流速計「精度」的方法有下述兩種，已滿刻度之百分率表示時，可利用圖 4-2 中之下式計算：

$$\frac{\pm E}{I_{\max}} \times (\%) \quad (4-1)$$

通常以「%FS」表示。

又以讀數或指示值百分率表示時，則可以下式計算：

$$\frac{\pm E}{I} \times (\%) \quad (4-2)$$

通常以「讀數的%」、「指示值的%」或「%讀數」表示。

就公式(4-1)及(4-2)兩者比較時，以公式(4-2)較正確，而流速計廠商若採用(4-1)公式時，為不致產生誤解起見，必定加註「%FS」。

2. 儀表誤差

所謂儀表誤差的定義可以下式表示：

$$\text{儀表誤差}(\%) = \frac{(\text{流量計顯示值}) - (\text{真值})}{(\text{流量計顯示值})} \times 100 \quad (4-3)$$

此處所謂「真值」乃指測定之正確值，實用上於校正裝置之指示值內執行校正本身之正確值，並依據測定條件考慮所實施之各種補償之值即可。

二、流速計之校正

校正流速計的目的有：(1)為實現測定的正確程度(指示值與真值兩者毫無誤差)起見需逐一調整。(2)為確定正確測定起見需逐一確定適當之流量點。校正裝置係用以確認真值之用的設備，遍及寬廣的流速範圍，以及既定程度的長時間。為確認真值，需要相當規模的校正設備；其設計及施工、精度維持與管理等莫不需要相當費用。

4.3 河床沖淤變化觀測儀

本研究團隊曾就橋樑沖刷監測及河川測深課題進行研擬(許盈松, 1999-2000)。本研究所初步建議規劃的河床沖刷變化觀測系統, 將利用壓力式探頭以直接方式量測記錄河床高程變化, 進而偵知河床沖刷淤積深度。以往一般最簡單而直觀的重力式沖刷量測方式如圖 4-3 所示, 乃選擇適當量測時機, 直接以長桿或重物連接長索投入水中, 以人為方式探測河床深度。此一方式極為經濟簡單, 但因沖刷現象最大之洪峰時期, 河川流量、流速甚大, 人員安全性、量測誤差度皆可慮, 此法可行性極低。第二種重力式量測方式於河川低水時期定點埋入長鍊鐵球, 回填過程需注意長鍊是否鉛垂於水平面; 待洪流來臨時, 河床質遭沖刷散開, 使得鐵鍊浮露出來, 待退洪時期落淤泥砂將鐵鍊再度埋淤。故洪水過後以人工或機械方式挖除埋淤砂石, 測量鐵鍊露出長度, 即可推得此一場洪水過程中最大沖刷深度。如圖 4-4 所示, 此法極為簡便, 但實際應用時卻有幾點困難: (一) 鍊球埋設深度需大於可能最大沖刷深度, 且每經一場洪水即需挖填一次, 故鍊球埋填與挖除工程量極大; (二) 鍊球埋設深度實際上很難適當估計, 亦恐挖填過深, 影響基礎安全; (三) 此方式難以重複使用, 亦無法得知河床在洪流過程中之沖淤變化過程。此法優點為簡便、堅固耐用, 但實際則因挖填作業工程費用過大, 反而較不經濟。

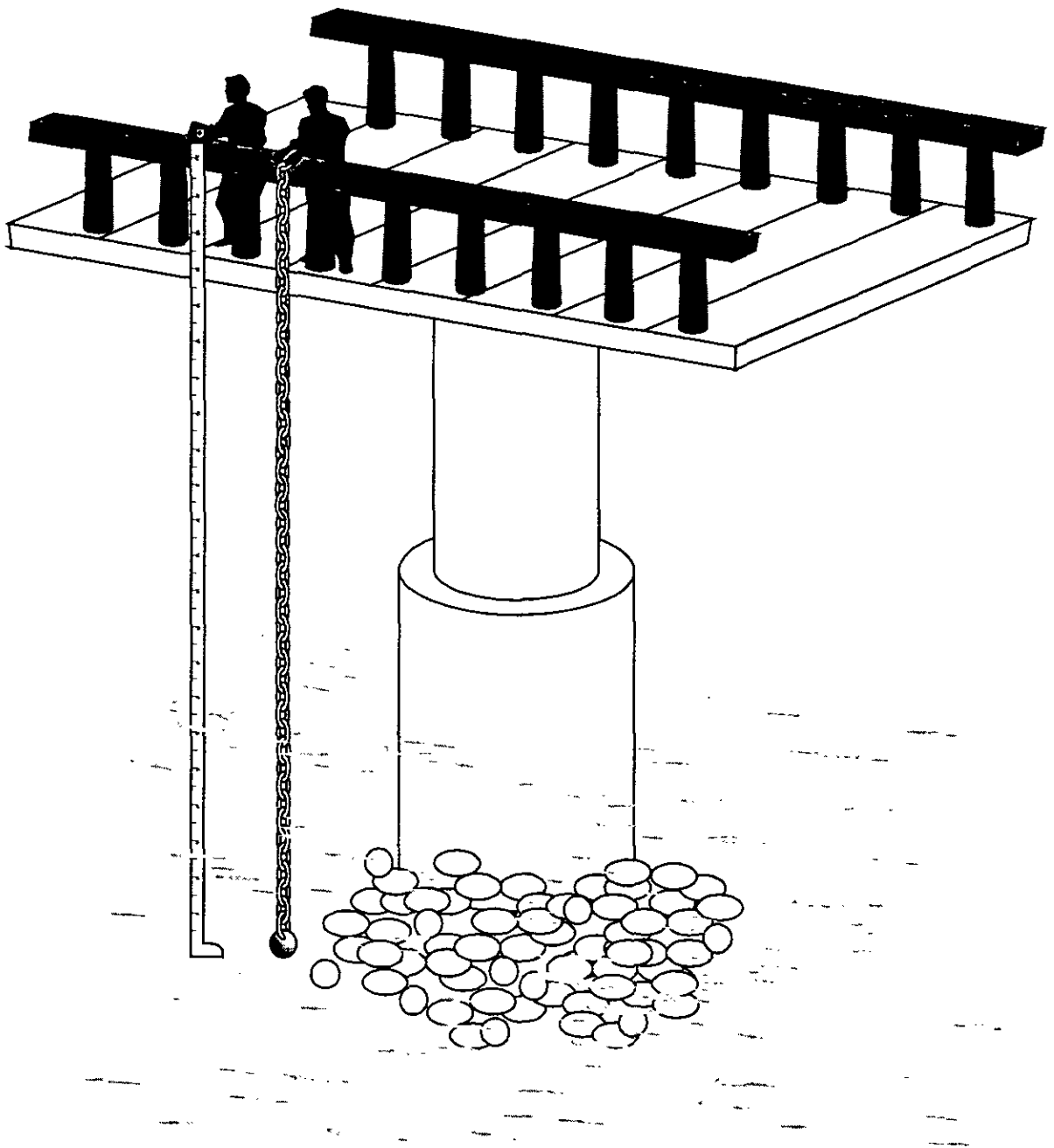


圖 4-3 河床沖淤變化觀測儀構想示意圖

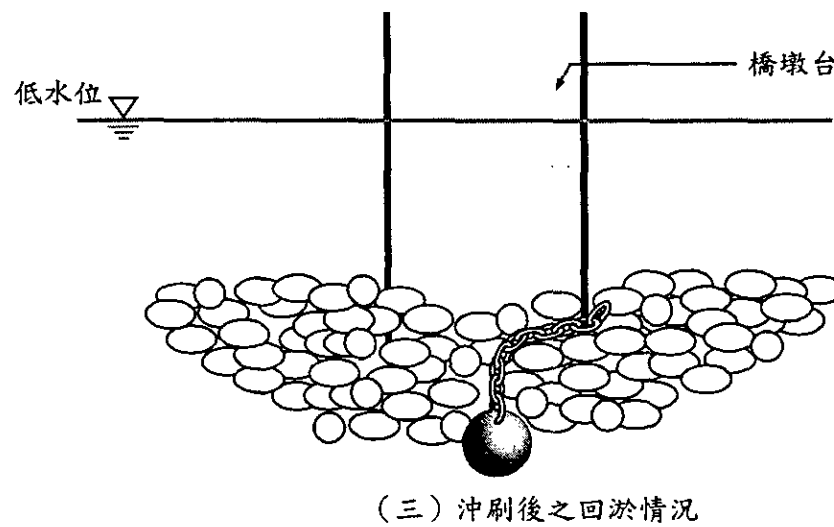
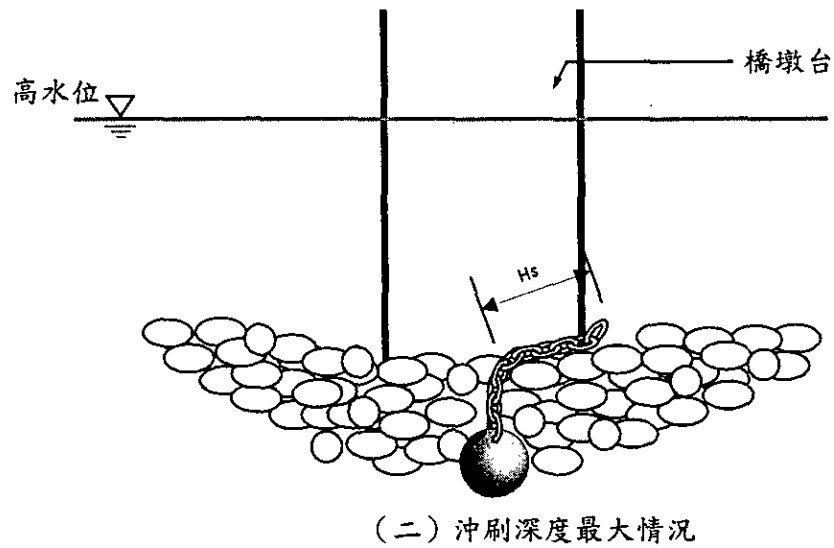
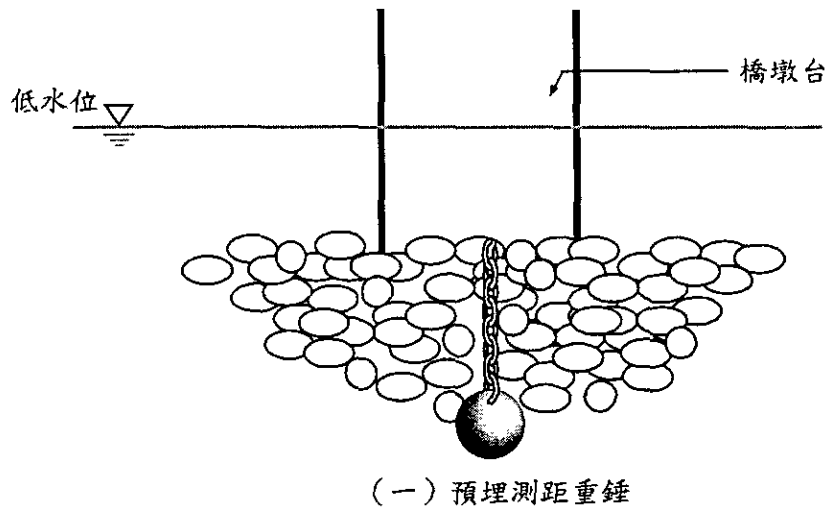
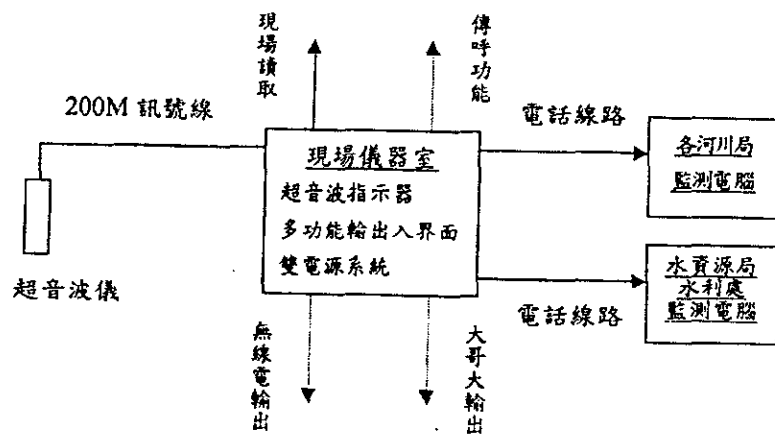


圖 4-4 傳統重力式沖刷量測構想示意圖

4.4 傳輸系統架構

河川水文觀測資料的訊號蒐集、傳輸及處理技術的研發成果，攸關觀測資料能否符合自動化、即時化、資訊化的目標。其具體的技術關鍵本研究團隊曾有橋樑監測預警系統規劃建置研究實際經驗(許盈松，1999-2001)，本研究將基於以往研究成果繼續精進改良，以規劃符合河川水文觀測所需之蒐集、傳輸及處理系統架構。同時考量台灣水利單位現行超音波水位觀測作業標準及需求，建議系統規劃同時亦將具備以下功能(經濟部水利處，1999)。如圖 4-5 所示，包括現場設備及遠端遙測軟體兩大部分。現場設備由超音波儀、超音波指示器、多功能輸出入界面及電源系統等幾個主要設備所組成，所觀測水位資料由多功能輸出入界面控制，可以透過電話線路、無線電、行動電話及資料讀取器幾種方式輸出。遠端遙測軟體可設立於水資源局、水利處及水位流量站所屬河川局，可以透過電話線路傳輸水位資料，即時掌握各河川水位現況，另一主要功能為轉換資料格式使水利處建構中之水文資訊系統能接收本系統的觀測資料。



系統架構示意圖，虛線表示目前僅有功能尚無設備可以使用

圖 4-5 超音波水位觀測系統架構示意圖

4.5 泥砂觀測採樣儀

本研究初步考慮台灣河川泥砂輸移特性及國內外泥砂觀測儀器發展現況，初步擬定以河川砂礫石推移載為觀測標的。同時以美國地質調查所研發使用的赫利-史密斯推移質採樣器為參考。並就台灣河床坡度、河川流速、河床質粒徑、輸砂強度為限制因素，修正發展低阻力、高重量承載特性，適合台灣河川的推移質採樣器。此外，並著手研擬規劃製作抓斗式底床質泥砂採樣器，以應用於中低流速條件下之底床泥砂採樣。

4.6 資料處理分析軟體規劃

考量台灣水利單位河川流量、泥砂觀測資料處理分析現況及未來業務發展需求，本研究將考量即時觀測、定時測報、警戒測報、被動讀取等方式需求，規劃一相容性較高的視窗軟體，提供作為第二年研究中軟體整合工作之基礎。初步規劃軟體應具備以下功能：

(1) 即時觀測

1. 可由電腦透過通訊設備連至觀測系統並讀回觀測站之當時流速值及 AC 是否有電、UPS 內部電池電壓。
2. 現場觀測時，具有顯示流速等功能，並可與電腦連接及透過軟體做各項功能之設定。

(2) 定時測報

1. 指定時段將當時流速傳送至使用單位指定電腦內。
2. 線路壅塞時自動延後重撥，超過 5 分鐘(至少撥 3 次)以上則儲存俟被動讀取。

(3) 警戒測報

1. 水位超過警戒水位，主動通知電腦，並開始密集觀測流速。

2. 電腦端軟體應有警示畫面顯示及音響(電腦喇叭)。
3. Pager 至指定門號，並顯示測站編號及水位、流速。

(4) 被動讀取

1. 可由電腦軟體透過通訊設備和儀器連接，讀取資料記憶設備之資料。
2. 具有全功能設定功能。
3. 清除記憶體或修正設定參數時需具有密碼始得修正。
4. 可記錄連線時間及次數，清除此資料亦需密碼

(5) 資料記憶器內之儲存資料可多次重複讀取(經密碼操作者刪除不在此限)。

4.7 相關設備防蝕及避雷措施

考量台灣地區海島型氣候條件及山區多雷擊特性，相關觀測設備尤須加強防蝕及避雷措施。防蝕方面，除一般防水裝置外；若係海風等可能導致鹽害腐蝕的場地，則應實施抗鹽蝕性塗料的塗裝。並以儀器外箱，防止鹽蝕的損害。至於定點位置的觀測設施應進行接地工程，接地需採用該流速計所指定的接地方式(第3類接地方式)。另河川觀測現地通常為無較高點之寬廣場地，為防止落雷，需透過避雷器接地，以防止儀器遭致毀壞或人員遭電擊意外。

1970年迄今，最普遍的避雷方法—尖針(富蘭克林式避雷針)和水平導體(法拉第籠式)保護或兩者併用已被廣泛採用，這些方法已被發展為「圓錐體保護」或「滾球」。歷經二百餘年的科技進展，避雷技術已臻純熟水準。

一般避雷設備由下列三主要零件所組成：

(一) 空氣端子

空氣端子必須有能力將雷電優先吸引過來，以便保護受保護之建築物內所有可能遭受雷擊之部分，當一寬廣之面積要被保護時，所需之端子可能不止一支。

(二) 下導體

下導體必須將雷電傳送至大地，而且不得發生側向跳火或建築物感電之危險。側向跳火係用以描述雷電離開下導體而跳到附近物體之名詞。多條下導體並聯使用能稍微減少側向跳火之危險，但仍然無法防止建築物之感電，同樣地，使用高壓絕緣的下導體被證實沒有顯著的優點，唯有使用為高壓用途而設計之屏蔽式電纜才是合乎上述要求之實際方法。

(三) 接地

接地系統必須具低的動態阻抗，以便將雷電放電電流發散掉，由於地質之關係，接地效果在不同地方其變異非常大，在某些地區可能只要用接地棒，即可達到有效之接地，而在岩石地帶，則必須採用輻射狀條形接地才能得到最佳之效果。除非某一地區之土壤特性已知道，否則可建議做土壤導電特性之測試，以便決定達到期望的接地所需之成本。

4.8 相關設備保養維修與校驗規劃

河川水文觀測相關設備保養維修與校驗規劃，關乎未來整體系統實際運作時能否正常發揮其原有系統功能，並維持觀測資料的品質恆定良好。經濟部水利處(2000)為研擬規劃雨量計記錄器操作、校核與保養的標準程序，已研訂相關作業要點。顯示相關主管單位已逐漸重視落實相關水文觀測儀器維修與校驗規劃工作。茲暫以電磁式流速計為例，說明其保養、維修及校驗程序。

本節就屬於預防保養的檢查設備、進行作業時所需之校正與調整，與事後保養異常發生時之故障排除，一併加以說明。

(一)檢查設備：電磁流速計宜保持適當之使用時間後，執行下述各項檢查。

1.以外觀及目視檢查：

- (1)變化器內部有無進水。
- (2)電纜地線有無鬆脫。
- (3)O型環有無劣化。

2.歸零檢驗：

流體有無停止及零點有無變動。

3.變換器的檢查：

依據次項(2)執行較正，確定輸出是否正確(4-20 mA、脈衝)。

4.檢出器的檢查：

- (1)電極間之電阻的簡易測試：將檢出器的訊號端子卸下，使檢出器管內充滿溶液，利用三用電錶測試接地端子與各個電極間的電阻值是否屬於廠商所指定的範圍；又兩個電極間是否約略相同。
- (2)激磁線圈之絕緣測試：卸下檢出器的激磁端子，利用絕緣表檢查接地端子與一端之激磁端子間之絕緣性能。
- (3)電極絕緣測試：卸下檢出器之訊號端子，將流體放出使管路內流空並保持其內部的乾燥。利用絕緣表量測接地端子與各電極間之電阻。
- (4)內襯黏附物：將檢出器自管路上卸下，檢查內襯上黏附之液體內的異物。

(二)變換器之校正：欲執行變換器的校正時，一般係使用模擬訊號發生器(可稱之為校正器)；此項校正器屬於可產生模擬流速訊號的輔助設備，各個廠商均有產品推出。茲就其校正方法列示如下：

1.校正器與變換器兩者之間的配線。

2. 按間距(Span)/零點之(Zero)選擇鍵，向變換器傳送與 0%、100% 相當的模擬訊號。
3. 檢查變換器輸出(4-20 mA 及脈沖)之值是否正確，若有誤差即應調整。

(三)故障檢修：電磁流速計一旦無法正常操作，即可依圖 4-6 所示的流程探索原因。

(四)異常狀態的範例。

1. 液體的導電率過低。

現象：無輸出產生或晃動過大。

處置：測定流體的導電率若低於規格時，於流速計的上游部位採取導電率改善的處置，或改用其他方式之流速計。

2. 電極上黏附有絕緣物

現象：誤差較大或無法測定。

處置：輕拭電極表面，或採用快速之流速以防止黏附物或沉積物的產生。

3. 檢出器端子台之絕緣劣化

現象：誤差較大或無法測定。

處置：重新檢查電纜引出口填料有無不當，或電纜與填料是否符合，以及有無未確實固定之處。

4. 測量範圍(Range)設定錯誤

現象：流速誤差較大。

處置：視實際流況，修改所設定的測量範圍。

5. 依量測現況、環境條件，定期校驗感應元件。

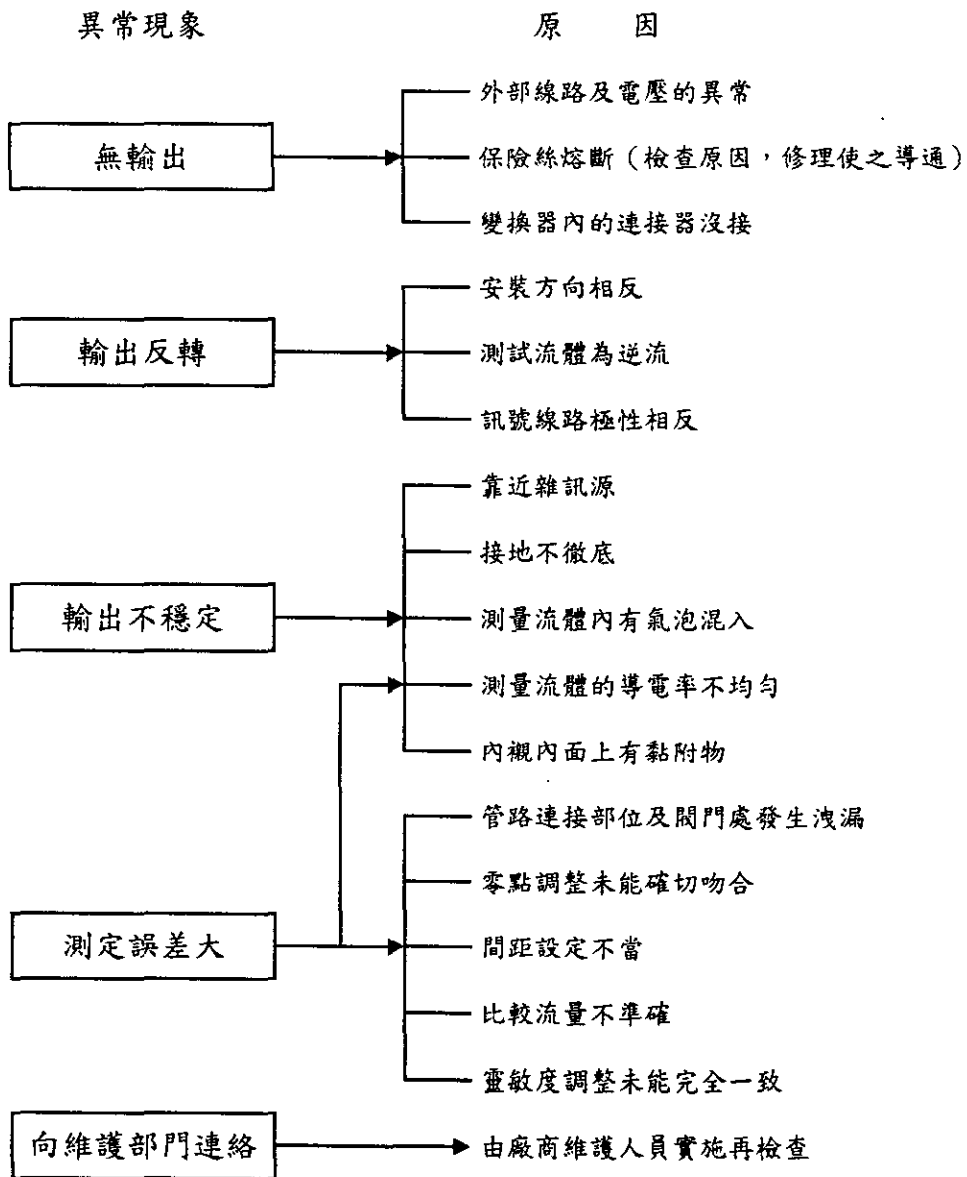


圖 4-6 故障排除流程

第五章 河川流量觀測作業

5.1 觀測作業內容

河道的流量是指在單位時間內通過某斷面流通的水量。計算的單位，視流量大小和計算便利選用；每秒立方公尺（立方公尺／秒），每分鐘立方公尺（立方公尺／分），每小時立方公尺（立方公尺／小時），或每日立方公尺。流量可直接量容積，或由容積換算流量。大流量如天然河道中適用斷面積流速法。測量水面坡降根據理論計算斷面平均流速，再計算水路的控制斷面處之流量，或利用水工建築物（或變化規則）固定的斷面，也可間接計算流量。利用化學溶劑如食鹽，由濃度變化也可推算流量(台灣省水利局，1982)。

流量站的位置與觀測的方法有關，亦能直接影響所測結果之準確，故選站時須十分謹慎。實務工作上採用的條件如下：

1. 河道平直的地段比較規則，直線長度至少在河寬3倍以上。
2. 河床穩定常沖刷變化少，也就是兩岸固定斷面內流速均勻。
3. 不受迴水影響的河段：測站要選擇在控制斷面的稍上游，潮汐到達以上地點，或支流合流點下游。水庫的上下游和重要調整池下游也都需要設站。
4. 交通便利，觀測容易。
5. 在河流的控制斷面上觀測流量是很便利，控制斷面處的水位與流量關係較顯著。
6. 便利洪水流量測驗，利用跨河橋樑，亦是理想之設施地點。

測站選定後，通常須要施設下列設備：

1. 裝設自記水位計或水標尺：重要的測站須有自記水位計，用以記錄

水位的時間過程，確實掌握水位的變化。普通水位站，則只裝設水標尺，定時觀測水位之變化。

2. 設置測流吊箱：在無橋樑可利用之測站，應設置懸索吊箱，以測定水深，流速及懸移質採樣等。
3. 埋設大斷面固定槽：標準的測站，較完整考量應具備一系列五處斷面；中斷面為使用流速儀，較近的上下斷面為施設浮標測量流速，最外的上下斷面為觀測水面坡降。斷面位置經選定後，應在河流兩岸分別埋設固定樁。
4. 設立比降水尺：觀測各級水位之水面坡降。
5. 中斷面及測浮標二斷面均應設置斷面距離線，作為測量流速與斷面之根據。
6. 測站附近100公尺內，至少應設永久水準點一個，參考用水準點二個，自附近水準網接測高程，每年校正一次。

流速測定，通常使用流速儀或浮標測速，茲以旋杯式流速儀及浮標測速作業為例作說明。

(一) 旋杯式流速儀觀測作業

流速儀依轉動方向，可分為水平軸（旋葉式）流速儀及垂直軸（旋杯式）流速儀二種。旋葉式構造較為堅固，但靈敏度稍差，適用於流速快、含砂量大之河川。旋杯式構造輕而堅固，靈敏度又高，為流速測量之標準儀器。流速儀旋杯的旋轉速度，與水流速度成正比例，其相關係數經過試驗室率定求出。測量時，旋杯的旋轉數經過一組電線、電池傳到一套發音器，由音量數計出；使用碼錶記下所經過的時間，再根據檢定公式求出水流速度。通常用流速儀測定流速，多用下述方法。

1. 一點法：水深小於0.3公尺時，測水面下0.6水深之流速，作為垂線平均流速。

2. 二點法：水深大於0.3公尺（若以鉛魚代替測深桿，水深須0.75公尺以上方用此法），測水面下0.2及0.8水深之流速，取算術平均值。
3. 三點法：水深大於2.0公尺時，測水面下0.2、0.6、0.8水深之流速，用下式計算垂線平均流速。

$$V = \frac{1}{4}(V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8}) \quad (5-1)$$

使用流速儀測定（斷面）流量，一般規定如下：

1. 測每點流速的時間，規定須經歷40秒至70秒間，並至少應讀轉數20次以上。
2. 將全斷面劃分10~20個部分斷面，規定通過部分斷面內流量，應佔全斷面流量的5%。斷面之劃分，一般以河床平整、水深淺、流速低時，劃分寬度較大。若斷面高低不平，速度變化不規則，就須增加部分斷面。
3. 測量時，由左岸測至右岸，並量出測點在斷面上的位置，與測點所在之深度。
4. 將流速儀吊放在預知位置，就經由耳機響開始計數旋轉數時，按動碼錶，在時間超過40秒，而轉數適當時，停止錶針，記下轉數和所經過時間。
5. 若水流將懸索沖成弧形，應記下垂直及水流方向之水平角，在計算垂線深度時，應先作水平角校正，然後將懸索校正為垂直深度。
6. 務必使水中流速儀旋杯中心成平面，平行水流方向，則旋杯承受水流完全。風力往往影響流速，特別是水面下0.2水深處，在大風中不易把持流速儀在適當的方位。
7. 流速儀的構造，使用養護方法必須熟知。電池、電線、碼錶也要經常注意檢查，隨時保持良好的狀態。

(二)浮標測速作業

浮標分水面浮標和深水浮標兩種，水面浮標是用來測表面流速或水面下最大流速（水面下約30公分或0.2水深）；深水浮標是測浮標下端的水深以上，到水面間垂線上的平均流速。應用水面浮標測量流速，僅限於流速儀不適用時才採用。夜間測量的浮標應有照明設備。浮標測流速要有上、中、下三斷面。上下斷面距離至少應比水面寬1.5倍為大，中斷面居中而且要選平直河段。

以浮標測量流速，須先在中斷面附近岸邊定點架設經緯儀、平板儀或六分儀，用量角法或交點法測定浮標經過上下斷面之位置。測量人員包括：於浮標一人，上斷面一人，下斷面一人，中斷面觀測儀器一人，由中斷面的人握停止錶並記錄，在上斷面上游相當距離處放下浮標，鳴笛舉旗，使岸上工作人員注意，俟浮標通過上斷面線時，立於上斷面觀測人員，亦鳴笛舉旗，定點測量員測定浮標在上斷面位置 α 角，同時按動停止錶，待浮標通過下斷面時，立於下斷面觀測人員，鳴笛舉旗，定點測量員再測 β 角。得知浮標在下斷面位置，關停止錶，以上下斷面間距離，除以停止錶所指示的時間，所得的商數，便是浮標經過中斷面之表面流速，再乘以換算係數，即得垂線之平均流速。

實際上發生洪水，斷面測量不易，而且用經緯儀等在岸上測定浮標之行徑位置，也常因風、雨及浪之影響，不易瞄定。故一般利用浮標測量洪水流量時，大都利用橋樑為上斷面，並在橋面之下游兩側，繪製距離線。另在橋樑下游適當地點，設置下斷面及設距離線。測量時，儘量把浮標往橋樑上游遠處拋擲，當浮標經過橋樑下時，記其位置及時間，浮標仍繼續流至下游，當其與下游斷面相交時，立於下斷面之觀測員，立即鳴笛舉旗，位於橋上之測量員，可就下斷面之距離線，定出浮標之位置及所經過的時間。至於斷面水深之測量，則利用測深錘在橋上吊測。如流速較大，

可在岸上豎樁架設輔助索，便利測深錘之收放，和維持測線的垂直。由浮標所測定之表面流速，乘換算係數，求得垂線平均流速，再與相對應之斷面積相乘，即得洪水流量。

5.2 觀測施測方式

各項河川水文觀測項目之施測方式依天候條件及環境限制而異，國內外通見施測方式有涉水施測、纜箱施測、橋面施測及船中施測等四種，茲介紹如下：

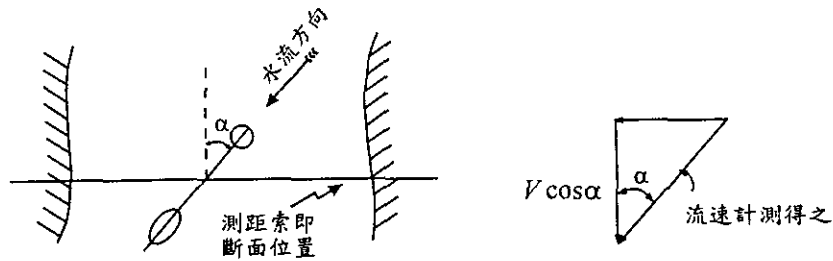
一、涉水施測

此種測法多數在淺水之處，台灣地區春冬二季大部分河流均引用此法施測。惟在涉測前必須選擇一最合適之斷面，河槽均勻，小斷面間之變化甚少。然後張一測距索，使與水流方向成直角，有時因河床及流路不太規則，無法每處均成直角時，則需記下水流方向與測距索(即斷面)所成之角度，以便將流速校正。同時視全斷面河寬，分為合適之等分距離，然後由一岸起測並記載之。

測桿必須在選擇之斷面處保持垂直，先測水深，若水深 30 公分以上時，可用兩點法。即測全深之 0.2、0.8 兩點之流速平均之，作為該區分小斷面之平均流速。若用鉛魚以代替測桿，則水深在 0.75 公尺以上，方能用兩點法。若水深在 30 公分以下，常用一點法，即全深之 0.6。若使用微小流速儀時，雖在甚淺之斷面，仍能用兩點法。

涉測時，施測者站於測距索(斷面)之下游，應離測桿至少 30 公分處以免影響水流，同時注意流速儀之運行及測桿垂直放置。因流速儀與水流方向平行，若未與測距索垂直時，必須記下其角度，角度校正係數應為 $\cos\alpha$ 。因在計算時流速必須與斷面垂直(如圖 5-1 所示)，有時在區分小斷

面近岸邊時，水流不動，可假定其流速為零。

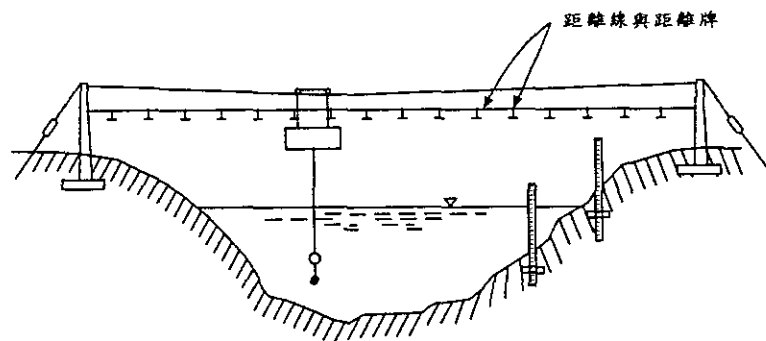


(資料來源：台灣省水利局，1982)

圖 5-1 涉水施測角度校正示意圖

二、纜箱施測

在水深無橋樑之處可架設纜箱，供測流之用。流速儀以手拉吊索懸至河中或以纜箱內裝設捲軸器(或稱捲揚器)，以滑車懸掛鉛魚及流速儀，在吊索上均有記號(公尺、公分)，藉以觀測水深。測點距離則由距離索表牌觀測，以期獲知水深及測點，纜箱有坐、立兩種，滑車起重架則裝於纜箱中間，其左右位置全視操作之方便，(如圖 5-2 所示)。纜箱施測方式對河川上游水文觀測作業，實有其必要性；惟其便利性與安全性方面仍有許多地方值得加以考量改進。

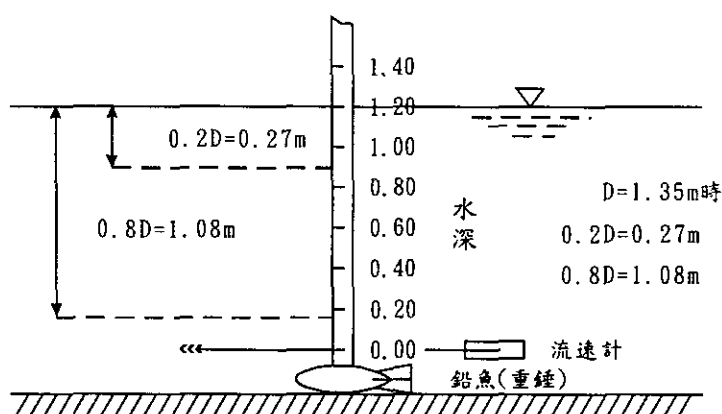


(資料來源：台灣省水利局，1982)

圖 5-2 纜箱施測流速設備圖

用此法測流時，水流方向若不與斷面垂直時，角度校正亦需予考慮，當流速儀下端之鉛魚到達河底時，宜輕輕拉起，若該點河床有不整齊之情形，即取其平均深度。在過稀泥或軟質河床時，鉛魚初著河床即記其深

度，以避免鉛魚沈陷泥中。重錘(鉛魚)底至流速計水平軸之距離必須知道，因在量水深時，須加上此段距離(如圖 5-3 所示)。



(資料來源：台灣省水利局，1982)

圖 5-3 鉛魚與流速計之位置圖

三、橋面施測

利用橋樑施測流量或水深時，應選橋與水流方向約成直角者為宜，同時橋下之河床要規則。利用橋面施測雖然有甚多困難及缺點。但在洪水時，此係一較為可行之測流地點。一般而言，在橋下游施測較上游為佳，因為水流經過橋孔時，多數漸與橋面垂直，同時吊索易量出與斷面線所成之角度，且可減少與橋欄杆相碰。用手拉吊索或移動吊車，在橋面上施測均甚方便，但懸掛重錘超過 30 磅時，以用捲軸器或吊車為宜。若重量超過 100 磅時，須用機器帶動，人手操作已不可能；水平角度校正與前節相同，應隨時為之。

四、船中施測

台灣地區利用小船施測，情形不多，僅淡水河、基隆河或大河流之下游近海口處，用小船橫渡施測。在中上游水深坡緩之處，有偶用竹筏施測者。用船筏施測，難以始終維持船在測水斷面上之位置。故常張一較堅固之鋼索上套滑車，一面與船相連，如此船可滑行在所需之斷面上，索上有距離記號，不必另張測距鋼索。

在船上施測，早期多用手執吊索或測桿(假使水不太深)，或在船筏上裝一橫桿，伸出船頭，儀器一部分裝置其上，用滑車帶動。但在風甚大時，因受波浪上下浮動影響，結果不易正確，在風速超過15哩/小時(24 km/hr)時，不能用此法觀測。近年來，全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)之應用逐漸普遍，亦非常適合研擬應用於船筏施測之定位方法。

5.3 資料整理分析作業

參考整理國內外通見之水文觀測資料整理分析作業內容，茲詳述如下。

一、水位記錄審核

就各河道分別校核水位，將河道上、中、下游三段各水位站同時期之水位繪成縱斷面圖，察看水面坡降是否合理，同時注意下列情形：

1. 凡同一河流，水位高低之差數，上游恒較下游為大。
2. 近海口有潮汐影響河段，愈近海口，水位高低之差數愈大。
3. 水位之漲落，上游常較下游為迅速。
4. 水位與風速、風向有關，風向與流向相反者，能使水位增高；風速愈大，其影響愈甚。
5. 核對自記水位計與普通水位計之記錄，是否相符。
6. 記載水位，是否有降雨而水位未上漲或無降雨而水位陡升之情形。

二、水位校正

1. 不穩定河床之水位校正

不穩定河床之水位與流量之關係，時刻在變化，不能與水位流量換算曲線相符，校正時可先求出實測流量相當之水位，與觀測水位之差，以縱座標代表水位差數，橫座標代表日期，繪成水位改正曲線，則可將此段時

間之水位讀數分別校正之。

2. 流量測量期中水位變化之校正

一般規定施測流量時，水位變化在五公分以上，須作平均水位校正。

三、水位流量資料之記載與整理

(一) 時間水位記載表

河川水位發生激烈變化時，應將整個洪水過程記載於本表。時間水位係由自記記錄紙上之水位曲線，每隔一小時，查讀水位高度，依序填入表內，計算日平均水位的方法有二：

1. 當洪峰發生在“整時”之計算：

設 H 代表日平均水位， $h_0, h_1, h_2 \dots$ 各代表各時0、1、2……等之水位，則：

$$H = \frac{1}{24} \left(\frac{h_0 + h_1}{2} + \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{h_2 + h_3}{2} + \dots + \frac{h_{23} + h_{24}}{2} \right) \quad (5-2)$$

$$= \frac{1}{24} \left(\frac{h_0}{2} + h_1 + h_2 + \dots + \frac{h_{24}}{2} \right)$$

2. 當洪峰發生在“不整時”之計算：

將發生洪峰水位（流量）之時段，先以面積平均法求出平均值(h_n)後，再行計算日平均水位，設洪峰發生在 h_3 與 h_4 之間時：

$$h_n = \left(\frac{a+b}{2} \times 10 + \frac{b+c}{2} \times 50 \right) \times \frac{1}{60}$$

$$H = \frac{1}{24} \left(\frac{h_0}{2} + h_1 + h_2 + \frac{h_3}{2} + h_n + \frac{h_4}{2} + h_5 + \dots + \frac{h_{24}}{2} \right) \quad (5-3)$$

日最高、日最低水位欄，填寫當日發生瞬時最高、最低水位。瞬時最高水位欄，則應填記一次洪水過程中之瞬時最高水位，並記錄發生之年、月、日、時、分。表首之水系、河流、測站及颱風名稱，發生洪水之起迄日期，水尺編號及零點高度等，均應詳細填寫。

(二)水位月報表

水位月報表之記載格式，有普通水位站與自記水位站所用兩種，記錄之整理大同小異。首先須填寫各欄如水系、河流、站名及記載員等。普通站係將定時（6時、12時、18時）觀測之結果，逐時填入表內，而自記水位站是根據自記記錄紙上之水位曲線，每隔一日，查讀瞬時最高、最低水位，一一填入表內。

計算日平均水位，普通水位站是以三次觀測值之平均。自記水位站在枯水期，水位變化不大時，可利用三角板在水位曲線上，上下移動，當A、B兩塊面積相等時，畫一水平直線，即為日平均水位線。洪水期水位變化甚大，日平均水位應從「時間水位記載表」中檢出。

普通水位站之水尺如有改正數值，則應將讀數改正後，方能填入最高、最低及平均水位欄內。統計旬水位，將上、中、下三旬水位合計除以觀測日數為月平均水位。最高、最低水位欄，則填記月內發生之日最高、日最低水位。瞬時最高水位欄應填月內之瞬時最高水位，並記錄發生之日、時、分。

(三)水位流量年表整理

1. 由實測之流量資料求其相對之水位，利用半對數方格紙，水位列為縱座標，流量為橫座標點繪水位流量率定曲線。
2. 若河床穩定，水位與流量之關係亦相聯，則由水位記錄，可自率定曲線推算相當流量。因天然河川斷面經常變化，所以實際之測點不可能全部分布在曲線上，僅能根據測點散布之趨勢，繪製平均率定曲線。
3. 當實測點不在曲線上時，同一水位將有二個流量數值，一為實測值，一為曲線上查得之相對數值。若此二數值之差數百分比超過5%時，該測點之水位應予校正，同時在該測點前後之水位，亦應平均

分配校正之。

4. 校正水位時，流量之差數百分比，以不超過5%為原則，但校正後之水位值，應選擇接近5%之水位值。
5. 根據校正後之水位，可自水位流量率定曲線推算每日之流量，填於水位流量年表。
6. 洪水時之日流量，應從「颱風洪水位流量記載表」中，檢出24小時之平均流量填入表內。

7. 本年統計欄

(1) 平均流量：以該年總逕流量(C.M.S-day)除全年日數。

(2) 逕流量：

① C.M.S-day欄：欄記一年中日流量之總和。

② $10^3 m^3$ 欄：總逕流體積 = $(C.M.S-day \times 86,400 \div 10^3)$

③ mm欄：逕流深度 = $\left(\frac{\text{逕流量}(m^3) \times 10^3}{\text{流域面積} \times 10^3} \right)$

(3) 最大瞬時欄：由數次「颱風洪水位流量記載表」中，比較年內所發生之瞬時最高水位、流量最大值，填入表內，並註明月、日、時、分。

(4) 最高日平均、最低日平均：由水位流量年表檢出日最高、日最低水位流量填入表內及註明發生日期。

8. 歷年統計

(1) 平均流量：以歷年平均流量合計，除以觀測年數。

(2) 逕流量：以歷年逕年量合計，除以觀測年數。

(3) 最大瞬時：檢出歷年最大瞬時水位、流量之最大值，填入表內，並註明其年、月、日、時、分。

(4) 最大日平均欄：檢出歷年最大日平均值，填入表內。

(5) 最小日平均欄：檢出歷年最小日平均值，填入表內。

9.表內其他註明事項，如流域別、溪名、站名、流域面積，水尺零點高度等，均應詳細填寫。

第六章 輸砂量觀測作業

6.1 觀測作業內容

泥砂之輸送一般之分類可按下列二種方式為之，基於泥砂之來源可分為河床質載及沖洗載；基於輸送之動力方式可分河床載及懸移載兩種。測定過程通常著重於河床載及懸移載。當以河相學為重點時，觀測之對象則為河床載及沖洗載。而實際用於泥砂輸送之兩種主要方法為機械採樣及示蹤劑兩種，前者儀器可分為河床載採樣器及懸移載採樣器兩種，後者測定之目的通常在檢定泥砂輸送公式對河川之適用或可靠性。由於測定需在不同條件反覆為之，精度之提高通常甚為費時及費錢。當決定使用某種方法之前，應比較條件相似且會長期研究之河川所採用之方法。本章蒐集整理相關輸砂量觀測內容，茲詳述如次(水資會，1969)。

6.2 河床質觀測作業

河床材料之粒徑分布在利用解析方法(Analytical Method)計算無粘性河床載時為必需之資料。樣品之採集係自河床上直接為之。惟因不同水位曝露出之河床材料之粒徑亦自不同。通常應考慮採取不同水位之平均組合，另橫斷面方向之粒徑分布變化甚大，因之在測定泥砂輸送處之垂直方向亦應加以採樣。儀器及方法之選擇須基於實際之情況而定，如水深過大時不宜以人工採樣。又如於河床材料顆粒較粗時，某些儀器不宜使用，以免開口無法閉合而致較細之顆粒沖失。一般採樣器適用河川流速在1.5 m/sec以下，當流速增加時使用儀器之重量亦應相對增加。

(一)測定之建立

樣品之大小(Sample Size)與粒徑分布之誤差有關，測定時所需之精度

視現場之情形而定。通常河床材料變化不大時，中等精度即可滿足需要。根據過去測定結果之分析， D_{54} 約為 5 mm 時，低等精度之樣品質量約需 0.25 kg，而中等精度則約需 2.5 kg。

(二) 儀器種類

河床質之採樣儀器可分為兩種主要類別：一為拖曳式，另為抓取式或挖取式。拖曳式用於採集泥砂上層 0.05 m 以內之樣品。抓取式或挖取式除垂直自落採樣器 (Free-Fall Vertical Sampler) 採樣深度可超越河床內 1 公尺以上外，此類採樣儀器僅能於 0.05~0.15 公尺間河床上層採集試樣，拖曳吊桶採樣器 (Drag Bucket Sampler) 為最普通之型式，為一帶有可切割緣口之扇斗或圓筒所構成。採樣器由船上放下，利用一拖繩沿河床拖曳以採樣品。為維持施加之拖曳力與水流平行，有時拖繩另連結一較重之圓球。

鏟斗採樣器 (Scoop Sampler) 型式僅可適用於相當淺之河川。包含有一圓管，圓管之一端密封，另一端則切成斜角，一帶有鉸點之蓋板覆蓋於筒之切割緣口，其上則有一彈簧以保持蓋板之閉合。此種型式同樣的以一繩索沿河床拖曳以鏟取樣品。另一種與鏟斗採樣器不同而較為原始者，但仍可相當滿意之採樣器，係一帶有切割緣口之金屬環，其下為一帆布袋。金屬環沿上游方向拖曳以刮取樣品，當採樣器垂直向上吊起時，帆布袋帶有自動閉合之作用，可免樣品自採樣器隨水流而逃逸。此型式為國內目前海岸調查採樣作業所廣用，如成大水工試驗所即使用此型採樣器。

(三) 資料整理

粒徑分析有數種不同之方法，沉降法（或比重計法）用於粘土及矽土；篩分法用於砂及礫石，較大之卵石及塊石則以秤重法。分析之結果可獲粒徑分布曲線，以供計算河床載之用。

(四) 精度

河床質粒徑分布之誤差有數種來源：

1. 不當之採樣

於採樣及分析時，細顆粒之遺落造成系統誤差，誤差之大小視採樣方法及採樣器之性質而定。誤差之影響難以定量表示之，僅能由謹慎仔細之採樣或將樣品之受攪動部分予以剔除以使誤差減至最小。

2. 樣品大小

慣用之採樣器所採集之樣品約在0.5~3 kg之間。當要求精度為正常精度(Normal Accuracy)，而如 D_{54} 未超過3.5 mm時，一個一公斤重之樣品乃是適當的。換言之，當樣品為細砂時，此一樣品已夠大而足以防止重大之誤差。當泥砂之顆粒相對較粗時（粗砂或礫石），要求之最小樣品大小之決定具有特殊之重要性。

3. 篩分析

為能達到適當之篩分，採用20公分直徑篩之粗砂石樣品重須不超過100~200公克。即粗砂或礫石樣品要求之樣品大小不能直接用來一次作篩分。因此樣品分離之各部分皆須加以篩分，以確保粒徑分布誤差能在相當微小的程度。

6.3 河床載觀測作業

河床載可由置於河床面上一固定時間之儀器捕捉沿床面移動之泥砂予以測定，測定時以體積或質量測定之。輸砂量則可由一驗證曲線決定之。由於輸砂之變動現象(Stochastic Nature)及儀器置於河床面之偶然情況，捕捉之泥砂量變化甚大。此外，利用超音波測深儀(Ultrasonic Sounders)追蹤河床形狀及砂漣移動之方法，此種方法可消除河床載因時間之變異效應。本方法有一重大之缺點，即適當之資料僅能由長時段之觀測獲得，另外仍需於試驗室及現場作更多之研究以求得較為精確及實用之河床載之數據。

目前使用之設備則仍著重於捕捉方式。

河床載之測定通常其目的在選擇適用於一特定河川之適當河床載方程式。並利用此方程式以推估於目前或未來其他水理條件下之河床載。上述反映出測定位置之選擇需具下列兩種要求：(1)需選擇穩定之河段以避免測定時河床不定常條件；(2)需測得可靠之水理條件（深度、流速、粒徑大小及能量坡降等）。

河床載輸送量 S_b 係於一斷面內沿數處垂直線測定，在每一垂直 S_b 之正確估計乃是必要的。 S_b 為一種變（波）動之量，變動之週期取決於河床形狀之波動（砂漣及砂丘）。除極少之情況外，當砂丘之長度較水深為大時，並無法將採樣器以一足夠精度置於砂丘某一特別之位置上。因之採樣須以隨機方式(Random Sampling)為之。在一錨定之測量船上，將採樣器沉下，意謂測定係在一長度 L 之範圍內作隨機之採樣，如圖6-1所示。而此長度 L 決定於水深、流速及儀器型式，且須較砂丘之長度 λ 為長。當 $L \geq \lambda$ 條件滿足時，自測量船上放下之儀器將到達 L 範圍內之某一點河床面上 ((A) 之情形)。當 $L \approx \lambda$ 或 $L \leq \lambda$ (B 之情形)，測量船須沿斷面之垂直方向採取不同位置以達成隨機採樣。

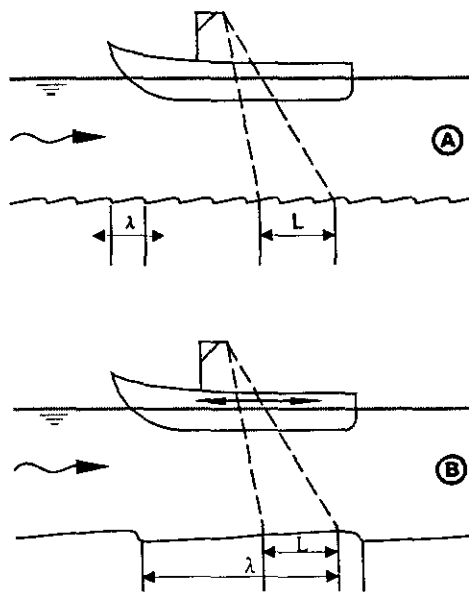


圖6-1 砂漣存在對採樣之影響

6.4 懸移載觀測作業

任一斷面之懸移載 S_s 之決定係基於在數個垂直線上之測定，而以此測定之資料於斷面積分而得。垂直線上之資料可由兩種方式獲得：(1) 垂直線上之深度積分 (Depth Integration)，及 (2) 在每一垂直線上數個點之點積分 (Point Integration)，並於垂直線上積分。於點積分局部之輸砂通量 (Local Sediment Flux) 可由下式近似表示之：

$$S_s^*(y, z) = \frac{1}{T} \int_0^T C(y, z, t) U(y, z, t) dt \quad (6-1)$$

而 S_s 則由斷面積 A_s 上積分得之：

$$S_s = \iint^{A_s} S_s^*(y, z) dy dz \quad (6-2)$$

又局部輸砂通量 S_s^* 可表示如：

$$S_s^*(y, z) = \frac{1}{T} \int_0^T \bar{C}(y, z) \bar{u}(y, z) dt + \frac{1}{T} \int_0^T C'(y, z) u'(y, z) dt \quad (6-3)$$

$$\text{或 } S_s^* = \bar{C} \bar{u} + \overline{C'u'} \quad (6-4)$$

上式表示由於 $\overline{C'u'}$ 項之省略，測量而得之平均含砂量 \bar{C} 與平均流速 \bar{u} 之乘積與直接測定之 S_s^* 值並不相同。因之儀器用於測定 S_s^* 者通常被認為較測定 \bar{C} 者為優。另對於式 (6-3) 之積分須加注意者為因 S_s^* 值之測定無法太接近河床。

(一) 儀器種類

直接量取懸移載僅能由極少數儀器達成，如 UPS-61 點積分採樣器 (Point-Integrating Sampler)。水流經由瓶之開孔 (於儀器沉下過程) 或噴孔 (於採樣時) 進入氣室 (Air Chamber) 視水深而言。樣品採集時間為受限制的，而原理上所有懸浮之顆粒係保存於氣室之內。UPS-61 同時亦可以用來作為深度積分採樣器，然其採樣時間則更為受限制。

(二) 資料處理

理論上總輸砂量為懸移載及河床載所組成。當河床載甚小而可以略去時，懸移載測定之結果可當作總輸砂量。在不同情況下則需就懸移載及河床載兩者分別測定，以決定總輸砂量。資料之處理須視測定之目的而定。理想之情況為沖洗載及河床質載予以分別測定。前者僅於如在估計水庫淤積量時予以考慮。當考慮之重點為河床型態形成過程(Morphological Process)時後者則為重要之數據。即懸移載應以沖洗載可以略去之方式分開予以測定。

(三) 精度

截至目前為止，懸移質精度之知識仍甚缺乏。對精度之尋求必須按其要求予以衡量。由於資料利用之特性，精度之尋求為一極端困難之問題。輸砂量之測定係用來檢定輸砂量公式之可靠性，以求其適用於某一特定之河川。通常此輸砂公式仍須利用其他水理情況予以插補(Extrapolation)完成。

6.5 輸砂量推估方法

泥砂推移質採樣(布置)泥砂輸移量推估方式，依泥砂、水流條件及測驗需求而定。其具體工作項目及流程如下簡述(泥砂手冊，1988)。

一、測次

為推求輸砂量，砂質推移質每年一般施測 20-30 次，以利用收集的資料建檔檢驗推移質輸砂率與水力因素的關係。前述水砂率定關係較為穩定河川可減少測次或實行間測。卵石推移質一般按過程線法施測，年測次通常在 50 次以上。前述方法為中國大陸規範作法，台灣地區因推移質採樣工作並不普遍，故尚未有完整的採樣作業方式。

二、取樣垂線

為求一致，可與懸移質輸砂率測砂垂線重合。在推移質運動強烈的區間，如河床斷面急遽變化處，應加設取樣垂線。當兩垂線間的部分輸砂率超過斷面輸砂率的 20%，應加設輔助垂線。

三、取樣歷時和重覆取樣次數

對於砂質推移質測驗，每條垂線應重複取樣三次以上；每次歷時一般為 3-5 分鐘，推移量甚大時，可以縮短歷時，但不得少於 30 秒。對於礫石及卵石推移質測驗，在強烈推移帶的 4-5 條垂線上，應重複取樣 2-5 次，累積取樣歷時不少於 10 分鐘；其餘垂線，可只取樣一次，取樣歷時 3-5 分鐘。至於本土化之量測經驗，尚需進一步累積建立。

四、施測項目

為能夠建立完整的推移質泥砂輸移率與水力因素的關係，施測項應包括河寬、水深、流速、推移質單寬輸砂率，取樣品作顆粒分析；並觀測水位、比降、取床砂作顆粒分析。

五、資料整理

1. 單位寬度輸砂率計算

計算公式為：

$$g_b = \frac{100W_b}{tb_k} \quad (6-5)$$

式中， g_b = 單位寬輸砂率 ($g / (m \cdot s)$)； W_b = 砂樣質量 (g)； t = 取樣歷時 (sec)；及 b_k = 儀器進口寬 (cm)。

2. 斷面輸砂率計算

斷面輸砂率計算方法有圖解法和解析法兩種。

(1) 圖解法

擬以各垂線單寬輸砂率 g_b 為縱坐標，以起點距為橫坐，繪製單寬輸砂率沿斷面的分布曲線。並利用求積儀量出單寬輸砂率分布曲線所包圍面積，按縱橫比率尺換算，求出實測斷面推移質輸砂率。再除以採樣器採樣效率，即得出推移質輸砂率。即利用量測斷面上每一單位寬度輸砂率之累積值，加以累算獲得該斷面上整體推移質輸砂率。

(2) 解析法

計算公式為：

$$G_b = 0.001k \left(\frac{g_{b1}}{2} b_0 + \frac{g_{b1} + g_{b2}}{2} b_1 + \dots + \frac{g_{b_{n-1}} + g_{bn}}{2} b_{n-1} + \frac{g_{bn}}{2} b_n \right) \quad (6-6)$$

式中， G_b = 斷面推移質輸砂率(kg/s)； k = 修正係數，即採樣器採樣效率的倒數； g_{b1} 、 g_{b2} ... g_{bn} = 各條垂線的間距(m)；及 b_0 、 b_n = 兩端垂線與推移質移動地帶邊界的間距(m)。

第七章 流速儀規劃建置

7.1 流速儀規劃研製

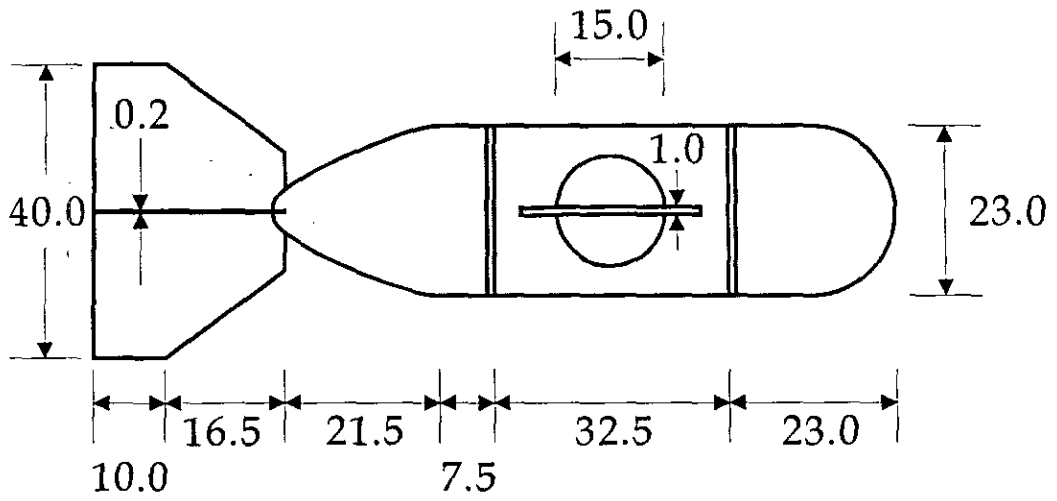
一、電磁式流速儀

為研擬一適合台灣河川高水時期高流速、高含砂特性之自動化流速觀測技術與儀器，本研究原擬發展電磁式感應元件，以作為自動化流速儀感應部主體。原規劃擬以口徑 25 mm 之不鏽鋼管作為感應元件主體，設計電源為 24V 直流電，預估精度為 1%，測量範圍為 0-10 m/s。後因考量管式電磁式流速儀於水中操作時，為使通過流體達到完全發展流況，其電磁管長度勢必延長。如此將使得儀器於水中操作之靈活度降低，亦使儀器易受異物撞擊損壞。再者，因電磁感應元件已屬成熟量產組件，且考量未來本研究成果之推廣應用目標。經審慎評估比較，初步擇定義大利製作的工業級電磁感應組件，作為自動化流速儀的感應主體。其感應部為一直徑 48.3 mm 之不銹鋼圓柱體，外觀可為鐵氟龍披覆，感應部全長 120 mm。其輸入電源為 AC110 V，輸出訊號為 4-20 mA。

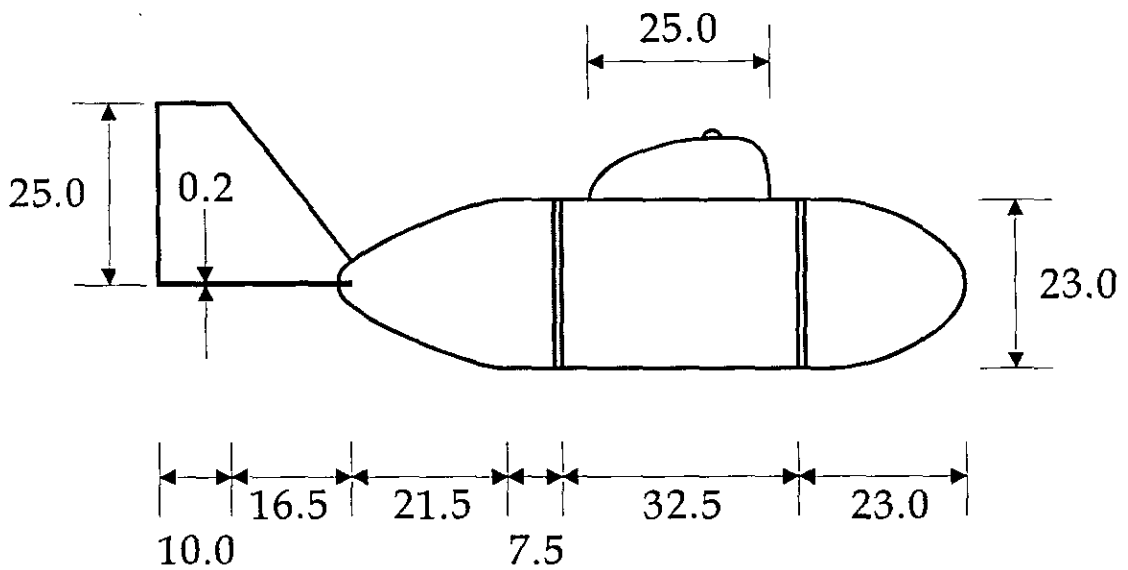
本研究研擬製作之電磁式流速儀如照 14、15 所示。整個儀器主體為一流線形鉛魚，鉛魚尾部有四片尾翼板，以作導正儀器方向之用。電磁感應元件設置於鉛魚腹底，感應部略突出腹身約 10 公分。為能於流速觀測時能同時測出鉛魚所在位置水深，並於鉛魚腹身裝設壓差式壓力傳感器，以同時測得鉛魚所處位置水深。本型式流速儀鉛魚體設計圖如圖 7-1 所示。

二、差壓式流速儀

本研究除規劃建置電磁式流速儀，同時並研擬規劃建置差壓式流速儀，以作為未來天然河川流速觀測測試的原型機。差壓式流速儀的觀測原



上視圖



側視圖

單位：公分

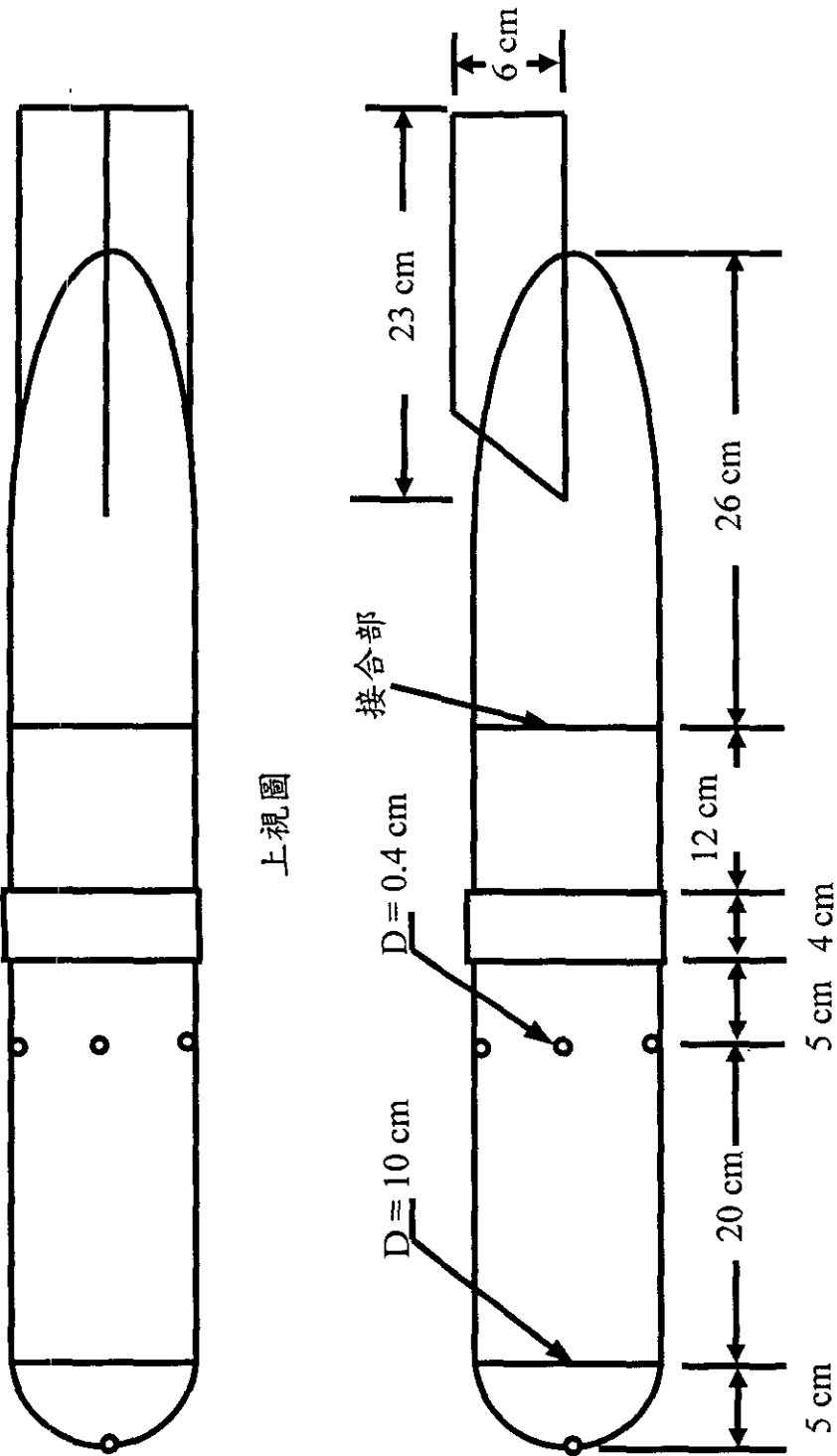
圖 7-1 流速儀設計圖

理，即為傳統的皮托管原理，如本文 3.10 中所介紹。皮托管測速有極高準確性，至今仍為多數試驗室中用來校準流速的基準依據。此外，因為壓力傳遞特性，對於低流速狀況，皮托管差壓力反應較不靈敏；對於中高流速則有極靈敏反應，精確度亦較高。質言之，皮托管測速方式極適用於高流速量測條件。惟因其設計、製作工藝限制，及差壓反應讀取器之設計限制，較少見到應用於天然河川的量測。

為能規劃設計一具以皮托管測速原理的天然河川測速儀，本研究團隊幾經構思測試，初步研擬設計出差壓式流速儀如圖 7-2 所示，流速儀本體為一光滑鉛魚體，鉛魚全長 77 cm，圓徑 10 cm，鉛魚頭部為一半球型，前方頂部置有一孔徑 4 mm 的總壓孔。距頭部總壓孔 26 cm 的鉛魚腹身位置則平均布置 6 個 4 mm 靜壓孔，如照 19、20 所示。因考量到差壓式流速儀原型機實際完成後之操作穩定性與便利性，鉛魚體的徑長及本體全長皆需再作完整評估，故總壓孔位置與靜壓孔位置間距離尚未達最佳的擾動抑制設計。此點將可由未來的率定校正中加以修正。差壓式流速儀外型如照 30 所示，其感應原件為工業化之隔膜差壓式組件，其相關規格文件如附錄六所示。其餘相關組件規劃、設計、製作則由研究團隊自行開發完成。

7.2 流速儀操作程序

自動化流速儀操作流程如圖 7-3 所示。流速儀整體設備可由定點動力式捲揚器或小型吊車承載作機動觀測。若為定點觀測方式，未來可考量當河川水位超過預設值時，動力捲揚器便開始作動；同時藉由壓力式測深儀所傳遞來之水深資料，微電腦將依原有設定模式決定流速量測位置及量測頻率。當鉛魚下降至定點時電磁式流速儀將會立即傳回流速資料；流速筆數、平均時距、重覆量測次數等均可由軟體與資料擷取器控制。



上視圖

側視圖

圖 7-2 差壓式流速儀設計圖

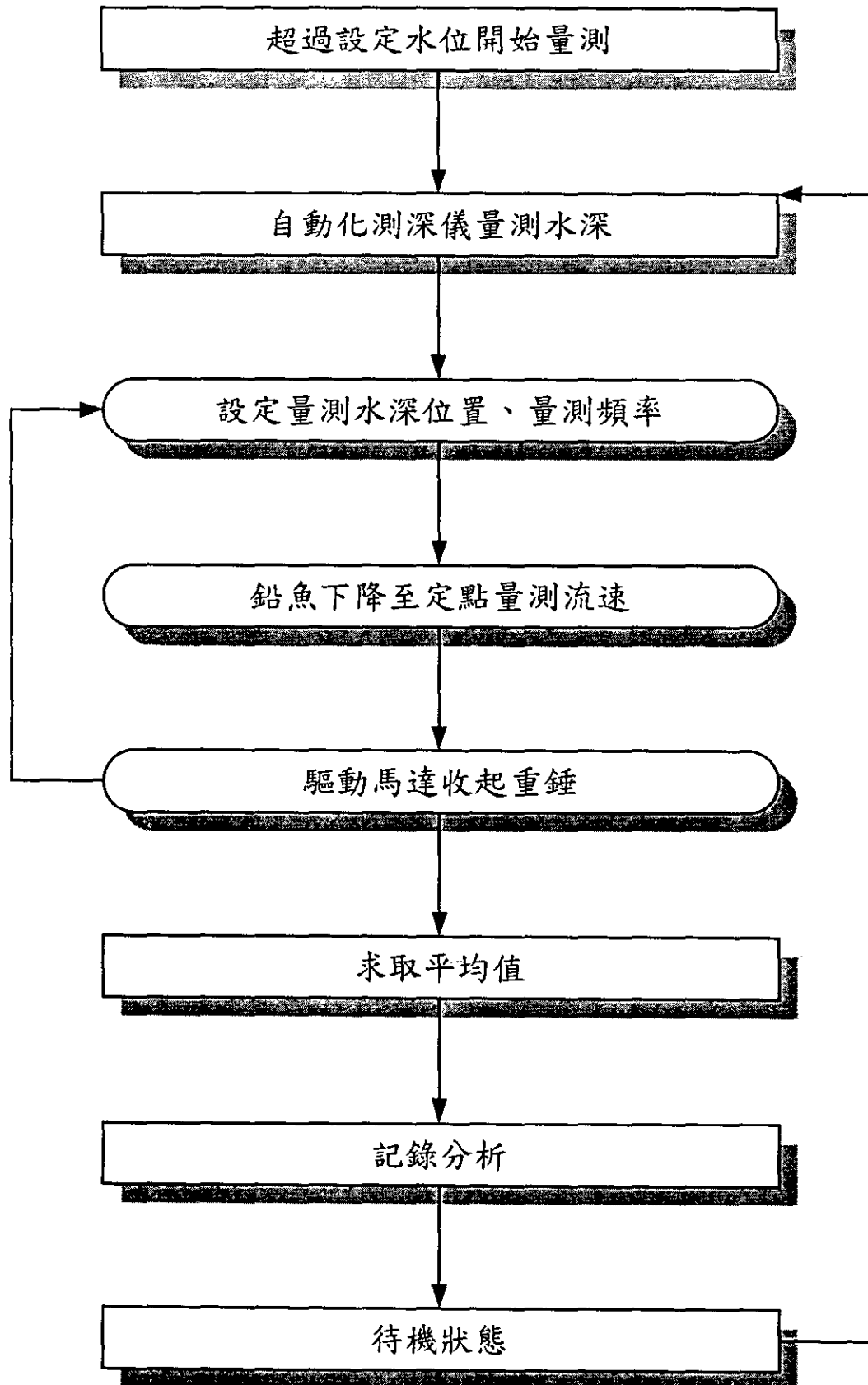


圖 7-3 自動化測速儀操作流程圖

7.3 流速儀測試作業

一、電磁式流速儀測試作業

為能使流速感應元件的量測範圍能夠到達 0-10 m/s，幾經評估擇定感應部直徑 48.3 mm 之電磁式感應組件。惟鉛魚及流速儀組裝測試過程中，評估其感應部尺寸稍大；故流速儀及鉛魚組裝方式為可活動裝卸方式。為便於修訂鉛魚尺寸及造型，目前鉛魚骨架以鋁材支撐，並以 FRP 材質塑成低阻力鉛魚彈體。鉛魚彈體頭部及魚腹底部可直接拆卸，以利流速感應元件調修及鉛魚體加減重或配平作業。配平作業測試於國立台灣大學造船工程研究所之率定水槽進行，如照 22 所示，率定水槽寬 8 m，長 120 m，水深 4-8 m，電軌式台車速度最高為 4 m/s。流速儀測試過程情形如照 23、27、28 所示。限於本研究階段所購及的電磁式流速感應元件尺寸條件，故鉛魚本體體積頗大。於實務應用上，除可能造成操作不便外，亦需考量其於水體中之持平與拖曳情形。於多次測試過程以水下攝影觀察結果顯示，該鉛魚體在各階段流速條件拖曳情形 (0.5 - 3.0 m/s)，其方向導正性與穩定性皆極為良好，如照 27、28 所示。此外，於各種不同台車速度拖曳過程中，觀察記錄流速儀置於水下 1 m、2 m 情形下，鋼索拖曳角度變化情形，如表 7-1 所示。顯示鉛魚體於水中雖持平穩定，但因其水流方向投影面積較大，其受水流拖曳效應較明顯。而經適當裁切尾翼導流板寬度，亦可減少部分升力效應。此外，感應元件與鉛魚本體間幾何尺寸之配置，需考量鉛魚體邊界層影響，需進一步率定修正流速輸出值。因受限於時間及試驗場地租用期限，暫無法進行修訂工作。此部分工作擬於下一期工作中延續進行完成。

二、差壓式流速儀測試作業

皮托管測速方式準確度極高，特別於較高流速情形，其精確度尤高。因於規劃設計過程中，除希望能使得皮托管各部組件能夠完整發揮應有效

表 7-1 電磁式流速儀拖曳測試

台車速度 (m/s)	鋼索拖曳角度(°) (流速儀置於水下 1m)	鋼索拖曳角度(°) (流速儀置於水下 2m)
0.5	1.18	3.27
1.0	3.68	14.04
1.5	10.52	22.50
2.0	16.70	33.02
2.5	21.54	37.65
3.0	24.90	39.64

能，使得未來實際應用於天然河川觀測時能較獲得準確及精確的量測成果。同時希望使得流速儀內部各組件能夠達到「最小化」設計目的，以使流速儀於水流拖曳過程中能能夠符合「低阻力」、「高重力」的設計要求，亦使得實際操作時更為便利。故差壓式流速儀之設計為直徑 10 cm，長 77 cm，重 40 kg 之光滑鉛魚體，後有短促尾翼導流板。於水中拖曳測試時顯示其極為穩定持平。此外，於率定試驗中亦發現流速愈高，差壓式流速儀量測反應亦較佳。如圖 7-4 所示，可以看出流速 2 m/s 為明顯分界，其前後率定比值斜率不同，但整體線性關係仍屬良好，相關係數為 0.9851。此外，由率定成果亦可推估本研究所製作的差壓式流速儀流速修正參數(詳見 3-21 式)為 1.0647。表 7-2 所示為率定成果數值一覽。

三、普萊氏流速儀測試作業

普萊氏流速儀為美國地質調查所所研發，為國內最普遍通用的流速儀型式，其最高流速量測範圍為 4 m/s。為比較瞭解普萊氏流速儀與本研究所研發製作的流速儀之特性條件，經向水利單位商借普萊氏流速儀，以進行測試比較作業。如圖 7-5 所示，為萊氏流速儀 N-V 線性關係，顯示其線性關係良好，其相關係數達 0.9998。表 7-3 則為其率定成果。惟其可量測最高速度僅達 4 m/s，無法應用於較高流速情況。

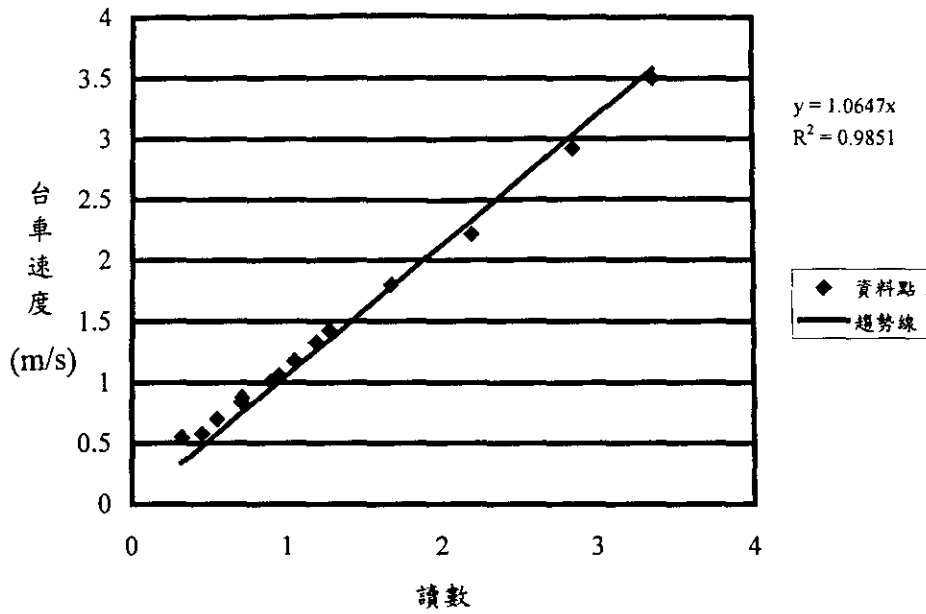


圖 7-4 差壓式流速儀率定成果

表 7-2 率定成果

壓力讀數 (m/s) ²	速度讀速 (m/s)	台車速度 (m/s)
0.1	0.316228	0.55
0.2	0.447214	0.58
0.3	0.547723	0.7
0.3	0.547723	0.7
0.5	0.707107	0.84
0.5	0.707107	0.88
0.8	0.894427	1.01
0.9	0.948683	1.06
0.9	0.948683	1.06
1.1	1.048809	1.18
1.4	1.183216	1.33
1.6	1.264911	1.43
2.8	1.67332	1.8
4.8	2.19089	2.22
8.1	2.84605	2.92
11.3	3.361547	3.5

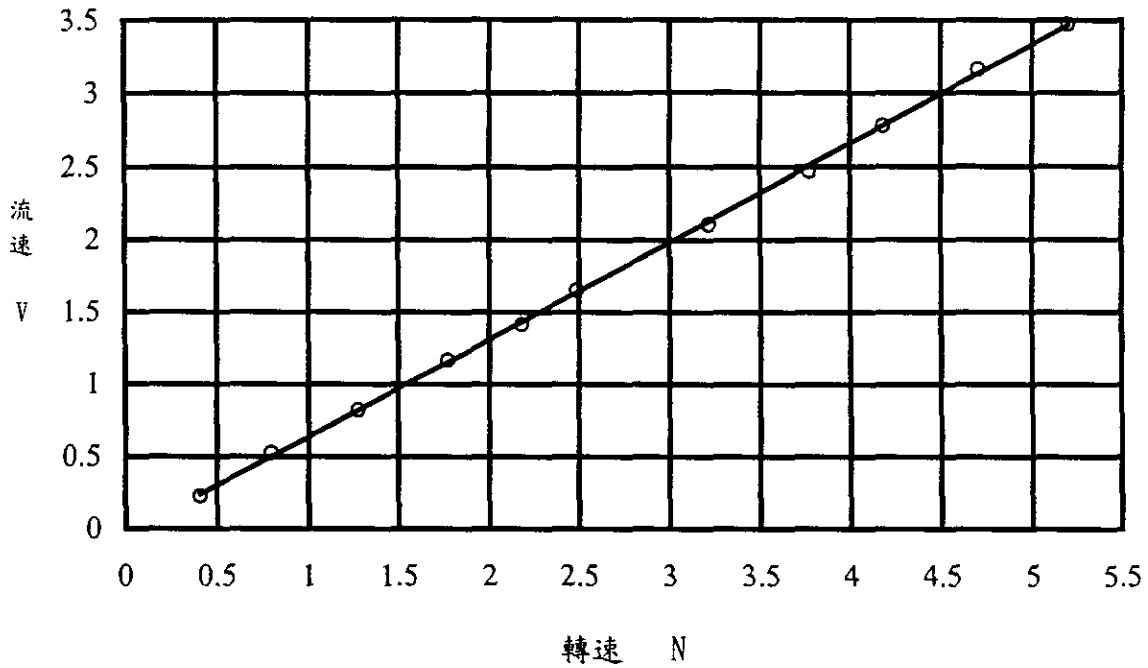


圖 7-5 N-V 線性相關圖

表 7-3 普萊氏流速儀率定成果

相關係數：0.9998135

檢驗深度：0.3 公尺

順序	轉數(R)次	間距(D)米	時間(T)秒	轉速(N)	速度(V)
1	6	3.34	14.74	0.4071	0.2266
2	10	6.64	12.56	0.7962	0.5287
3	15	9.72	11.75	1.2766	0.8272
4	20	13.24	11.31	1.7684	1.1707
5	20	12.98	9.16	2.1834	1.4170
6	25	16.65	10.06	2.4851	1.6551
7	44	28.87	13.67	3.2187	2.1119
8	38	24.89	10.07	3.7736	2.4717
9	30	19.96	7.18	4.1783	2.7799
10	34	22.87	7.23	4.7026	3.1632
11	42	28.06	8.08	5.1980	3.4728

第八章 河川沖淤變化觀測儀規劃建置

8.1 壓力式測深儀原理

本研究所提出之壓力式測深儀所應用之基本原理，為延續累積本研究團隊過去研發成果，主要利用捲取機所帶動鋼索上之重錘，當重錘落於底床瞬間，鋼索張力瞬間陡降，使得微電腦感應控制捲取機作動。壓力式測深儀其測距設備內含一般微電腦控制器，微電腦控制器之主要目的是執执行程序控制。本研究並於重錘內部裝設壓力傳感器，以同時測得水深壓力值(靜水壓)(如圖 8-1 所示)。本自動化測深儀應用上之優點如下：(1)本土化機械式設計，構造簡化，維修容易；(2)儀器材料、零組件取得容易，研發製造成本易控制；(3)現地裝置，堅固耐用，能夠維持一定程度測量精度；及(4)不易受環境破壞、干擾。其缺點則為：(1)因屬於侵入式儀器，重錘及鋼索易受水流拖曳向下游移動；(2)重錘內部裝設之壓力傳感器易遭泥砂干擾毀損，對於泥砂濃度較高水流層較不適用；及(3)本量測方法僅能測得單點位置水深。

8.2 壓力式測深儀構件功能

壓力式測深儀共分成四大部分製作：

一、微電腦控制器

微電腦控制器為此一系統最重要之部分，它包含了所有的動作及程序控制，資料輸出入及介面訊號轉換。此系統控制了全機構，從電源供應到馬達運轉及馬達驅動器控制，與捲取機部分。

二、馬達及馬達驅動器

馬達之選擇採用直流馬達，以降低馬達之尺寸及提高扭力，以維持重

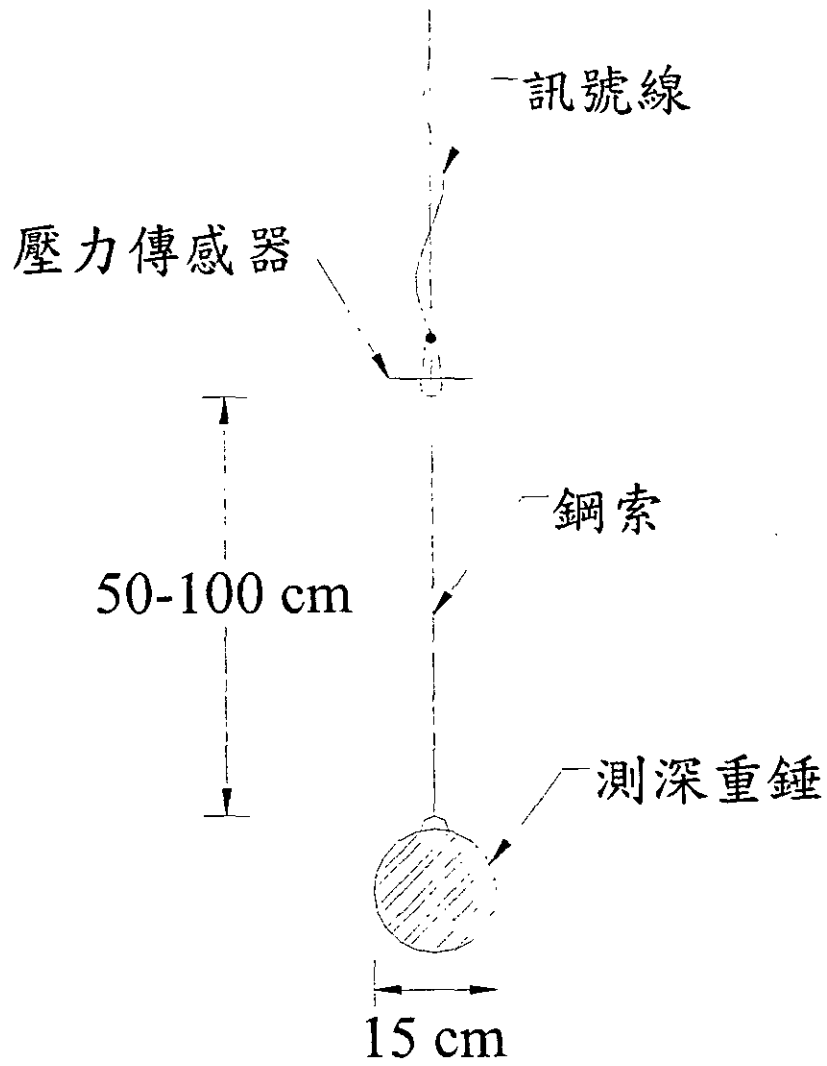


圖 8-1 自動化測深儀示意圖

錘上升所需之最大扭力。馬達驅動器提供馬達之正反轉控制及零點歸位之判別訊號，以免因重錘上升到頂點時馬達仍然動作運轉，而燒毀馬達之保護裝置。

三、捲取機

捲取機經由鋼索牽引時，可正反向帶動重錘升降。

四、重錘及鋼索

重錘以不銹鋼材或鉛為材質，製作成鉛球型、葫蘆型(3 公斤重)或圓錐型(10 公斤重)，可防止重錘左右傾倒造成量測不準。鋼索為重錘與馬達之聯繫物及欲測量最大距離之尺寸。本系統提供最大 25 米之量測，故鋼索至少應為 26 米。

8.3 壓力式測深儀操作程序

本研究所研發之壓力式測深儀於應用時，主機之操作程序如圖 8-2 所示。本儀器於實際應用時可配合現地水位流量站之浮筒式水位計或超音波水位計，將兩者之偵測功能併同利用。當河川水位超過預設之臨界值時，則壓力式測深儀主機可開始驅動運作。在測深重錘開始下降前，儀器將依先前設定之量測次數開始作動。每一次量測過程，儀器皆會進行歸零調整，而後重錘會依既定下降速度等速降下，當重錘近觸底床瞬間，因鋼索張力瞬間陡降，使得控制系統感應而停止下降動作。在重錘暫落底床期間(約 2 秒鐘)，壓電式壓力計所傳回的穩定壓力數值，即可代表底床深度。每次量測動作完成後，所測得水深數值即儲存於資料擷取器暫存器中，待量測完畢後，方計算整體量測水深之平均值。

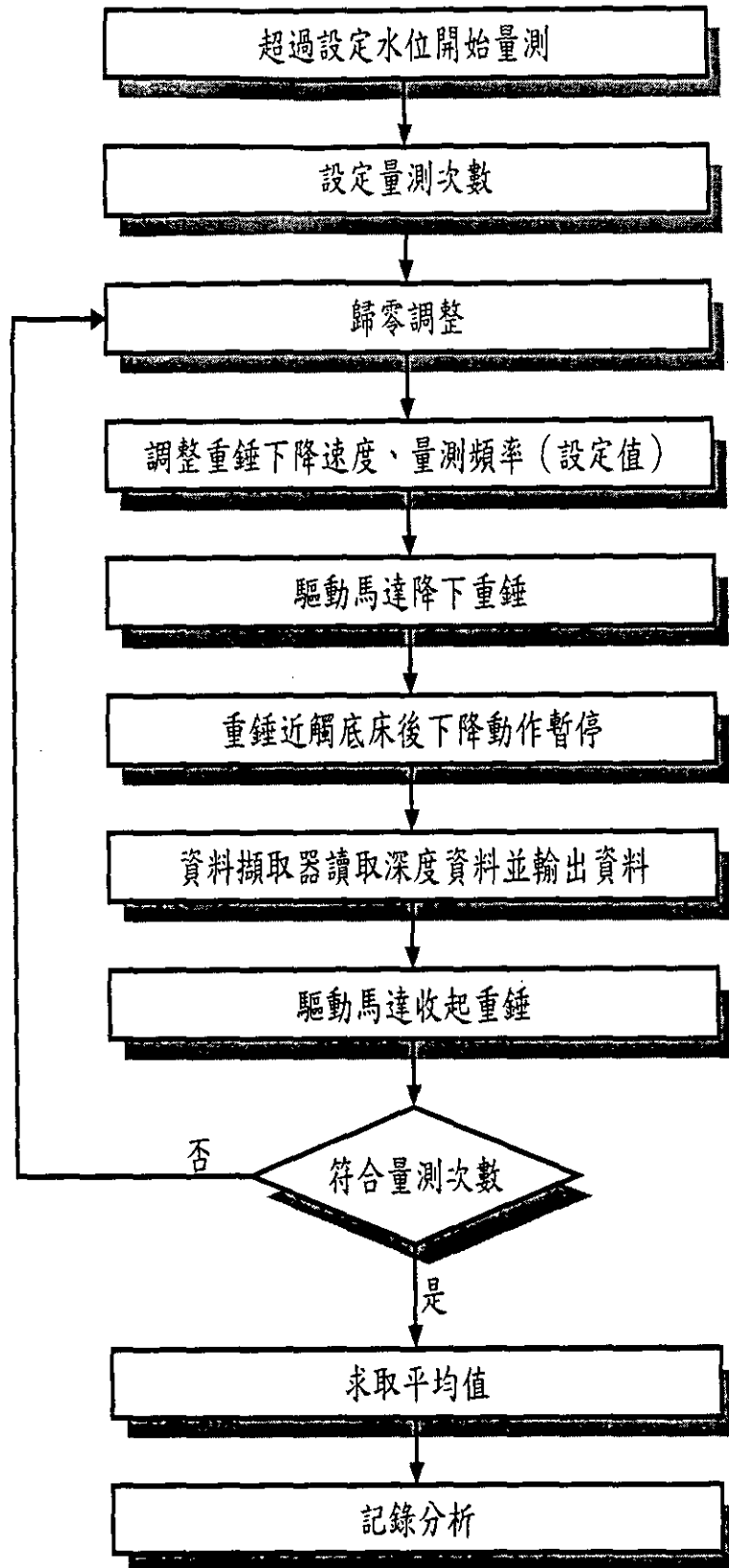


圖 8-2 壓力式測深儀操作流程

8.4 壓力式測深儀測試作業

壓力式測深儀所採用壓電式壓力計，外覆有防撞裝置，其測定精度 0.3% FS，其線性精度為 0.3% FS，測定水深範圍為 0-20 m。為測試操作壓力式測深儀運作狀況，研究團隊曾多次赴頭前溪流域內灣測站進行測試，測試工作位置於內灣義興大橋進行，橋面距河床最大距離約 10 m。惟因河川低水流量較小，並無法測知中高流速情形下壓力式測深儀之測深性能。為瞭解壓力式測深儀之操作狀況，特於台灣大學造船工程研究所內一深達 8 m 靜水槽，進行靜水測深及拖曳試驗。如表 8-1 顯示壓電式測深結果準確度及一致性良好。另考量壓力式測深主要誤差，源自於水中重錘受水流向下游拖曳影響，以致實際測得水深應為測深點下游鄰近處水深。惟因底床變形之連續性，以致其誤差應不致過大。本研究同時以鉛魚進行拖曳試驗，如表 8-2 所示，為不同鉛魚重量、水深條件下之鋼索遭水流拖曳之角度變化，顯示亟有必要加大鉛魚重量，降低鉛魚阻力，以減少因水流拖曳效應所引起位置誤差。

表 8-1 測深儀定深、定點測深試驗

組數	測深儀讀數	測深儀讀數
1	7.75	3.85
2	7.80	3.85
3	7.85	3.80
4	7.75	3.85
5	7.75	3.85
6	7.75	3.85
7	7.75	3.85
8	7.75	3.80
9	7.80	3.80
10	7.80	3.85
11	7.80	3.85
12	7.80	3.80
13	7.80	3.85
14	7.75	3.85
15	7.75	3.75
16	7.75	3.85
17	7.75	3.80
18	7.80	3.80
19	7.75	3.80
20	7.75	3.80
平均	7.77	3.83
S.D.	0.000914	0.000921

表 8-2 不同鉛魚重量、水深條件下之拖曳試驗

I 鉛魚(重量 4.5 kg)

台車速度(m/s)	鋼索拖曳角度(°) (鉛魚置於水下 1 m)	鋼索拖曳角度(°) (鉛魚置於水下 2 m)
0.5	0.34	1.01
1.0	1.85	3.27
1.5	4.09	9.33
2.0	7.73	16.32
2.5	12.09	24.57
3.0	17.45	29.12
3.5	22.50	32.74
4.0	27.86	34.99

II 鉛魚(重量 9.6 kg)

台車速度(m/s)	鋼索拖曳角度(°) (鉛魚置於水下 1 m)	鋼索拖曳角度(°) (鉛魚置於水下 2 m)
0.5	1.04	0.01
1.0	2.60	1.64
1.5	2.45	5.31
2.0	4.90	10.52
2.5	9.73	15.95
3.0	12.09	21.80
3.5	15.95	26.57
4.0	20.38	31.56

III 鉛魚(重量 15.6 kg)

台車速度(m/s)	鋼索拖曳角度(°) (鉛魚置於水下 1 m)	鋼索拖曳角度(°) (鉛魚置於水下 2 m)
0.5	1.91	1.01
1.0	2.51	4.90
1.5	5.71	12.09
2.0	9.73	18.92
2.5	14.42	25.91
3.0	19.65	30.36
3.5	23.19	36.08
4.0	24.56	39.16

第九章 泥砂觀測採樣儀規劃建置

9.1 泥砂觀測採樣儀規劃研製

泥砂觀測的目的主要為研究流域產砂、河道輸砂特性，以及河道、水庫、湖泊與河口的泥砂沖淤及河床演變等有關泥砂課題蒐集基本資料。以進一步提供作為河川治理、防災規劃及水資源工程規劃之參考依據。泥砂觀測採樣儀器，大致可分類為懸移質泥砂觀測儀器、推移質泥砂觀測儀器、床砂採樣儀器及淤積物採樣儀器等四大類型(泥砂手冊，1988；USGS，1968)。懸移質採樣儀器通常可分為取樣儀器及現場直接測定儀器二種類型。取樣儀器則有瞬時式、積時式和累積式三種，或可進一步細分為四類，積深式(Depth-Integrating)、積點式(Point-Integrating)、定水位式(Single-Stage)與自動抽取式(Automatic Pumping-Type)等四類。懸移質泥砂現場直接測定儀器則有同位素測砂儀、振動式密度儀、超音波測砂儀、光電測砂儀等型式。

推移質泥砂採樣觀測方法，相對上較為困難。推移質觀測方法可分為直接法或間接法兩類。直接法即為器測法，乃是利用採樣儀器或專門設計的機械裝置直接觀測取樣泥砂推移質的方法。間接法則是藉由定期的水庫地形施測、河道斷面施測、砂波尺寸及運行速度施測，或用示蹤劑探測泥砂運動，以及調查床砂的岩性組成等各種途徑推求推移質輸移率的方法。懸移質採樣器製作的基本要求，大致需滿足以下條件(US Federal Inter-Agent Sediment Project，1946)：(1)採樣器取樣管口之內流速需與管口周遭流速一致。取樣管口內流速若大於周遭流速，樣本泥砂濃度會低於該點泥砂濃度；反之，則該點泥砂濃度低於取樣之泥砂濃度；(2)採樣器管口須正對水流方向；(3)採樣器應避免擾動水流；(4)採樣器取水需順暢；(5)點

採樣器採樣前不可有水進入；(6)樣本必須可由移動式容器收集，且容器需標準化；(7)採樣應儘可能靠近渠底；(8)採樣器構造須簡單以降低維修費用；及(9)採樣應與流量量測儀器相結合。而推移質泥砂採樣器所應具備的基本性能大致為：(1)儀器口門的下緣必須緊貼河床；(2)儀器口門進口流速應與天然流速一致；(3)採樣器放置於床面後避免對水流造成過大干擾，不能對口門附近河床形成淘刷；(4)儀器取樣效率宜高；(5)儀器結構應簡單、牢固，便於操作。為符合前述推移質採樣器製作基本需求，本研究擬以原美國地質調查所製作之壓差式推移質採樣器，赫利-史密斯採樣儀作為基本原型，並進一步加以研發改良修正。赫利-史密斯採樣儀普遍於美國大陸地區使用，適於推移質粒徑 0.5-16 mm，口門尺寸為 7.6 cm × 7.6 cm，其水力效率為 1.54%，採樣效率 100%，一般應用於 2.5 m/s 以下河流，如圖 9-1 所示。為適於台灣河川坡陡流急特性，並維持其原有機型所具備較高採樣效率；初步評估應朝低阻力、加大重量、動力化目標改良。此外，為能擴大泥砂採樣粒徑範圍，將規劃製作不同尺寸型式之採樣儀 I、II 型，分別如圖 9-2、9-3 所示，I 型捕砂器口門 12.5 cm × 12.5 cm，II 型捕砂器口門 9 cm × 9 cm，設計淨重分別為 30 kg 及 20 kg，如照 16、17 所示。此外，本研究並規劃設計一抓斗式採砂器，以作為中低流速情況下之河川底床質泥砂採樣之用，其設計圖如圖 9-4 所示，及照 18 所示。

9.2 泥砂觀測採樣儀操作流程

推移質粒徑分布範圍很大，隨著顆粒大小不同，其運動特性有極大差異，採樣觀測方式亦不同。推移質輸砂率測驗方法有器測法、岩性調查法、淤積體積法、坑測法、砂波法等，對於粒徑稍大的卵礫石等推移質，一般僅能利用淤積體積法、坑測法等方式測驗推估推移質輸砂率，例如蘇

及連(1988)所研擬的定點坑測觀測設施，是項設施未曾有足夠的測試經驗，尚難以評估其可行性。惟以台灣河川河床沖淤頻仍的河性來看，定點固定於河床之觀測設施量測方式恐不可行。本研究所研擬之推移質採樣器屬於自動化的器測法，其採樣流程如圖 9-5 所示。採樣器通常可於觀測點(如橋樑上)由懸臂捲揚器所支撐懸吊，或由小型吊車所承吊。在啟動採樣儀下降採樣前，首先依水流、泥砂條件依序設定採樣器口門開啟延時(即採樣器採集泥砂時距)；設定捲揚器驅動馬達動力輸出及下降速度。當採樣器沈入水中觸底後，將迅即傳回訊號使得驅動馬達停止動力並準備反向驅動。在此同時，採樣器口門亦同步開啟；至設定延時後，口門自動關閉，採樣器受驅動上引離開水體。底床質採樣器之抓斗啟閉則利用標準輸出空壓機作為動力來源，當採樣器觸底後開啟抓斗，定時距後閉合抓斗，再由捲揚器上提採樣器。

9.3 泥砂觀測採樣儀測試作業

因推移質採樣觀測較為不易，台灣地區較少進行是類觀測。本研究所觀測設計之推移質泥砂採樣儀 I、II 可分別適用於不同水流、粒徑範圍之推移採樣工作，採樣袋篩網篩號可視實際需要隨時更換。推移質採樣器之設計重點除需符合採樣器之一般原則外，更需符合「低阻力」、「高重力」原則，使得採樣器於實務操作時，能夠口門正對主流，採樣儀貼近底床。表 9-1 所示為 II 型採樣之拖曳測試成果。顯示於拖曳速度 3 m/s 時，其拖曳角度已非常顯著。此一缺點尚可以加大採樣儀重量方式來改善，測試經驗顯示，採樣儀配重增加 5~10 kg，則拖曳情形將可大幅改善。故 II 型採樣器可適用於 3 m/s 以下之流況。另於採樣儀拖曳過程中，以水下攝影觀察採樣儀運動狀況，極為穩定持平，足見相關組件配置及尺寸規劃，尚屬合理可行。另對於底床質泥砂採樣器亦進行拖曳試驗，顯示於拖曳速度

2.5 m/s 時，其拖曳角度與穩定度已不甚理想，故現階段其適用流速條件約為 2.5 m/s。

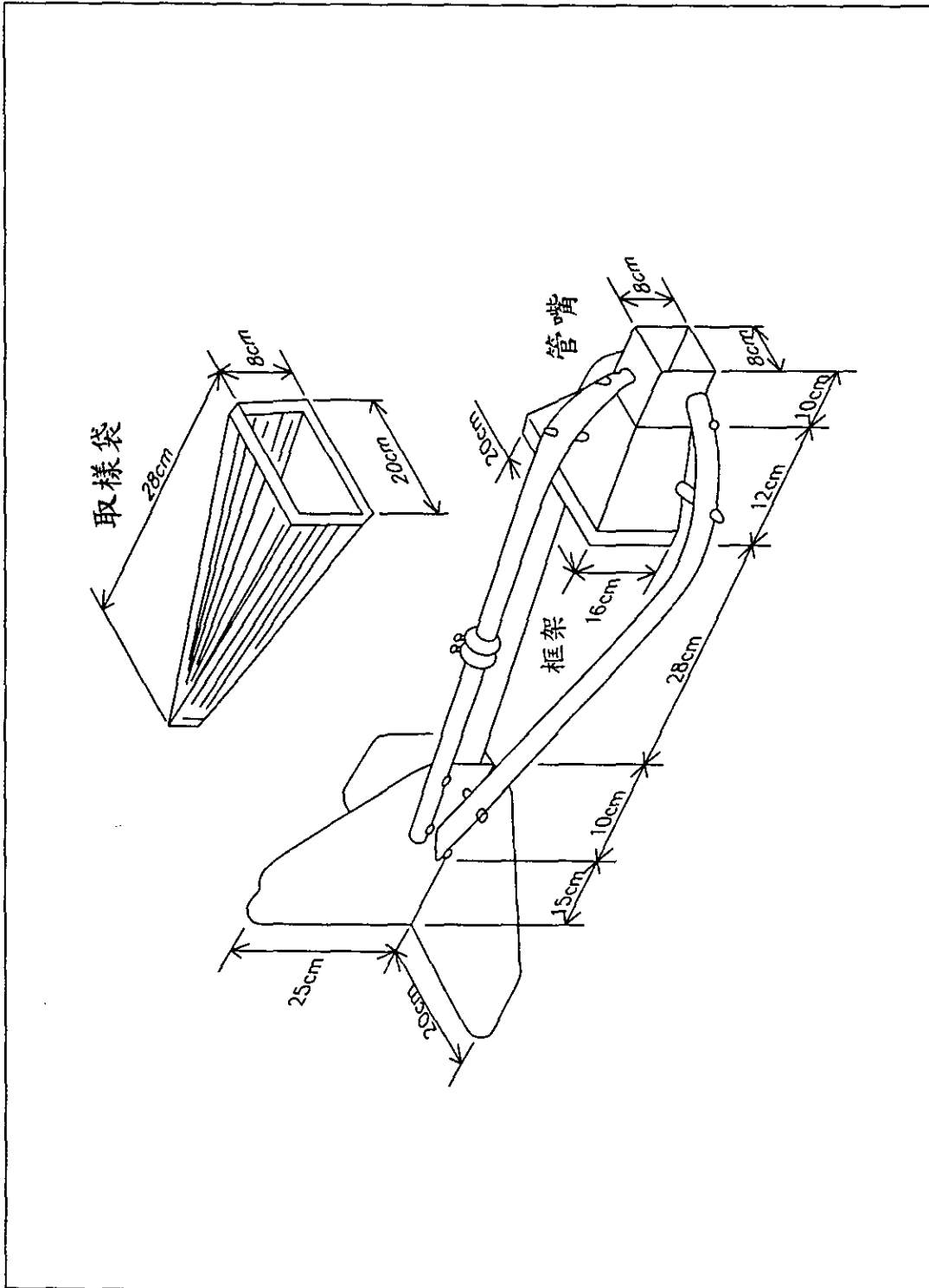
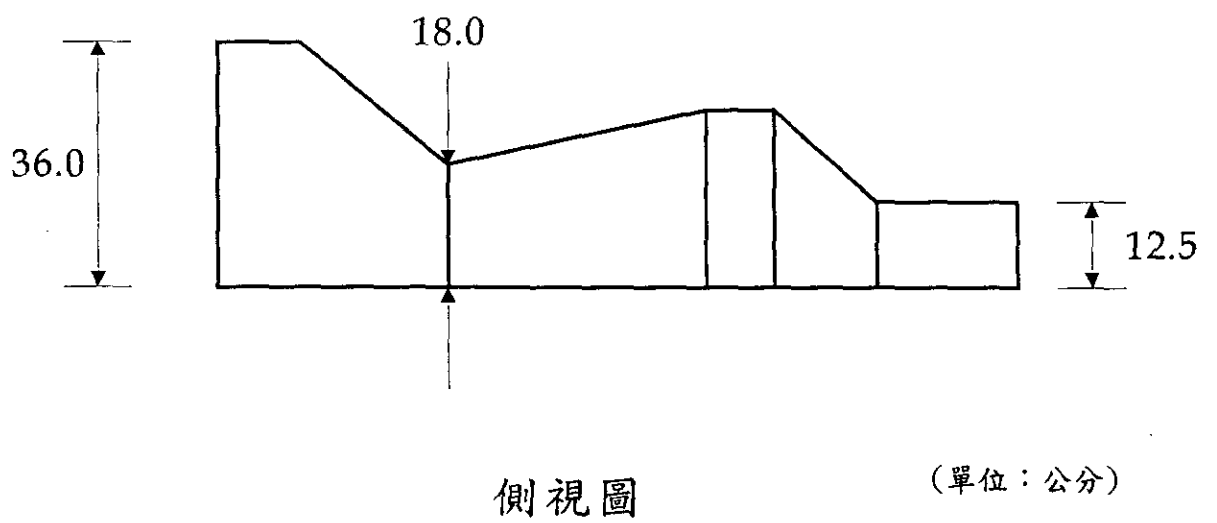
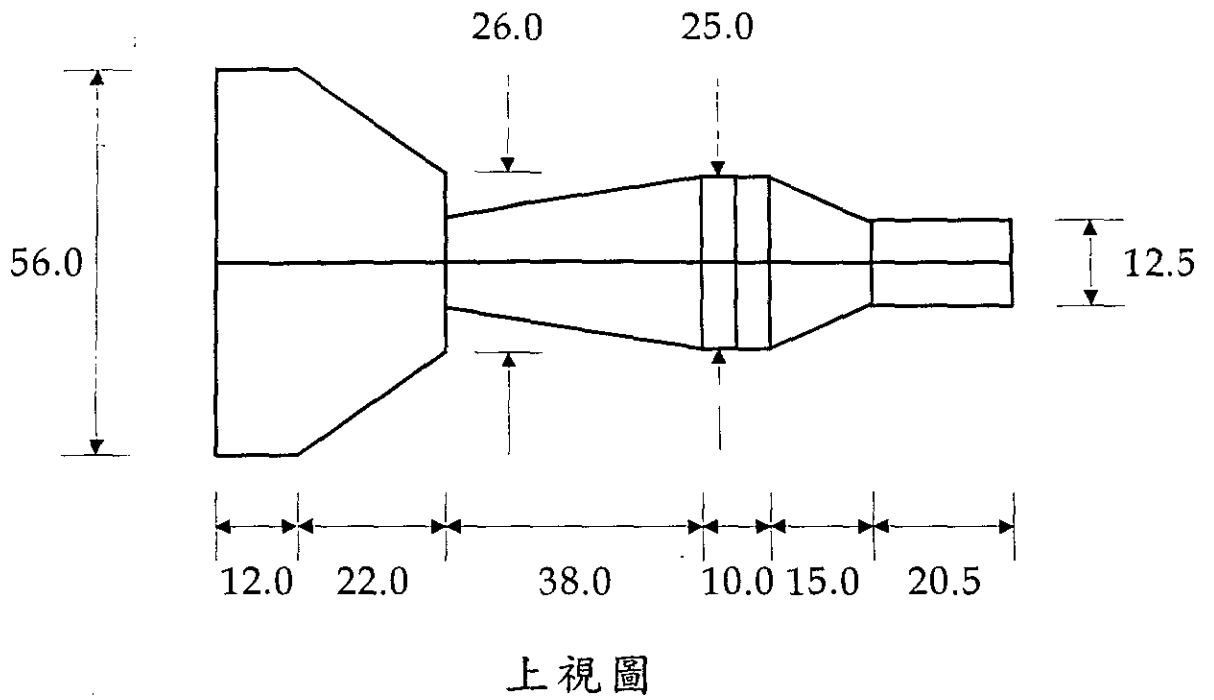
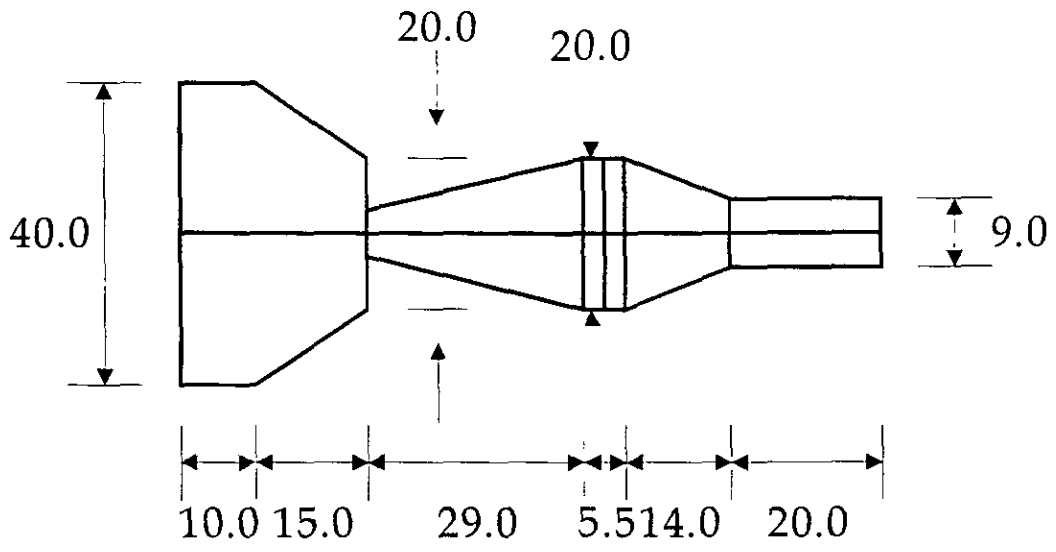


圖 9-1 自動化泥沙推移質採樣器示意圖

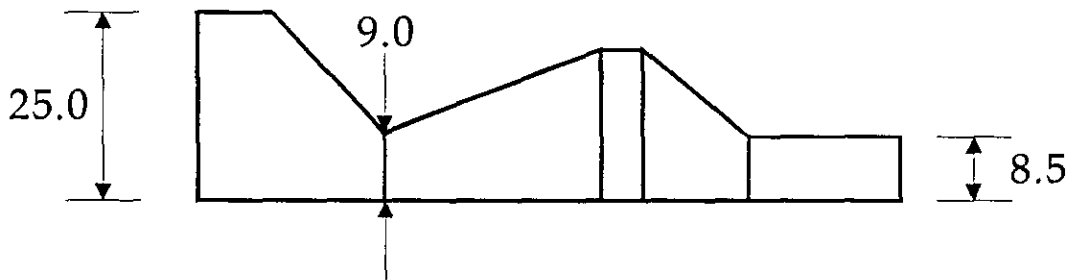


(單位：公分)

圖 9-2 I 型補砂器設計圖

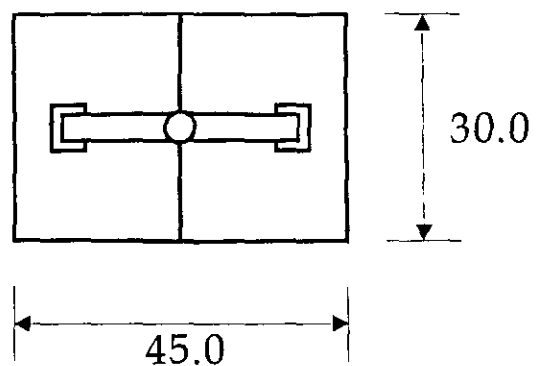


上視圖

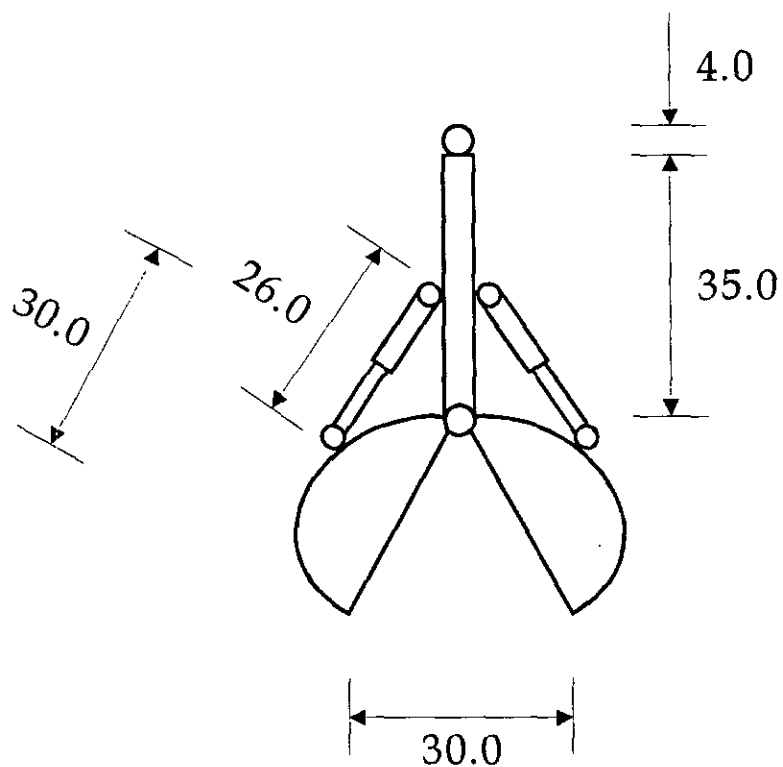


側視圖 (單位：公分)

圖 9-3 II 型補砂器設計圖



上視圖



側視圖

(單位：公分)

圖 9-4 抓斗式採砂器設計圖

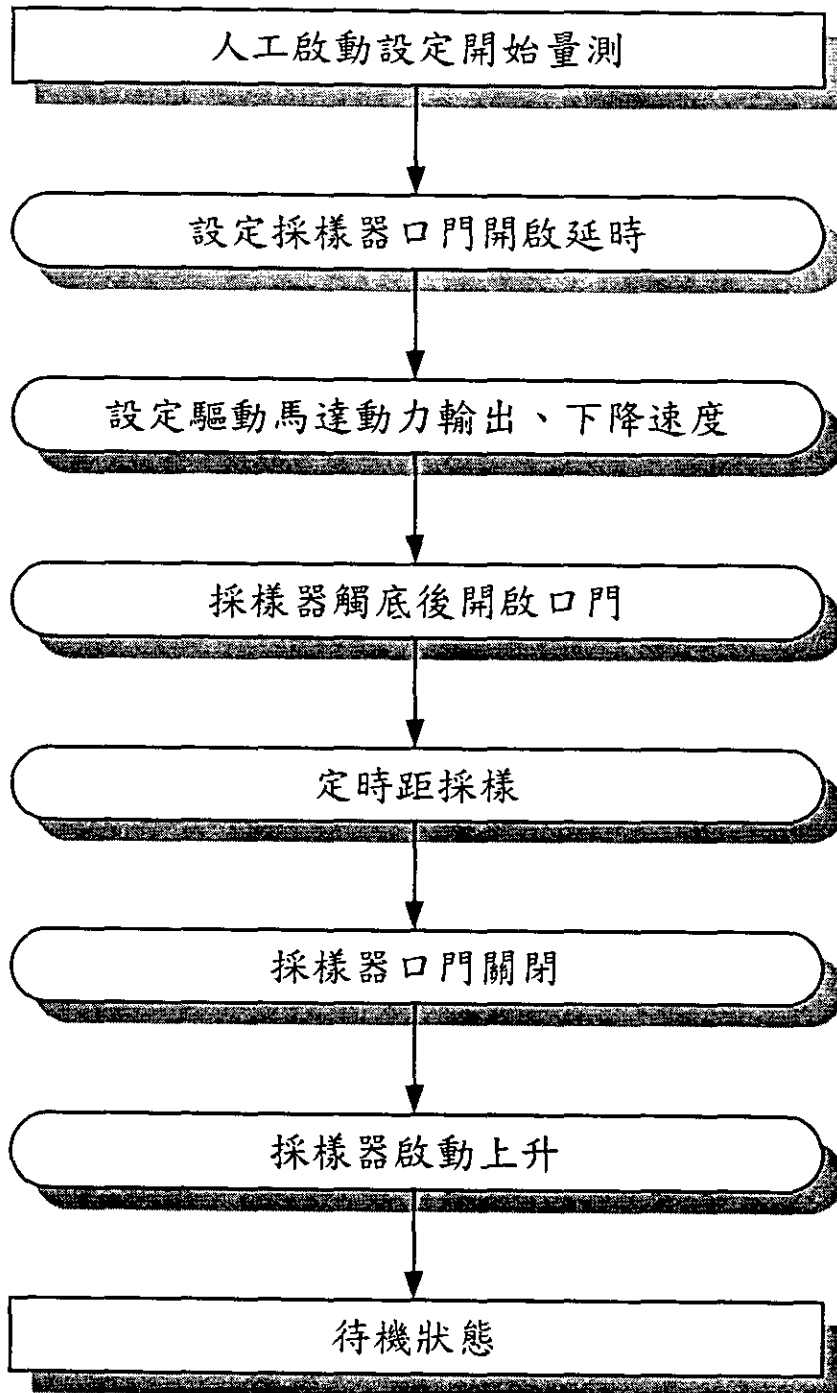


圖 9-5 自動化泥砂推移質採樣流程圖

表 9-1 推移質採樣儀測試成果

台車速度 (m/s)	鋼索拖曳角度(°) (捕砂器置於水下 2 m)	鋼索拖曳角度(°) (捕砂器置於水下 3 m)	鋼索拖曳角度(°) (捕砂器置於水下 3.5 m)
0.5	1.68	2.53	3.37
1.0	6.52	11.31	11.31
1.5	14.42	22.50	23.54
2.0	24.57	30.96	33.31
2.5	33.31	35.81	37.13
3.0	40.60	41.07	41.53

第十章 河川水文觀測系統操作維護規劃

10.1 系統架構規劃

本研究所研擬之訊號蒐集、傳輸及處理系統架構如圖 10-1 所示，其資料蒐集、處理及傳輸功能與容量，將足以整合未來流域或區域自動化河川水文觀測儀器等設施所需。茲將整體系統相關規格及功能簡述如下。

一、類比輸入功能

1. 可提供 20 組單端或 8 組差動（即單端輸入的 1 至 16 組可規劃為差動；並可外接多組 CEM416A32 通道擴充模組，通道總數可達 200 組以上）。
2. 共分 4 段式解析度範圍： ± 2 mV， ± 20 mV， ± 200 mV， $\pm 2,000$ mV。
3. 輸入阻抗：在 2G 歐姆以上。

二、脈衝輸入功能

可提供 4 組脈衝輸入，如低位準 AC 信號，快速接點及慢速接點信號等。

三、觸發電壓輸入功能

可提供 4 組觸發電壓輸出。

1. 輸出範圍：0 - 3.8 VDC，可程式化設定範圍。
2. 解析度：1 mV。
3. 觸發時間之長短可由程式設定，無觸發時為高阻抗。

四、連續式輸出功能

1. 可提供 3 組 12 VDC 輸出，其輸出範圍與電池電壓為同一電壓位準，一般為 12 VDC。
2. 可外接 PS2 省電型介面作為切換式 12 VDC 輸出，觸發（切換）時

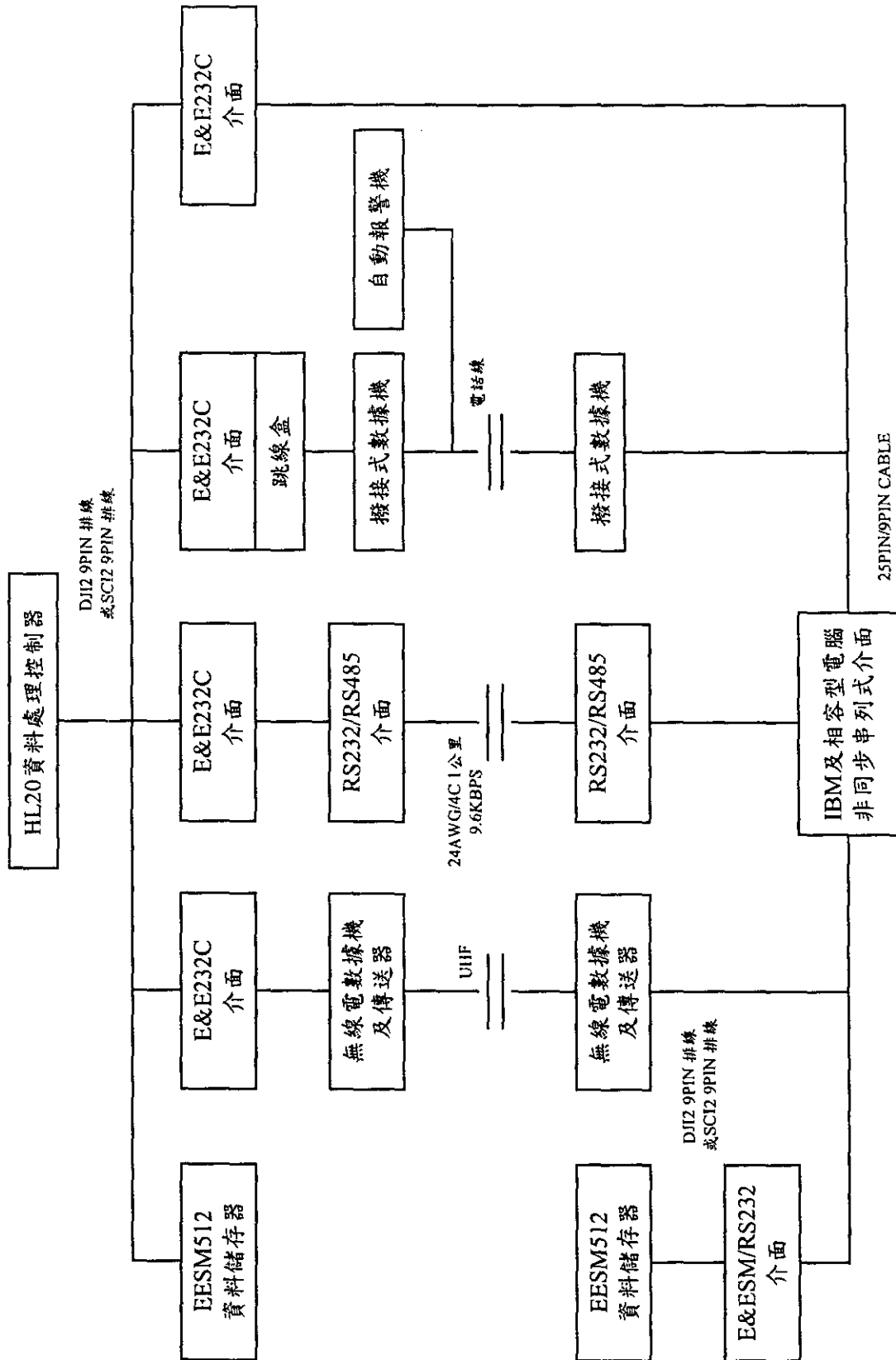


圖 10-1 HL20 資料處理控制器及通信系統架構圖

間之長短由程式設定，無觸發（切換）時為高阻抗，PS2 省電介面之動態耗電（無負載時）約 0.08 mA。

五、連續式 5 VDC 輸出功能

可提供 2 組連續式 5 VDC 輸出，其輸出範圍為 $5 \text{ VDC} \pm 0.1 \text{ VDC}$ 。

六、數位控制輸出功能

可提供 6 組控制埠輸出。

1. 輸出範圍：高位準 (Hi) 為 $5 \text{ VDC} \pm 0.1 \text{ VDC}$ ，低位準 (Lo) 時為 $< 0.1 \text{ VDC}$ 。

2. 高位準 (Hi) 輸出時間之長短可由程式設定。

七、中央處理單元及週邊介面

1. 處理單元：8 位元 Philips 89C51RD+。

2. 記憶容量：24K 系統運算程式及指令集程式及 32K 資料記憶儲存區，可外接 EESM512 512K 資料儲存器 (OPTION) 增加資料儲存容量。

3. 週邊介面：D 型 9PIN 接頭，可連結 EESM512 資料儲存器，E&E232C 及 RS232 轉換介面等。

4. 資料傳輸速率：600 至 9600 可選擇式，傳輸協定為 1 個 start bit，1 個 stop bit 及 8 個 data bit (no parity)。

5. 時鐘精準度：約 ± 1 分鐘/月。

八、程式規劃功能

1. 資料輸出時間間隔 (Time Interval)：

從 1 秒至 1439 分鐘，依系統指令，參數設定之多寡而定。

2. 輸出值種類：平均值，最大值，最小值，取樣值 (Sample)，向量值，累計值 (Totalize) 等。

3. 資料輸出格式：以西元年、月日、時間、量測值表示。

九、系統工作電源

1. 工作電壓：8 VDC 至 15 VDC。
2. 系統耗電：靜態時約 1 mA，動態時依系統指令及參數設定多寡而定。
3. 電池組：任何 12 VDC 電池作主電源或並聯多顆 12 VDC 電池作備用電源均可。

十、資料處理控制器尺寸規格

長 23.2 cm × 寬 10.2 cm × 高 8.2 cm。

十一、戶外型專用防潮箱規格

1. 尺寸大小：38 cm × 28 cm × 18 cm。
2. 等級：通過 ISO 9001 認證。

10.2 主控制站規劃

主控制電腦為整個觀測系統之處理中樞，觀測作業系統在此電腦執行，其負責資料儲存、分析、控制及對內與對外之通訊。其主要功能如圖 10-2 所示，茲簡述如下：

- 一、接收中繼電腦站之資料。
- 二、數據資料儲存、分析及控制。
- 三、警報及警示燈之控制。
- 四、經過數據機與遠方電腦連線。

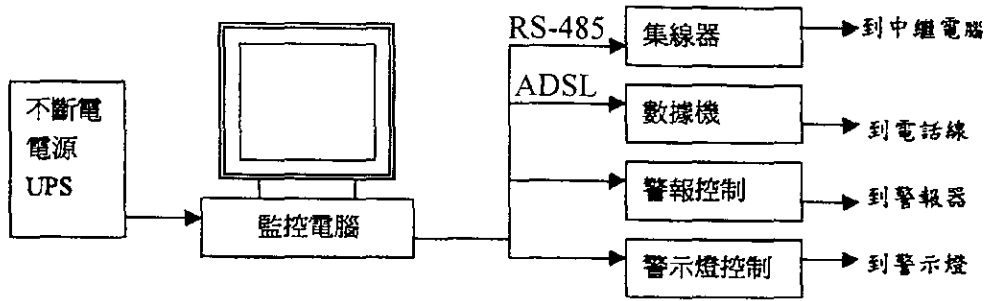


圖 10-2 主控制電腦站方塊圖

10.3 中繼控制站規劃

中繼電腦控制站主要目的是先將前端感測器微小的訊號先行放大並做數位化處理，然後將所收到集到的資料送往主控電腦作為數據分析及控制用。如圖 10-3 所示，其功能簡述如下：

- 一、減少因過長的距離造成感測器訊號的損失及雜訊之干擾。
- 二、提供大量的即時資料並減少主控電腦運算之負擔。
- 三、提高系統之可靠性及訊號收集之精確度。

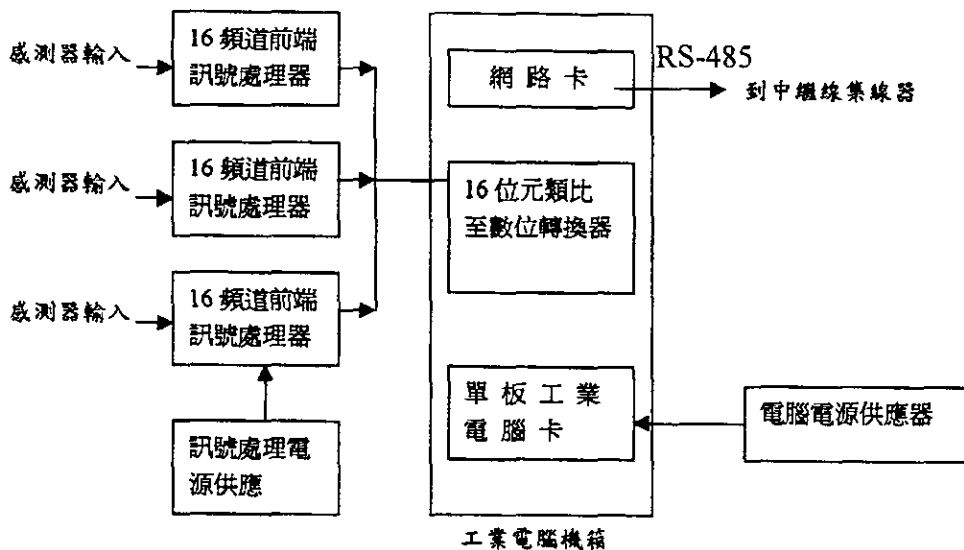


圖 10-3 中繼電腦控制站方塊圖

10.4 系統軟體規劃

為期使未來自動化即時河川水文觀測系統所擷取水文資料，能夠藉由透過電信專線或電話撥接等方式，以同步多工方式傳回觀測記錄資料庫。實有必要研擬規劃一初步系統架構，並透過區域網路或網際網路架構，以達到分散測站能夠即時同步傳遞觀測資料之目的，如圖 10-4 所示整體系統流程如圖 10-5 所示，觀測資料儲存至資料庫，並透過伺服器控管，再進行資料應用的功能需要。系統作業流程則如圖 10-6 所示。

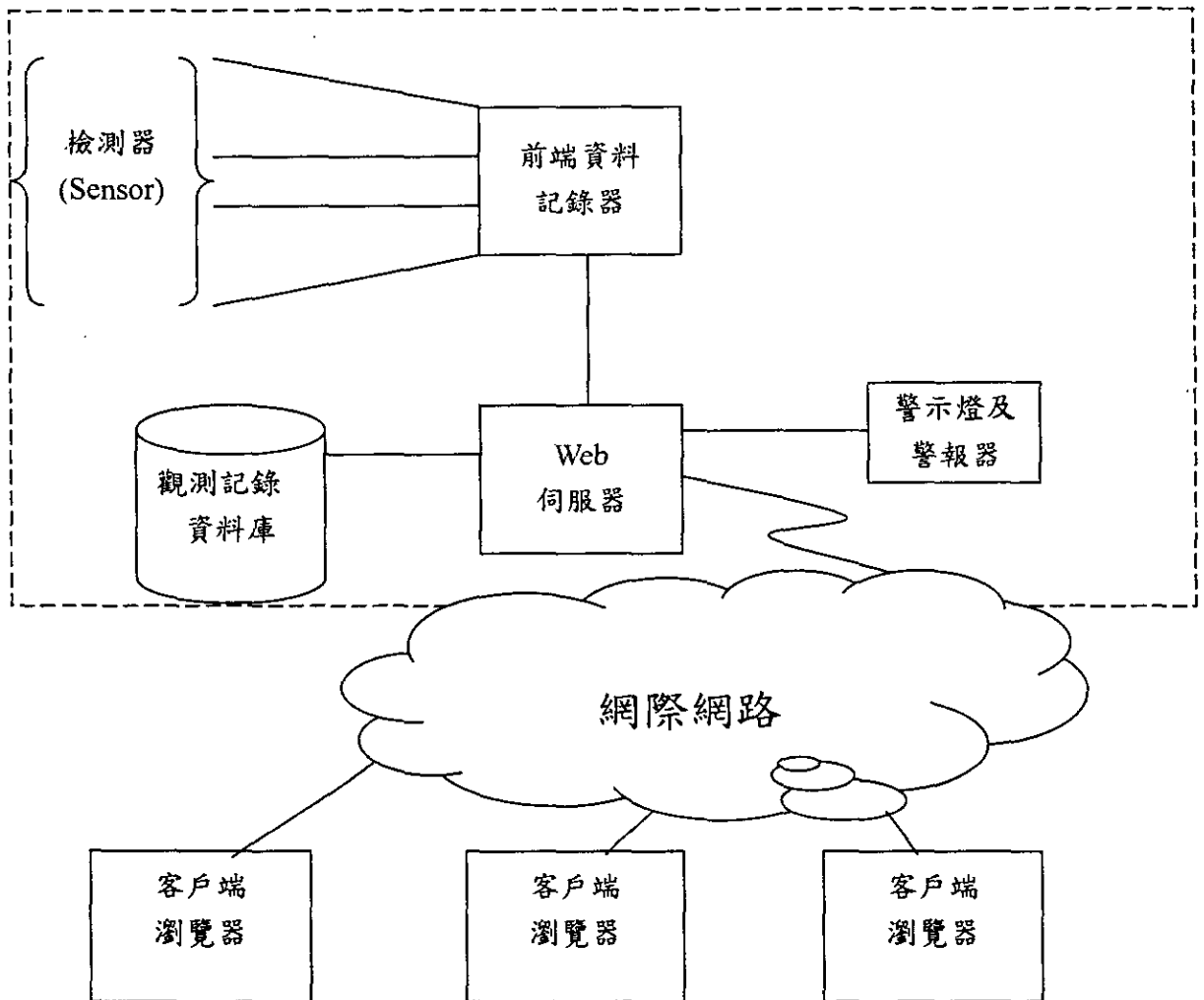


圖 10-4 系統架構圖

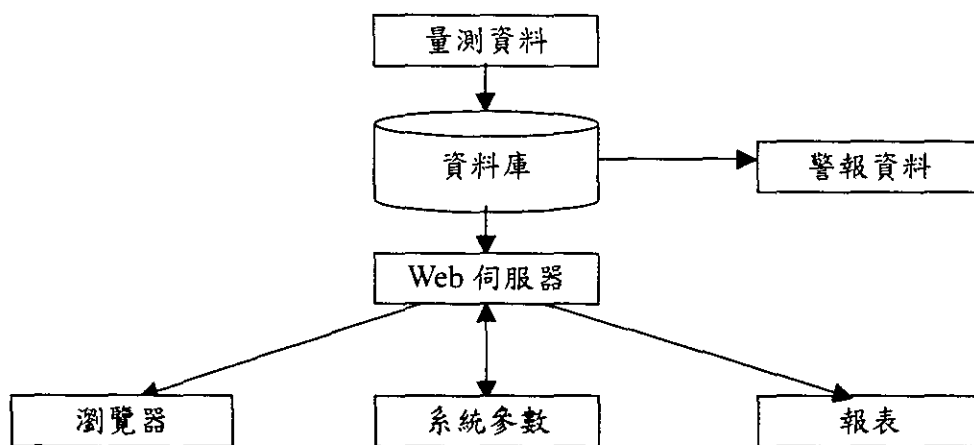


圖 10-5 系統流程圖

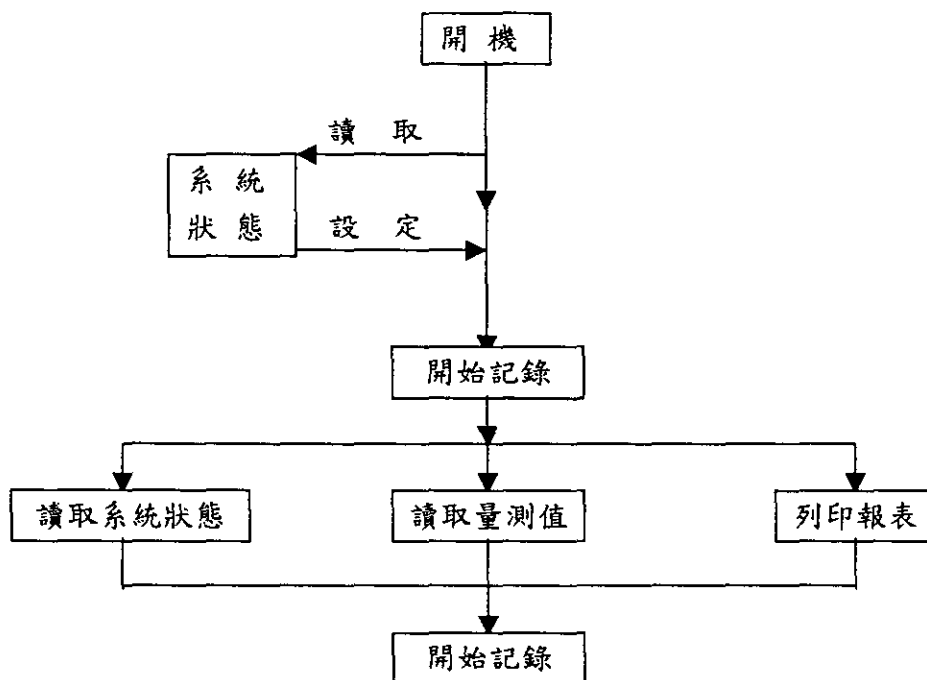


圖 10-6 系統作業流程圖

系統軟體首頁如圖 10-7 所示，茲將其基本功能簡述如下：

一、啟動及系統功能操作

1. 控制箱上之電源 AC110-60 HZ。
2. 本系統共有二個不斷電系統，分別提供 Web 伺服器及前端資料記錄器 IPC 電源。如遇短暫停電，仍可正常作業。
3. 系統開機後，自動讀取系統資料，並開始記錄觀測資料。
4. 本系統可透過瀏覽器觀看及操作。畫面分成上、中、下三層；最上層為系統狀態區；中間層為讀取量測值區，最下層為警報及頻道顯示區。

二、系統參數設定操作程序

1. 系統參數設定，可透過密碼登錄方式，取得授權，位於畫面左上角標示設定，可執行設定相關系統參數。
2. 系統參數可設定跑馬燈之文字及顏色，以提醒或通知網路上其他使用者最新訊息。
3. 系統狀態當與前端資料記錄器連線時為正常值 0，斷訊時為-1。
4. 本系統共有 40 個測量頻道，依序可自訂頻道名稱、計量單位、儀器種類、高警戒值、低警戒值、零位值、係數及物理量。
5. 若檢測器故障發生警戒值，可在頻道設定故障的註記。
6. 在系統畫面右下角提供查閱頻道基本資料。
7. 當測量值超過警戒值時，會在系統畫面左下角出現，並依事先之設定，低警戒值發出警示燈，高警戒值發出警示燈及警報器。
8. 網路使用者通過帳號及密碼認證後，在管理者權限時，警報顯示畫面有設定及清除按鈕。在按下清除鈕，先前的警報訊息即不再顯示。按下設定鈕，則可做存檔、重置警報、取消警報等。

臺灣地區河川水文觀測系統 - Microsoft Internet Explorer

經濟部水資源局

警報 維修 列印 傳輸

儲存時間 秒 03/15/2001

記錄筆數 10:25:31AM

消息 警報民安、風雨預報

說明 設定 列印 儲存

結束 維修 記錄 監控

001 水位儀01 cm	002 水位儀02 cm	003 水位儀03 cm	004 水位儀04 cm	005 水位儀05 cm	006 水位儀06 cm	007 水位儀07 cm	008 水位儀08 cm
009 水深儀01 cm	010 水深儀02 cm	011 水深儀03 cm	012 水深儀04 cm	013 水深儀05 cm	014 水深儀06 cm	015 水深儀07 cm	016 水深儀08 cm
017 流速儀01 m/s	018 流速儀02 m/s	019 流速儀03 m/s	020 流速儀04 m/s	021 流速儀05 m/s	022 流速儀06 m/s	023 流速儀07 m/s	024 流速儀08 m/s
025 流速儀09 m/s	026 流速儀10 m/s	027 流速儀11 m/s	028 流速儀12 m/s	029 流速儀13 m/s	030 流速儀14 m/s	031 流速儀15 m/s	032 流速儀16 m/s
033 雨量計01 mm	034 雨量計02 mm	035 雨量計03 mm	036 雨量計04 mm	037 雨量計05 mm	038 雨量計06 mm	039 雨量計07 mm	040 雨量計08 mm

警報顯示

設定 存檔

GO 頻道 < 01 >

起始點 01 結束點 01 歷史 > 走勢圖 > 列印

001 >

頻道名稱 水位儀01
頻道單位 cm
儀器種類 水位儀
高警戒值
低警戒值
零點值
單位 物理量

CH-01 DATA REC- 2001年3月15日 上午10:25

圖 10-7 系統軟體首頁

三、統計資料程序

1. 在系統畫面的左上方有存檔、報表及繪圖按鈕，提供統計資料。
2. 存檔按鈕可依指定的開始日期時間至結束日期時間製成本文檔，提供使用者下載。
3. 報表按鈕可依指定的開始日期時間至結束日期時間製成報表，提供使用者線上查詢或列印。
4. 繪圖按鈕可依指定的開始日期時間至結束日期時間製成曲線圖，提供使用者線上查詢或列印。

在系統維護時，可設定維護中，暫時停止觀測服務。待維護完畢後，才取消維護設定，恢復正常連線。如遇電力中斷時，系統可暫時由不斷電系統供電，但電池電力耗盡時，就無法連線。但重新供電後，系統會自行啟動，自動連上網路提供服務。

10.5 維護保養規劃

整體系統故障檢修作業流程如圖 10-8 所示，其功能檢測工作項目內容如下：

1. 電力線檢測：用電表量測輸入市電(在主控制箱後之配電盤)。電壓讀數應為 105~120 VAC，若超出此範圍請與台電人員聯絡，請派員檢修。
2. 主控制電腦檢測：首先應確認主控制電腦要能正確動作，可由電腦螢幕得知監控程式是否正在執行。若無法正確執行可能是主控電腦故障或監測作業系統損壞。請通知原設計廠商派員處理。
3. 不斷電電源檢測：不斷電電源可分兩部分檢測。目視檢測：首先用目視檢查面板上之指示燈是否正確。正確時指示燈為 ON LINE 及 INV 亮起，否則工作模式不正確，請重新啟動。功能檢測：將市電關閉此時會

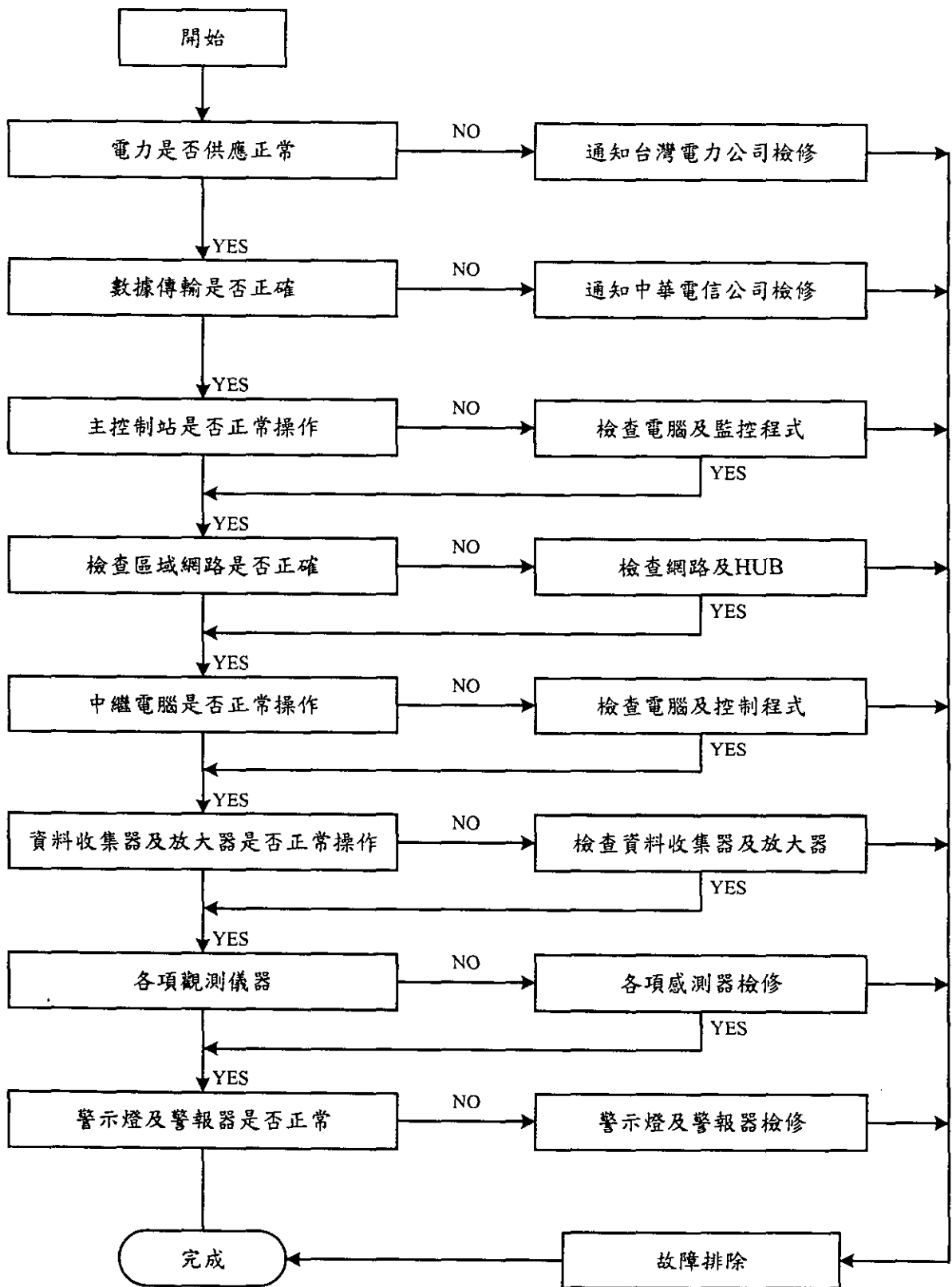


圖 10-8 系統故障檢修流程圖

- 自動跳入 UPS 工作模式，若無此功能，則 UPS 故障，請送修。
4. 數據網路檢測：利用網際網路進入系統此監控程式，若無法連線或進入，請先檢查有關數據機、網路卡及數據連接線等。有必要時可與中華電信聯絡，派員檢修。
 5. 區域網路檢測：利用目視檢查在監控電腦螢幕顯示器右上方有一狀態顯示為「傳輸」。綠色字體顯示傳輸正常，紅色字體表示無法與中繼電腦連線。表示區域網路故障，請檢查有關區域網路傳輸之部分；如網路卡、集線器、區域網路線及中繼電腦等。
 6. 中繼電腦檢測：中繼電腦內含單板電腦卡及類比至數位轉換卡。主控電腦端資料無法讀取前端資料時，有可能是中繼電腦之前出問題，可先將中繼電腦電源重新開機或重置電腦看是否正常。若仍無法正常運作，要接上一台顯示器檢查中繼電腦是否正常傳送資料。若無此畫面則可斷定中繼電腦故障，請更換電腦。
 7. 類比至數位轉換器檢測：此介面卡放置在中繼電腦箱內。若已確定中繼電腦及前端資訊處理器為正常運作，但仍無法正常讀取數據，則可判別是此卡故障，請更換即可。
 8. 感測器電源檢測：目視檢查感測器電源時可看到電源輸出端紅色 LED 亮起，表示供電正常。反之則為故障。若要確定電壓是否正常，可用三用電表直流電壓檔量測電壓輸出。靠近左邊為感測器電源，輸出電壓為 18 VDC。右邊電源為前端訊號處理器電源，輸出電壓為 ± 15 VDC。
 9. 前端訊號處理器檢測：前端訊號處理器共有三片電路板，每片電路板可提供 16 頻道的類比訊號輸入，輸出至類比至數位轉換器介面卡。若假設前面第 6、7 及 8 項皆正常且感測器亦正常，仍無法讀取資料，則可判定為前端訊號處理器故障，更換即可。

10.6 儀器建置經費評估

本研究期間陸續完成流速儀、測深儀、泥砂觀測採樣儀等觀測技術，及六套儀器原型的規劃、設計、製作及測試改良工作。各項儀器功能雖皆能符合初始設計目標，但仍極有必要進行長時間之野地測試，以進一步增修相關儀器功能。考量本研究所開發六套儀器模型的基本功能，約略評估未來翻製所需經費，如表 10-1 所示，以提供原型儀器推廣研製作業參考。

表 10-1 原型儀器建置經費評估

儀器項目	建置經費
電磁式流速儀	350,000
差壓式流速儀	300,000
壓力式測深儀	250,000
推移質泥砂採樣儀(I)	250,000
推移質泥砂採樣儀(II)	200,000
抓斗式採樣器	200,000

(單位：元)

第十一章 河川水文觀測儀器後續現地長期觀測規劃

本研究逐項進行完成電磁式及差壓式流速儀、河床沖淤變化觀測儀(測深儀)及自動化泥砂觀測採樣儀等自動化河川水文觀測儀器、觀測技術等規劃製作研究。研擬過程中，因考量水文觀測儀器於天然河川中使用時之各種需求與限制因素，以及研究過程中陸續獲得較新資訊，故原有規劃設計內容一直不斷地修訂擴充。再者因希望本研究所研發觀測技術及儀器能繼續修正以適用於高流速河川條件，實有必要於汛期期間進行實地測試研究工作。本研究執行期間僅半年餘，故建議規劃於本研究執行期後，仍將本研究執行成果中相關儀器暫交本研究群管理維護，並進行為期半年之現地測試研究。測試期間除視情況，以機動或定點方式進行長期河川水文觀測資料外；亦將視研究結果，持續修訂儀器功能及觀測程序。測試期結束後，除將整理觀測成果發表外，亦將本研究儀器原型確定，並重新塑模組裝，將儀器呈交 貴局，作為未來進一步研發或應用之參考。初步研擬規劃以下二階段後續測試校驗及現地長期觀測計畫：

(一) 測試與校驗計畫

本研究所研擬規劃製作的流速儀、河床沖淤變化觀測儀(測深儀)及泥砂觀測採樣儀等河川觀測儀器，除流速儀之電磁式及差壓式感應元件為國外原廠製作進口外，多數儀器零組件率皆由國內機電、機械廠商製作生產，再由本研究團隊設計監造組裝完成。國外進口感應元件部分於輸出國當地皆已進行符合國際標準測試校驗，國內感應組件則於各製作廠出廠前完成測試檢驗；而組裝後儀器則於試驗室內進行測試。惟各儀器原型仍處開發研擬階段，故各部機械組件屢經修正調整，建議規劃本研究所研發六組自動化觀測儀器，經一段時間測試修正後，再進行較完整校驗工作。

(二) 現地長期觀測計畫

整體現地長期觀測計畫，如表 11-1 所示，觀測時程自 90 年 4 月至 90 年 10 月，觀測項目包括河川流速、河床沖淤變化(水深)、河川泥沙推移質及河床質等，觀測地點則包括淡水河流域、頭前溪流域、中港溪及烏溪流域等擇定合適測站。詳細計畫內容分述如下：

(1) 流速儀觀測計畫

為評估流速儀在不同河川、高低流量及觀測環境的適用情況及限制條件，建議規劃現階段觀測計畫以機動式觀測為主。並於北、中、南區域初步擇定淡水河流域[五堵(4)測站，記錄年數為 37 年]、頭前溪流域[內灣測站，記錄年數為 28 年]及濁水溪流域[自強大橋測站，記錄年數為 13 年]等測站，作為流速儀觀測地點。

(2) 泥砂沖淤觀測計畫

本研究所研擬開發的泥砂沖淤觀測儀，同時適合應用於機動式或定點位置長期使用。初步規劃將與流速儀觀測計畫併同辦理泥砂沖淤觀測作業。

(3) 泥砂觀測採樣儀觀測計畫

本研究所研擬泥砂觀測採樣儀將同時配置測重裝置，若經過評估研擬該測點泥砂推移質含水重影響可忽略不計，則實際觀測時即可於現場進行稱重記錄，無須將採樣泥砂攜回。本項觀測計畫將配合第(1)項之流速儀觀測計畫同步進行。

表 11-1 現地觀測計畫

觀測項目	觀測地點(暫訂)	觀測期程	觀測時機	人員編組
自動化流速儀	五堵(4)、內灣、 自強大橋	90.04.01-90.10.31	每月定期一次及擇 定洪水通過時機	3-4 人及 小型搬運車
自動化測深儀	五堵(4)、內灣、 自強大橋	90.04.01-90.10.31	每月定期一次及擇 定洪水通過時機	3-4 人及 小型搬運車
自動化泥砂觀測 採樣儀	五堵(4)、內灣、 自強大橋	90.04.01-90.10.31	每月定期一次及擇 定洪水通過時機	3-4 人及 小型搬運車

第十二章 結論與建議

12.1 結論

本研究目的在於研究開發適合台灣河川現地即時觀測洪水位、洪水流速及泥砂推移載輸移量觀測技術與觀測系統。透過台灣河川水文觀測儀器評估、觀測方式擬定、觀測儀器設計、開發、製作及現地測試等研究方法，進行本土化河川洪水位、洪水深、洪水流速及河川泥砂推移載輸移量現地即時觀測研究。質言之，如何使台灣河川水文觀測技術與設施在到達符合一定準確度前提下，亦能同時符合自動化、資訊化及輕便化的要求；以提升河川水文觀測資料的品質與數量，並降低觀測人員執行觀測工作所冒風險。本研究初步完成以下主要成果：

- (1) 國內外天然河川洪水位、洪水流速及河川泥砂推移載輸移量等觀測項目，其觀測理論、方法、應用實例等比較評估。
- (2) 本研究完成流速觀測儀研擬、規劃、設計及製作工作，其流速感應元件可分為電磁式、差壓式型式感應元件。電磁式流速儀預估精度為 1-3%，測量範圍為 0-10 m/s。整體觀測儀主體為一可拆卸式配重鉛魚，主體為鋁材支架、塑鋼 FRP 材料外覆而成，待經過長期觀測測試後將重新塑模以金屬材質製作。本觀測儀除規劃流速觀測外，亦同時偵測水深位置，配合捲揚控制系統，將可同時進行自動化流速、水深位置觀測作業。差壓式流速儀更適於高速流況之量測，量測範圍大於 10 m/s，率定測試成果顯示儀器線性關係良好，值得未來加以評估擴大推廣可能性。
- (3) 本研究完成壓力式河床沖淤觀測儀(測深儀)研擬、規劃、設計及製作工作，其屬於機械型式，不易發生故障，適於惡劣觀測環境使用，且其

理論觀測值極為敏感準確。

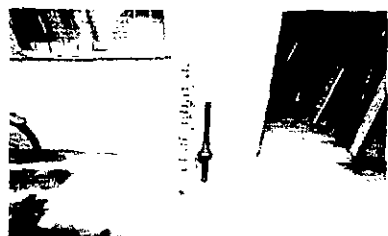
- (4) 本研究完成泥砂觀測採樣儀研擬、規劃、設計及製作工作。本觀測儀有兩種不同尺寸型式，其主要功能為當採樣儀觸底時控制開啟口門、定時距採樣後控制關閉口門、採樣後採樣儀控制上升、現場簡易拆卸採樣袋稱重記錄等作業功能。採樣器本身可依流速、拖曳力條件，進行配重調整；採樣袋篩孔亦可視泥砂粒徑條件更換。
- (5) 本研究完成抓斗式底床質採樣器研擬、規劃、設計及製作工作。本觀測器主要為具備空氣壓縮動力的抓斗式剷砂功能，因其較簡易輕便，易於移動操作，可適用 2.5 m/s 以下流速之底床質採樣工作。
- (6) 本研究將利用壓力式測深儀定點布設觀測過程，同時建置本研究所規劃的感測、傳輸、分析處理系統架構。以進行長期即時河川水深觀測作業，並深入評估檢討其普遍設置之可行性。

12.2 建議

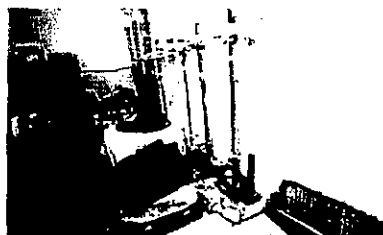
1. 本研究已初步完成流速儀、泥砂沖淤觀測儀、泥砂觀測採樣儀等觀測技術及儀器研擬、規劃、設計及製作工作。為能夠對前述觀測儀器與技術進行較完整評估研究，建議規劃能夠持續進行為期半年之現地觀測分析作業。
2. 河川水文觀測儀器及相關觀測技術，因台灣地區嚴酷河川流況，實有必要對直接觀測工作繼續加以研究改良，方能獲得更準確之河川水文基本資料，以提供作為評估防洪及水資源利用規劃工作所需。
3. 目前水利實務單位所使用河川流速儀大部分仍屬類比式訊號輸出方式，觀測資料測讀記錄較不易。建議全面改良為數位式輸出及數字型顯示方式，以提高觀測便利性，並降低可能之人為誤差。

4. 本研究所完成自動化泥砂推移質採樣器原型，將可繼續修正研究；未來除針對不同泥砂粒徑進行測試改良外，亦可修正改良作為海岸漂砂採樣器。此外，建議未來亦能持續針對泥砂懸移質觀測技術及分析方法進行評估研擬。

附照片 研究過程相關照片記錄整理



照 1 浮標流速計



照 2 懸浮泥砂底抽沈澱管



照 3 浮筒式水位計記錄器



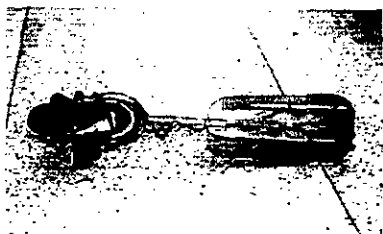
照 4 簡易型手動捲揚器



照 5 各式鉛魚



照 6 測深用鉛球



照 7 普萊氏流速儀



照 8 現地流速觀測作業(一)



照 9 現地流速觀測作業(二)



照 10 現地流速觀測作業(三)



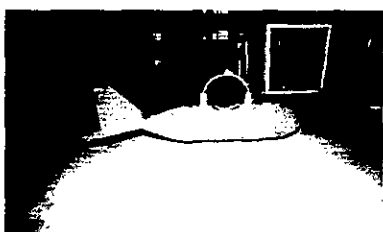
照 11 壓力式測深儀現地作業



照 12 簡易型操作桿(一)



照 13 簡易型操作桿(二)



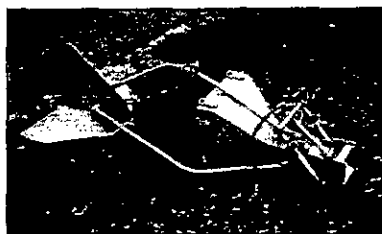
照 14 電磁式流速儀鉛魚基座(一)



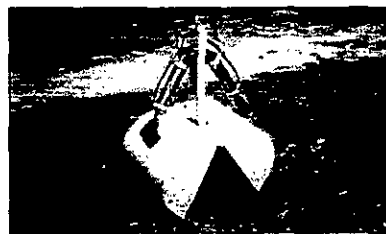
照 15 電磁式流速儀鉛魚基座(二)



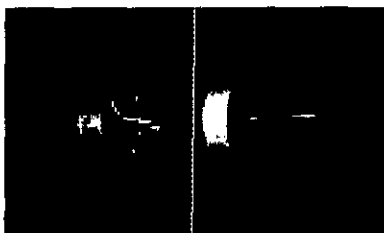
照 16 推移質泥砂採樣器 I 型



照 17 推移質泥砂採樣器 II 型



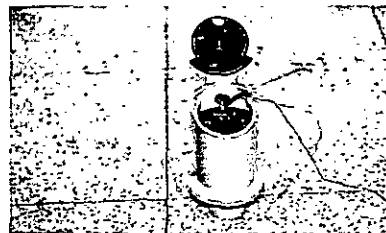
照 18 底床質泥砂採樣器



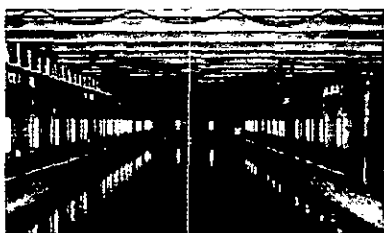
照 19 差壓式流速儀內部構件(I)



照 20 差壓式流速儀內部構件(II)



照 21 超音波式水位計



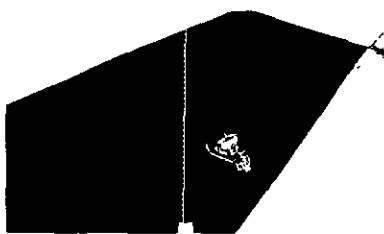
照 22 試驗場地



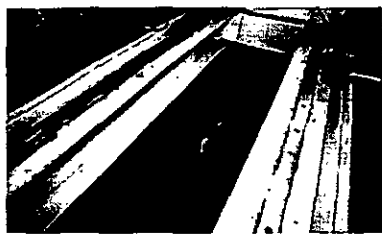
照 23 試驗準備工作



照 24 推移質泥砂採樣器測試情形(一)



照 25 推移質泥砂採樣器測試情形(二)



照 26 推移質泥砂採樣器測試情形(三)



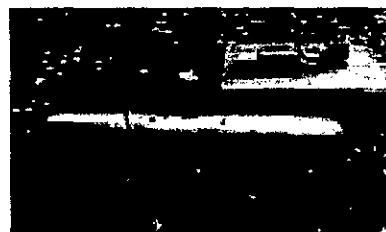
照 27 電磁式流速儀測試情形(一)



照 28 電磁式流速儀測試情形(二)



照 29 底床質泥砂採樣器測試情形



照 30 差壓式流速儀測試情形

參考文獻

1. 金以濟 (1955), “灌溉標準量水建築物—巴歇爾量水槽” 台灣水利, 第三卷, 第四期, 48-57, 台灣台北。
2. 鄭惠漢譯 (1960), “灌溉量水通常之誤差, 台灣水利, 第八卷, 第一期, 41-49, 台灣台北。
3. 經濟部水資源統一規劃委員會(1969), “水文儀器設備之運轉與維護手冊”, 經濟部, 台北市。
4. 台灣省水利局 (1969), “濁水溪洪水頻率報告”, 台灣台中。
5. 翁進壽、賴建州 (1969), “渠道輸水量損失之估算”, 台灣水利, 第十七卷, 第一期, 51-58, 台灣台北。
6. 賴秋陽 (1977), “灌溉排水工程之保養與管理”, 台灣水利, 第二十五卷, 第四期, 99-100, 台灣台北。
7. 經濟部水資源統一規劃委員會 (1967), “水文觀測手冊”, 台灣台北。
8. 經濟部水資源統一規劃委員會(1971), “水文氣象資料整理手冊”, 編號: ○○-文-28R1, 台灣台北。
9. 經濟部水資源統一規劃委員會 (1971), “水文氣象儀器之運轉與維護手冊”, 編號: ○○-文-28R1, 台灣台北。
10. 台灣省水利局 (1977), “台灣省水文站調查及水文網測站改善研究計畫報告”, 台灣省水利局叢刊 112 號, 台灣台中。
11. 林克明、邱等輝 (1980), “現代化之水文觀測設施及其管理技術考察報告”, 台灣省水利局, 台灣台中。
12. 台灣省水利局 (1981), “防洪工程規劃”, 台灣台中。
13. 台灣省水利局(1981), “濁水溪治山防洪整體規劃報告”, 台灣台中。

14. 台灣省水利局(1981), “防洪工程規劃講義”, 台灣省水利局, 台中市。
15. 台灣省水利局(1981), “水文資料分析與電子計算機應用手冊”, 台灣省水利局, 台中市。
16. 台灣省水利局(1982), “水文觀測實務講義”, 台灣省水利局, 台中市。
17. 王如意、易任 (1982), 應用水文學(上、下), 國立編譯館, 台灣台北。
18. 台灣省水利局 (1983), “淡水河、濁水溪及曾文溪流域洪水預報系統規劃研究報告 (台灣地區氣象及水文測站網調查規劃研究計劃水文部份報告)”, 台灣台中。
19. 錢寧、萬兆惠 (1983), 泥砂運動力學, 科學出版社, 中國大陸北京。
20. 高家俊 (1984), “宜蘭地區遙控自動水位站之設立(二)”, 經濟部水資源統一規劃委員會委託研究, 計劃編號: 83 水利記八(二)1.(1)第 110 號, 成功大學水利及海洋工程研究所, 台灣台南。
21. 許中杰 (1984), “水文觀測系統先期規劃”, 台北市政府工務局新建工程處, 台灣台北。
22. 林國峰 (1984), “最佳河川流量觀測之研究”, 農發會委託研究, 台灣台北。
23. 經濟部水資源統一規劃委員會 (1985) “台灣西部河川輸砂數量推估研究”, 經濟部七十四年度研究發展專題, 台灣台北。
24. 台灣省水利局 (1985), “台灣地區大型防災系統水文測站網調查規劃研究報告 (台灣地區氣象及水文測站網調查規劃研究計劃水文部份報告)”, 台灣省水利局, 台灣台中。
25. 吳宗堯等 (1985), “台灣地區氣象及水文測站網調查規劃研究第二年研究終結報告”, 中央氣象局, 行政院國家科學委員會研究計畫, 編號: NSC72-0414-P052-01, 台灣台北。

- 26.吳以鰲 (1986), 中國水資源利用, 水利電力出版社, 中國大陸北京。
- 27.侯暉昌 (1987), 減阻力學, 科學出版社, 中國大陸北京。
- 28.沈欽(1987), “台灣河川流量測觀方法改進之研究報告”, 台灣省水利局, 台灣台中。
- 29.台大應用力學研究所 (1987), “雷射多普勒流體測速技術研討會講義 (一)(二)(三)”, 台灣大學, 台灣台北。
- 30.台灣省水利局(1987), “台灣省水利局成立四十週年紀念專輯, 台灣台中。
- 31.簡俊彥 (1987), “濁水河流域洪水預報系統之建立研究報告”, 行政院國家科學委員會防災研究報告 74-66, 台灣台北。
- 32.台灣省水利局 (1987), “花蓮溪水系治理規範報告”, 台灣台中。
- 33.陳憲仁等 (1987), 治河與防洪, 中國土木水利工程學會, 台灣台北。
- 34.蘆田和男、高橋保 (1987), 河流泥砂災害及其防治, 水利電力出版社(譯), 中國大陸北京。
- 35.蘇重光、連惠邦 (1988), “推移載採樣自動化之研究”, 第四屆水利工程研討會, 616-631, 台灣。
- 36.瀨良昌憲、神田撤 (1988), “超音波流速計及天然河川流速測定”, 第32回水理講演會論文集, 353-358, 日本。
- 37.中國水利學會 (1988), 泥砂手冊, 中國環境科學出版社, 中國大陸北京。
- 38.川西澄、余越正一郎 (1989), “太田川感潮部之非定常亂流”, 土木學會論文集第405號, 119-127, 日本。
- 39.楊忠景等 (1989), “水文資訊管理系統”, 台灣電力公司七十八年度研究發展專題, 台灣台北。
- 40.易任 (1989), 渠道水力學, 東華書局, 台灣台北。

41. 錢寧、張仁、周志德 (1989), 河床演變學, 科學出版社, 中國大陸北京。
42. 張海燕 (1990), 河流演變工程學, 科學出版社 (譯), 中國大陸北京。
43. 黃柏松 (1990), 實用水力工程學, 科技圖書股份有限公司, 台灣台北。
44. 謝鑿衡等 (1990), 河床演變及整治, 水利電力出版社, 中國大陸北京。
45. 經濟部水資源統一規劃委員會(1991), “水資源水質檢驗技術手冊”, 經濟部, 台北市。
46. 虞國興 (1991), “台灣水文頻率分析之規範標準研究(二)”, 經濟部水資
會七九科技八.[二].1.[7]-20 第 076 號。
47. 顏清連、許銘熙、吳建民 (1991), 電腦在水利工程上之應用, 中國土木水
利工程學會, 台灣台北。
48. 吳建民、顏清連 (1991), 泥砂運移學, 中國土木水利工程學會。
49. 台灣省水利局 (1991), “台灣水文資料電腦檔應用之研究—全省主要流量
站單位歷線之推求(二)”, 台灣台中。
50. 台灣省水利局 (1991), “台灣水文資料電腦檔應用之研究—全省各流域代
表之無因次單位歷線之推求(II)”, 台灣省台中。
51. 台北市政府新工處 (1991), “水文觀測系統先期規劃”, 台灣台北。
52. 戴昌暉 (1991), 流體流動測量, 航空工業出版社, 中國大陸北京。
53. 劉兆玄等 (1991), “台灣地區防災示範計畫規劃報告”, 行政院國家科學
委員會研究計畫, 防災研究報告 79-24, 編號: NSC 79-0414-P052-10, 台
灣台北。
54. 殷樹勛 (1992), 管理資訊系統的分析與設計, 儒林圖書, 台灣台北。
55. 賴耿陽 (1992), 感測器應用技術, 復漢出版社, 台灣台北。
56. 楊惠連等 (1992), 誤差理論與數據處理, 天津大學出版社, 中國大陸天津。
57. 蘇彥勛等 (1992), 流量計量與測試, 中國計量出版社, 中國大陸北京。

- 58.杜斯特、梅林、懷特洛 (1992), 激光多普勒測速技術的原理和實踐, 科學出版社 (譯), 中國大陸北京。
- 59.陳啟明 (1992), “熵觀念在流量估計上之研究”, 台大土木研究所碩士論文, 台灣台北。
- 60.台灣省水利局 (1992), “東埔蚋溪治理規劃報告”, 台灣台中。
- 61.台灣省水利局 (1992), “大安溪治理規劃報告”, 台灣台中。
- 62.林國峰、李方中 (1993), “台灣地區洪水流量頻率分析準則之建立(II)”, 經濟部水資會, 八二水科技八.[二]1.[7]第 104 號, 台灣台北。
- 63.張紅武等 (1993), “河流橋渡設計”, 中國建材工業出版社, 中國大陸北京。
- 64.台灣省水利局 (1993), “大漢溪治理基本計畫”, 台灣台中。
- 65.台灣省水利局 (1993), “大甲溪治理規劃報告”, 台灣台中。
- 66.台灣省水利局 (1993), “頭前溪治理基本計畫”, 台灣台中。
- 67.中國水利學會水利量測技術研究會 (1993), 水利量測技術論文選集, 兵器工業出版社, 中國大陸北京。
- 68.施嘉昌、徐玉標、曹以松、甘俊二 (1993), 灌溉排水原理, 中央圖書出版社, 台灣台北。
- 69.蔡長泰等 (1993-1995), “台灣河川沈滓運輸之分析(一)(二)(三)”, 經濟部水資源統一委員會委託, 台灣台南。
- 70.黃鎮台等 (1994), “濁水溪河床透地雷達探測及流量估計調查”, 經濟部科研專案, 台灣台北。
- 71.林國峰、陳啟明、邱照淋 (1994), “或然率和熵觀念於河川斷面流量估計之研究”, 第七屆水利工程研討會論文集, 國立海洋大學, 台灣基隆。
- 72.中央氣象局 (1994), “專用氣象觀測站報簡要手冊”, 中央氣象局, 台灣

- 台北。
73. 蔡清彥 (1994), “嘉南地區氣象防災實驗計劃規劃研究”, 行政院國家科學委員會研究計畫, 防災研究報告 82-44, 編號: NSC 82-0414-P052-001B, 台灣台北。
74. 台灣省水利局規劃總隊 (1994), “水面剖線計算程式 CWSE”, 台灣台中。
75. 經濟部水資源統一規劃委員會 (1994), “河道輸砂數值模式之評估研究 (IV)”, 台灣台北。
76. 國立台灣大學水工試驗所 (1994), “濁水溪下游河段河床穩定之研究 (一)”, 台灣省水利局委託計畫, 台灣台北。
77. 經濟部水資源統一規劃委員會、國立交通大學土木工程學系 (1995), “河川輸砂模式講習班”, 台灣新竹。
78. 徐義人 (1995), 應用水文學, 國立編譯館, 台灣台北。
79. 葉鎮國 (1995), 水力學及橋涵水文, 人民交通出版社, 中國大陸北京。
80. 經濟部水資源統一規劃委員會 (1995), “台灣水文網站計畫測站資料統計”, 台灣台北。
81. 台灣省水利局第十工程處淡水河觀測預報隊 (1995), “淡水河洪水預報系統計畫工作報告”, 台灣台北。
82. 台灣省水利局第十工程處淡水河觀測預報隊 (1995), “淡水河系長期水理觀測計畫工作報告”, 台灣台北。
83. 黃宏斌 (1995), “非接觸型儀器野外調查之可行性研究”, 中華水土保持學報, 第二十六期, 第一卷, 台灣台中。
84. 盧昭堯等, (1995-1997), “台灣河川流量觀測技術之開發與應用(一)(二)(三)”, 台灣省水利處研究報告, 台灣台中。

- 85.台灣省水利局(1996),“濁水溪水系治理規劃報告(濁水溪本流及支流東埔蚋溪)”,台灣省水利局,台灣台中。
- 86.台灣省水利局(1996),“八掌溪低水治理規劃報告”,台灣台中。
- 87.張斐章、高家俊、邱照淋(1996),“台灣地區水文觀測現代化方案規畫”,台大水工試驗所,台灣台北。
- 88.李英正(1996),“台灣農田水利發達誌~桃園大圳(四之一)”,農田水利,第四十三卷,第七期,28-44,台灣台中。
- 89.連惠邦(1996),“流量量測原理及其設備分析”,台灣省政府環境保護處,台灣台中。
- 90.經濟部水資源局(1996),“水權人裝置自記式量水設備規格及作業規範之研究(1/3)”,台灣台北。
- 91.盧昭堯等(1996),“台灣河川流量測觀技術之開發與應用(三)講習班講義”,台灣省水利處委託研究,台灣台中。
- 92.台灣省水利處(1996),“賀伯颱風紀實(七)”,台灣省政府,台灣台中。
- 93.成功大學水工試驗所(1996),“水權人裝置自記式量水設備規格及作業規範之研究(1/3)”,經濟部水利司委託研究,台灣台南。
- 94.台灣省水利局(1996),“高屏溪河川低水治理規劃報告”,台灣台中。
- 95.台灣省水利局(1996),“頭前溪治理基本計畫”,台灣台中。
- 96.國立台灣大學土木工程學研究所(1996),“辮狀河系沖淤模式之發展(四)”,台灣台北。
- 97.經濟部水資源統一規劃委員會(1996),“台灣水文概況”,台灣台北。
- 98.台灣省水利處(1997),“跨河構造物施設規範研議”,台灣台中。
- 99.經濟部水資源局(1997),“河川治理水文及水理規範”,台灣台北。
- 100.經濟部水資源局(1997),“水權人裝置自記式量水設備規格及作業規範

之研究(2/3)，台灣台北。

101. 蕭慶章、程桂興(1997)，實用河川工程，台灣省政府水利處，台灣台中。
102. 楊善國(1998)，感測與量度工程，全業科技圖書，台灣台北。
103. 行政院公共工程委員會(1998)，“賀伯颱風災害及復建工程紀實”，台灣台北。
104. 許盈松、連惠邦(1998)，“桃園大圳灌溉系統量水設備運用檢討改進之研究”，財團法人桃園農田水利研究發展基金會委託研究，台灣桃園。
105. 盧昭堯等(1998)，“高效率河川流量量測技術之研發與應用(一)”，經濟部水利司委託研究，台灣台北。
106. 經濟部水資源局(1998)，“台灣地區水文觀測現代化整體計畫”，台灣台北。
107. 洪芳州編譯(1998)，電力系統實務，全華科技圖書，台灣台北。
108. 白中和編譯(1998)，數位通信，建興出版社，台灣台北。
109. 王曙等(1989)，高壓測試技術基礎，兵器工業出版社，中國大陸北京。
110. 台灣省水利處(1999)，“台灣地區水文觀測現代化整體計畫一八十八年度工作成果報告”，經濟部水資源委辦，台灣台中。
111. 張哲豪等(1999)，“台灣省政府水利處水利地理資訊系統整體規劃”，台灣省政府水利處委託，台灣台北。
112. 鄭振東編譯(1999)，超音波工程，全華科技圖書，台灣台北。
113. 陳俊源(1999)，Visual Basic6 and SQL Server7 應用整合，松崗電腦圖書，台灣台北。
114. 張凱鈞等(1999)，區域網路，文魁資訊，台灣台北。
115. 許盈松(1999)，“跨河構造物監測預警系統開發計畫”，交通部科技顧問室委託，台灣台北。

116. 朱曉原 (1999), “50年來我國水文驗工作回顧”, 水文, 第五期, 1719, 中國大陸北京。
117. 梁家志, 東嘉祥 (1999), “我國水文情報預報工作的主要成就及展望”, 水文, 第五期, 20-23, 中國大陸北京。
118. 經濟部水利處(2000), 數位式雨量記錄器之操作、校核與保養要點, 水利處水源組, 台中市。
119. 經濟部水利處(2000), “河川自動化測深儀之研究”, 經濟部水利處, 台中市。
120. 交通部 (2000), “橋樑設計維修支援系統之建立 (II) - 腐蝕、地震、河沖蝕之潛勢分析及抽關技術整合”, 交通部科技顧問室, 台北市。
121. 章任企業 (2000), System 3000 簡介, 章任企業有限公司, 台北市。
122. 經濟部水利處 (2001), 台灣地區水文觀測現代化整體計畫—工作執行計畫, 水利處水源組, 台中市。
123. Beck, M. S., and Plaskowski, A (1992), Cross Correlation Flaneters: Their Design and Application, SERC, England.
124. Benedict (1977), Fundamentals of Temperature, Pressure, and Flow Measurement, John Wiley and Sons, Inc., USA.
125. Bogardi, Janos (1978), Sediment Transport in Alluvial Streams, Budapest.
126. Brebbia, C. A. and Orszag, S. A. (1989), Advence in Fluid Mechanics Measurement, Springer-Verlag Berlin.
127. Chow, Ven. T. (1964), Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Co., USA.
128. Chow, Ven Te, Maidment David R. and Mays, Larry W. (1988), Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Co., USA.
129. Chiu, C. L. (1987), “Entropy and probability concepts in hydraulics,” *J. Hydr.*

- Engrg., ASCE*, 113(5), 583-600.
130. Chiu, C. L. (1988), "Entropy and 2D velocity distribution in open channel flow," *J. Hydr. Engrg., ASCE*, 114(7), 783-756.
131. Chiu, C. L. (1989), "Velocity distribution in open channel flow," *J. Hydr. Engrg., ASCE*, 115(5), 576-594.
132. Chiu, C. L. (1991), "Application of entropy concept in open channel flow study," *J. Hydr. Engrg., ASCE*, 117(5), 615-628.
133. Chiu, C. L. (1992), "Application of probability and entropy concepts in open channel hydraulics," Entropy and energy dissipation in water resources, *V. P. Singh and M. Fiorentino, eds., Kluwel Academic Publishers, London, United Kingdom*, 321-341.
134. Chiu, C. L., Lin, G. F., and Lu, J. M. (1993), "Application of probability and entropy conception pipe-flow studies," *J. Hydr. Engrg., ASCE*, 119(6), 7436-756.
135. Chiu, C. L., and Said, C. A. (1994), "Modeling of maximum velocity in open channel flow," *Hydraulic Engrg.*, 1 (6), 381-385.
136. Chiu, C. L., and Said, C. A. (1995), "Maximum and mean velocities and entropy in open channel flow," *J. Hydr. Engrg., ASCE*.
137. Cobly, B.R., and Hembree, C.H. (1955), Computation of Total Sediment Discharge, niobrara River near Cody, Nebraska, U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap. 1357.
138. Einstein, H.A. (1944), Bed-Load Transportation in Mountain Creek, U.S. Dep. Agric., Soil Cons. Serv., Tech. Pap. 55.
139. Ferrari, Ronald L. (2001), Reservoir Sedimentation Survey Manual, USBR, Colorado.
140. Fulford, J. M., Thibodeaux, K. G., and Kaehrle, W. R. (1994), "Comparison of current meters used for stream gauging," *Hydraulic Engrg.*, 1(1), 376-385.

141. Henderson, F. M. (1966), Open Channel Flow, *The Mecomillan Company*, New York.
142. Hubbell, D. W., and Matejka, D. Q. (1959), Investigations of Sediment Transportation, Middle Loup River at Dunning, Nebraska, U.S. Geol. Survey, Water-Supply Pap. 1476.
143. Ibad-zade, Yu. A. (1992), Movement of Sediments in Open Channels, *Stroiizdat Publishers*, Moscow.
144. Jordan, P. R. (1965), Fluvial Sediment of the Mississippi River at St. Louis, Missouri, U.S. Geol.
145. Linsely, r. k., Franzini, J. B., Fregerg, D. L., and Tchobanglous, G (1992), Water-Resources Engineering, *McGraw-Hill Book Co.*
146. Lohrmann, A., Cabrera, R., and Krans, N. C. (1994), "Accoustic-Doppler Velocimeter (ADV) for laboratory use," *Hydraulic Engr.*, 1(1), 351-365.
147. Oberg, K. A., and Mueller, D. S. (1994), "Recent applications of acoustic doppler current profilers," *Hydraulic Engrg.*, 1(1), 341-351.
148. Rantz, S. F. (1982), Measurement and Computation of Streamflow :Volume 1. Measurement of Stage and Discharge, U.S Government Printing Office, Washington.
149. Rantz, S. F. (1982), Measurement and Computation of Streamflow :Volume 2. Measurement of Stage and Discharge, U.S Government Printing Office, Washington.
150. Nordin, C. F. (1964), Aspects of Flow Resistance and Sediment Transport, Rio Grande River near Bernalillo, New Mexico, U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap. 1498.
151. Subramanya, K., (1985), Flow in Open Channel.
152. USEPA (1991), "GEO-EAS 1.2.1 User's Guide (1991)", United States Environmental Protection Agency Research and Development, *Environmental*

- Monitoring Systems Laboratory Las Vegas NV 89193-3478, EPA 600/8/91/008.*
153. USGS(1966), Fluvial Sediment in the Little Arkansas River Basin Kansas, U.S. Government Printing Office, Washington.
154. USGS(1968), General Procedure for Gaging Streams, U.S. Government Printing Office, Washington.
155. USGS(1968), Selected Techniques in Water Resources Investigations, U.S. Government Printing Office, Washington.
156. Vanoni, Vito A. (1975), Sediment Engineering, ASCE, USA.
157. Yalin, M. S. (1992), River Mechanics, Pergamon Press Ltd., England.
158. Yang, Chih Ted (1996), Sediment Transport-Theory and Practice, McGraw-Hill Co., Singapore.
159. Yang, Chih Ted (1996), Sediment Transport Data, USBR, Colorado

附錄一

「天然河川流量及泥砂觀測技術與儀器本土化建置研究(1/2)」

專家學者討論辦理情形

發 言	回 應
主持人楊教授錦釧：略。	
報告人許博士盈松：略。	
<p>地層下陷防治服務團 宋博士長虹：</p> <p>本計畫研究成果有助於現場調查技術之提昇，執行單位之努力值得肯定，謹提下列意見以供本研究參考：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 河川流量之量測除流速外，尚包括通水斷面積之量測，因此量測系統之開發須包含上述兩種。測量單元惟受限於量測位置之選擇(如橋樑)，其結構物對水理之影響必須審慎評估修正觀測值。 2. 電磁式流速儀之檢核除藉水槽台車為之外，對河川高濃度礦物沈滓之環境條件，建議注意其影響分析。 3. 捲揚器之設計宜注意水流剪力及支撐垂距之力距結構分析，有關以壓力計進行水深量測，亦請注意沈滓之影響及水深量測方式設計。 	<p>許博士盈松：</p> <p>感謝宋博士之悉心指導，針對您的問題本人做以下之回答：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 的確，在河川流量之量測應同時考慮流速與通水斷面積之量測，但本研究是以循序漸進的方式為思考方向，先完成量測流速儀器之建置，再者，則考慮通水斷面積之量測，所以本次研究工作尚未涵蓋有關量測通水斷面積之儀器或方法。 2. 由於電磁式流速儀對水流的清潔度要求不高，所以並未考慮水流中礦物質對電磁式流速儀之影響，對於您的指正本研究將詳加評估考量。 3. 本研究所使用之捲揚器，其所能承受之最大載重為 50 kg，由於當初考慮捲揚器只要能負荷重錘之荷重，所以並沒有顧及水流剪力對重錘所產生之力矩，針對此部分本研究會加以分析。
<p>工業技術研究院能源與資源研究所 徐副研究員仕昇：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 水位—流量率定曲線所需的流量資料，除了流速外，大流量的斷面仍是相當複雜的問題，是否有方法可以解決？ 2. 校正需要有經過認證的輸入值，以得到儀器的器差及不確定度，是否可考慮在工研院量測中心流量實驗室做校驗。 	<p>許博士盈松：</p> <p>感謝徐副研究員之指教，就您的問題做以下答覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 就如同剛才對宋博士之回答，本研究是以循序漸進的方式為思考方向，先完成量測流速儀器之建置，再者，則考慮通水斷面積之量測，對於大流量的斷面量測，還在思考階段，所以並未列入本次研究範圍。 2. 由於本研究所使用之儀器已經過原廠之校正，如有需要會考慮在貴院再做一次的校驗。

<p>經濟部水利處第二河川局 陳課長肇源：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 可否考慮以聲納量測水深。 2. 由於實測與實驗值相當難符合，期望藉實測與實驗能相互結合。 	<p>許博士盈松：</p> <p>感謝陳課長能於百忙中抽空參加本次討論會，針對您的問題做以下答覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 由於在高流量時期，河流挾帶大量礫石滾滾而下，此時用聲納量測水深其精度會有相當大的誤差，所以本研究並未考慮用聲納量測水深。 2. 本研究也期望能使實測與實驗相結合為標的。
<p>經濟部水利處第三河川局：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 水流密度是否會影響水深量測的準確度。 2. 由於簡報上並未有水壓式測深儀，能否說明。 3. 捲揚器不只要考量其載重，更應考慮水流對重錘所造成之力矩。 	<p>許博士盈松：</p> <p>感謝貴局之指導，就貴局之問題做以下答覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 由於水的密度對量測水深之影響很小，本研究會盡可能減少於量測水深時所產生之誤差，以提高量測值之精確度。 2. 水壓式測深儀就是利用壓力與水深成正比的關係($P = \rho h$)，而量測得水深。 3. 本研究將會再對水流對重錘所造成之力矩加以分析評估。
<p>結論：</p> <p>經濟部水資源局李博士友平：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝各單位從百忙中抽空參加本次討論會，就各單位之意見，請研究執行單位將其列入參考。 2. 為使本研究順利執行，原訂於九月中提出期中報告，將延至九月底提出。 	<p>遵照會議討論，配合辦理。</p>

附錄二

期中報告(一)審查意見處理情形

審查意見	處理情形
<p>台灣大學土木系林教授國峰：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫目的之一為高洪峰流量觀測，但報告中只提到流速之觀測，本計畫大概是透過$Q = A\bar{V}$之關係式求得流量(Q)，關係式中的斷面通水面積(A)如何得到，又斷面平均流速(\bar{V})如何得到？目前報告中只提到點流速觀測。 2. 流速儀校正請考慮至現場測試。 3. 請說明儀器本土化之定義。 4. 專家討論會議請考慮分區舉行。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究規劃內容重點原係在於高洪峰流速量測工作，所以對於流量及流速間關係間之探討，僅有原則性敘述。 2. 河川現地流速觀測真值不易獲得，故於現地進行測試較合宜。此外，因現地高速流況不易遇及，本研究將藉率定水槽台車速度控制，來進行主要量化測試。 3. 本研究認為儀器本土化之定義在於觀測儀器的功能應可適合於台灣河川特性，且其相關操作、維修、養護等工作皆能儘可能可靠地由本地人員完成不同層級養護維修工作。 4. 礙於本期研究時程較短，未能有足夠時間分區辦理討論會；未來若進行延續性計畫工作，將謹遵辦理。
<p>台灣大學土木系劉教授格非：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 期中報告缺乏最近進度之詳述。 2. 各儀器之量測目標請指明如測點位置誤差、流速誤差、流量與斷面誤差。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謹將補充修訂。 2. (1)測點位置誤差：台灣地區流速觀測多藉由橋樑上吊掛流速儀方式測速，流速儀之入水測點位置誤差往往因水流拖曳效應，使得測點位置水平誤差較大(10 cm 以上)，垂向誤差次之。理論上於流速積分演算時，需將流向及測點位置誤差加以修正。但實務上作業，往往忽略不計。 (2)流速誤差：現地觀測時之流速誤差外，除儀器器差外，主要誤差來源包括鉛魚穩定性、流速儀是否受到干擾、流況極不穩定、超出儀器量測範圍等等。一般儀器於試驗室內的率定校正，往往迥異於現地複雜情況。故流速儀使用時，環境干擾所造

<p>3. 測深儀為何用壓力計為參考，卻用索長為主要計算，這與一般觀念相反。</p> <p>4. 泥砂器取樣器太小，又孔徑如何決定。</p> <p>5. 各項儀器將來斷面變化之測量方法應描述，同時修改後儀器之改進應詳細描述與驗證。</p>	<p>成誤差，往往遠大於儀器本身器差數十倍以上。</p> <p>(3)流量與斷面誤差：流量之推估往往是由流速及斷面觀測值而來，故其誤差來源亦應考量兩者因素。流速誤差已於(2)中簡述。斷面誤差主要因來自泥砂沖淤變化所造成底床變動，以及水位高低起伏之估量誤差。尤以前者誤差較大，此正是本研究水深觀測擬解決的課題。</p> <p>3. 本研究測深儀因仍對兩種方式進行比較，故兩者暫擬同時並行考量。</p> <p>4. 採樣器尺寸規格與河川流速及泥砂特性有關，本研究現階段僅預擬規劃考慮河川流速 5m/s 以下之情況。至於篩網孔徑可隨泥砂條件隨時更替。</p> <p>5. 謹遵辦理。</p>
<p>台北科技大學土木系張教授守陽：</p> <p>1. 本文偏向「原則性敘述」，建議以圖表及照片整理歸納，例如各儀器若得以照片說明更佳，並整合說明其限制與特性等。</p> <p>2. 本計畫既然強調「本土化」，建議比較國內外河川、水文等特性之異同，又國外儀器引進台灣時，其可行性評估為何？</p> <p>3. 建議以儀器之研發與評估作為本研究之重點，並加以適當之水理考慮，例如儀器置入水中時於不同流速、水深下受力情形。又例如在沖淤明顯之台灣河川接近底床之水理皆應予考慮。</p> <p>4. 面對複雜之水文環境，有無配套措施，其機電整合等方案應予評估與驗證。</p>	<p>1. 謹遵辦理。並將所有照片整理於附錄十一。</p> <p>2. 將於期末報中加以補充比較。</p> <p>3. 本研究重點主要為針對台灣河川水文觀測現況進行評估，並擬研製、開發、測試觀測儀器，以利於未來本土化儀器之建立。至於儀器於水下之受力情形、流況變化，並非本研究重點，亦非天然河川水文觀測課題上之重點。。</p> <p>4. 本研究中，機電整合方案主要進行規劃評估；建置與驗證則屬於下一階段工作。。</p>
<p>海洋大學河海工程系簡教授連貴：</p> <p>1. 本研究主要針對台灣天然河川於洪水高流量時，發展合適之本土化儀器系統，對水文現代化有實質助益。</p> <p>2. 本計畫主要在儀器研發，應針對各項儀器之關鍵技術有評估說明，例如那些是本土化研發製作項</p>	<p>1. 感謝指正。</p> <p>2. 於相關章節中說明。</p>

<p>目，那些是元件外購項目，應詳細交代，以便清楚研判研究成果。</p> <p>3. 各項儀器組合系統功能之範圍、限制及精度，應有所說明，以作為未來使用者或研發改善之參考。</p> <p>4. 系統組合完成後校正比較，對資料品質之正確性非常重要，故除元件原廠率定校正、實驗室校正外，應有現場實測之比較驗證，以評估系統之適應性。</p> <p>5. 若本研究針對天然河川相關水文高流量之觀測，如何使用本研究發展之系統應有說明與因應，以期有效推廣研發成果。</p> <p>6. 本研究利用壓力傳感器測深，如何判斷不同河川底質量測之正確性，應有說明或作為未來研發重點。</p> <p>7. 建議對自動化應定義，同時並非全部儀器系統皆需自動傳輸，故對擬整合系統即時傳輸資料項目及方式應有所說明。</p> <p>8. 本報告前四章較類似原計畫書，為突顯本研究之成果，建議期末報告應重新調整改寫。</p>	<p>3. 於報告中第七、八、九章說明。</p> <p>4. 於報告中第七、八、九章測試作業中說明。</p> <p>5. 感謝委員指正，相關儀器整合工作事項以列於計畫工作項目說明(1-5節)。</p> <p>6. 本研究中所研擬壓力式測深機構為減少泥砂對壓力傳感器之干擾，壓力傳感器設置位置高於測深重錘約1公尺。</p> <p>7. 已於報告第一章中詳加說明。</p> <p>8. 謹遵辦理。</p>
<p>交通部港灣技術研究所邱組長永芳：</p> <p>1. 自記式水位計如何達到即時觀測之目的，應加以說明。</p> <p>2. 請說明電磁式流速計之量測位置在現場應如何訂定?因其受河川流量變化及水位不定之影響。</p> <p>3. 壓力傳感器受水流流速影響很大，精度如何定出?又應如何防撞?測線距離如何決定?測深儀之訊號線是否會拉(壓)斷?訊號線太長，其訊號是否會有減衰問題?皆應在期末報告中詳述。</p> <p>4. 因河面高程無法獲知，捲揚器以測線長度來決定水深，如何分離出正確水深及其可能精度，應詳述及表明。</p> <p>5. 在現場如何確保電源供應之問題應詳加考量。</p> <p>6. 天然河川之 bedload 量測非常困難，所設計之採砂器為何需要導葉?導葉通常會影響儀器深度。</p>	<p>1. 本研究並未預擬對水位計進行研擬，惟為兼研究完整性，期末報告中將加補充。</p> <p>2. 謹將於期末報告中加以補充。</p> <p>3. 鋼索測線距離長度由儀器主機位置至底床高程間距離來決定，再加上預設安全長，應能符合需求。另訊號為固定於鋼索上，並不易遭拉斷；且類比訊號於20公尺左右距離內並不會衰減，另本研究中壓力傳感器將改成差壓式傳感器，以提高觀測精度。</p> <p>4. 已於期末報告中詳述評估。</p> <p>5. 感謝指正。</p> <p>6. 本研究中推移質採砂器之導葉設計乃因考量採器口門能與水流主流速成正交方向，惟實際測試時將視情況增加儀器配</p>

<p>7. 起始量測之設定應有依據，另自動化應儘量在無人為影響及一定精度下量測。</p> <p>8. 請期末報告中說明設置觀測站之條件。</p> <p>9. 量測應非常注重精度，請在報告中評估量測系統可能的精度。</p> <p>10. 如依設計對整個河川斷面作完量測將耗費很多時間，在該段時間內量測之數據是否可用來推估流量，尤其是分析洪峰流量。</p>	<p>重，使其能於採樣過程順利下沉。</p> <p>7. 感謝指正。</p> <p>8. 謹遵辦理。</p> <p>9. 謹遵辦理。</p> <p>10. 完全同意委員看法，此亦是國內外現況限制。不過本研究所提方式若能獲得落實，相信已是河川水文量測上一大進步。</p>
<p>工業技術研究院能源與資源研究所顏研究員志偉：</p> <p>1. 在圖 7.2 中所圖繪感應部之長度 120 mm，若是指由鉛魚往下之距離，則該圖比例似乎不對。</p> <p>2. 延續第一個問題，長度 120 mm、直徑 4.83 cm 之感應部，在高流速之情況下，對維持與流速平行之必要先決條件，將造成某種程度之影響，應在期末報告中加以評估，並提出數據佐證。</p> <p>3. 本計畫為何不用已發展成熟且體積較小之球形電磁式流速儀，以減低感應部之受力。</p> <p>4. 鉛魚上之測深儀，因在曲面上，所量測到之壓力為動壓力及靜壓力之合力，雖然動壓力應比靜壓力小，但就儀器開發之立場，仍應有數據說明。</p> <p>5. 報告申第 8-5 頁中 8.5 節第 2 行，表 4-1 應更正為表 8-1。</p> <p>6. 金屬重錘可能產生分離流現象，因此表 8-1 之室內測試結果，其測試之條件為何？應加以說明，以明瞭是在何種流速下會產生這些誤差。</p> <p>7. 由於電磁式感應部在鉛魚底部，因此如在高流量時，河流夾帶大量礫石時，應注意如何防護。</p> <p>8. 開發之儀器，最後終必須與傳統流速儀 rotor current meter(RCM)來比較，因此期末報告中應有實驗室之比較及 field data 之比較，以驗證所設計之流速儀確實優於 RCM。</p> <p>9. 本計畫所設計之電磁式自動化流速儀，與自動化 RCM 之差異，主要在所採用之 sensor 不同。因此 RCM 所遭遇之問題，電磁式自動化流速儀應加以克服，建議應在期末報告中說明，以彰顯本計畫</p>	<p>1. 謹遵修訂。另感應部總長為 12 公分，惟其感應點僅限於感應部頂頭(0.5 公分處)附近。</p> <p>2. 經拖曳測試，鉛魚體與流速平行並無疑慮。</p> <p>3. 因採購作業不及，未能同時組裝比較，採進一步蒐羅資料列入報告中。</p> <p>4. 測深儀壓力計孔口鉛垂朝下，且其外部有多層濾孔，並不致受動壓影響。</p> <p>5. 謹遵辦理。</p> <p>6. 表 8-1 之測試條件為空氣中之測試，並非水下測試。</p> <p>7. 本研究所考慮流速觀測點在於 1/2 水深以上位置，另未來若能購置不同型式感應部將可考慮裝置於鉛魚前端頭部。</p> <p>8. 已補充，詳見報告第七章。</p> <p>9. 已補充，詳見報告第七章。</p>

<p>之功效。</p> <p>10. 圖 5.9 中所示之電磁式流速儀與目前規劃採用之感應元件不相同，建議將其感應元件應更新圖示。</p>	<p>10. 已修訂。</p>
<p>黃簡任工程司月娟：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 下一次專家檢討會請邀請本次審查委員及水利處河川局相關專家學者至現場了解實測狀況。本次委員意見亦請參納辦理，以供現場進一步之檢討。 2. 本計畫本土化目標，依個人淺見，係為改進現有觀測技術及儀器，使之更適合本土水文狀況之觀測。本計畫目前係將國外進口之元件由本地予以組裝、維護，(亦即組裝、維護本土化)，若經由研究確定可行，未來可再進一步推廣。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究過程，將會與水利實務人員及專家，保持密切聯繫溝通。 2. 感謝指正。
<p>李分析師友平：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫由國外購入之感應元件，其出廠證明及其校準數據，請配合相片納入期末報告附錄。 2. 因本計畫發展之系統將採自動化量測方式辦理，並以無線傳輸方式傳回控制室，惟架設在現場之系統，其儀器發生故障之訊息將如何自動 feedback 回控制室，應加以考量。 3. 於颱風高流量時期，量測儀器若發生固障，應如何排除，才可確保量得寶貴之資料。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以補充於附錄五治附錄七。 2. 感謝指正。 3. 本研究所採用電磁流速儀因無可動部位，其故障機率較低；若發生儀器水中感測部遭洪流撞擊沖毀情況，則因先前量測資料已直接儲存。惟對於整體儀器一般故障排除程序將進行研擬。

附錄三

期中報告(二)審查意見處理情形

審查意見	處理情形
<p>(一)台灣大學土木系林教授國峰：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 第五章「自動化流速儀規劃製作」能否如同第七章「自動化泥砂觀測採樣儀規劃製作」有「輸移量推估方法」一節，而加入「流量推估方法」一節，此節請撰述我國及其它先進國家(如美國 USGS)方法。 2. 第七章 7-3 節「泥砂輸移量推估方法」請詳在述，例如如何使用圖解法，又如可能加入我國及先進國家(如美國 USGS)方法。 3. 本計畫泥砂觀測採樣儀只能觀測推移質，尚缺懸移質方面之儀器，未來待完成。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將予以補充。 2. 將盡量加以補充。 3. 感謝指正。
<p>(二)台灣大學土木系劉教授格非：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請對自動化與本土化做一定義，以利審查。 2. 自動化系統元件之選擇如選電磁式流速儀、選鉛魚等之原因應該詳述。 3. 說明選擇系統之原因(前一項為元件)如傳訊系統、機械系統並說明適用之情況如河寬、河深。 4. 請將期末報告中，一年之工作列表說明。 5. 流速儀問題如下： <ol style="list-style-type: none"> (1) 各種儀器間之使用情況，電磁式流速儀是否經得起高泥砂量之測試。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 「本土化」定義已於期中審查意見(一)3 中加以說明。「自動化」之定義在於應使觀測儀器儘可能藉由可靠穩定的電機儀器輔助或完成主要觀測工作，進而避免因過度仰賴人為判斷及操作所衍生之誤差。 2. 本研究擇定電磁式感應元件作為主要流速儀，緣於前者無可動部，其觀測反應性能快速穩定，且其感應元件可量測較高流速，其量測線性關係良好。 3. 傳訊系統、機械系統應與河寬、河深條件關聯不大，主要因是現地環境、觀測站重要性、規劃設計能力、經濟評估等因素較為重要。 4. 將於期末報告中敘述說明，詳見章節 1-5。 5. 關於流速儀問題答覆如下： <ol style="list-style-type: none"> (1) 電磁式流速儀感應元件外觀通常有鐵弗龍及不銹鋼兩種，國內外

<p>(2) 流速儀本身高程如何決定。</p> <p>(3) 電磁式流速儀在距鉛魚頭 30 公分處流場會受影響。</p> <p>(4) 如何保證鉛魚在水中為水平，並測得主軸流速。</p> <p>(5) 如何自點流速推估斷面流量。</p> <p>6. 水深量測問題如下：</p> <p>(1) 如何在風大、流速大時，自索長推河深，同時此時系統載具之受力如馬達拉力，鋼索張力均應計算。</p> <p>(2) 滑索式系統很難維修，請在思考。</p>	<p>使用經驗亦有應用於水庫溢洪道入口位置之流速量測，對於河川流速之量測範圍應無此疑慮。再者，於高洪峰時期之河川流速實務量測工作，通常僅對表面流速進行觀測，其含砂濃度與泥砂衝擊力亦遠低於近河床處。</p> <p>(2) 流速儀量測之高程判讀，決定於人員操作時配備精簡多寡程度而定。依本研究多次實際訪查水利人員現地操作情形而言，若於流速不致過高，以吊索徒手操作判定水深位置之方式，應為水利人員較樂於使用之方式。本研究所研發之流速儀則亦配置水深壓力計，可用於判讀水深位置。</p> <p>(3) 將考量將電磁式感應元件與鉛魚體保持適當距離，以避免邊界層之影響。另未來將進行較完整率定校正，以推估修正係數。</p> <p>(4) 鉛魚是否與水流主流方向平行，主要決定於鉛魚體之重心平衡及尾翼導流控制情形。本研究歷經多次試驗與調整，由試驗時水下攝影結果觀察，在不同流速條件下，鉛魚體大致皆能符合前述要求。</p> <p>(5) 本研究並無意，亦無能力解決河川水文觀測所有問題；僅希望藉由本研究之研究經驗，能夠提供實務人員於河川流速量測時之便利性及精確性。是以流量計算方式仍可沿以往作業方式進行。</p> <p>6. 關於水深量測問題答覆如下：</p> <p>(1) 一般鋼索拉力、馬達拉力安全係數均遠大於 2 以上，足符合一般流況需求。</p> <p>(2) 滑索式系統於國內外野地觀測實</p>
---	--

<p>(3) 捲軸如何防止鋼索與信號線之互纏。</p> <p>7. 現場設備需特殊之保護防止雷電、下雨、漏水、颱風，而維修之頻率與費用要在設計時考慮。</p> <p>8. 請加入所有測試資料。</p> <p>9. 「泥砂手冊」為大陸在用，請重新對台灣情況作修正之建議，同時捕砂器之口太小，只適用於 s.s。</p> <p>10. 系統之發展一定要配合使用者界面，以方便使用。</p>	<p>務上沿用已久，雖然純規劃或理論性考量角度觀之，似乎會有許多誤差，但此方法仍是許多可行方法中較好的一種。其次，滑索的使用，本研究僅就現況可行方法中研擬建議，並無實際建置之規劃。</p> <p>(3) 捲軸之鋼索與信號線分屬不同捲取器，於同時使用時只要兩者捲取器間隔 50 cm 以上，應不易互纏。其次，目前工業製造技術，已可採鋼纜與訊號線以同軸併結方式為一線，惟因造價偏高，本階段暫不採用。</p> <p>7. 維護及製造所需之經濟評估，並非本研究之研究範圍。本研究於研究過程已考量未來儀器製作之可行性。</p> <p>8. 將於期末報告中補列。</p> <p>9. 「泥砂手冊」雖為中國大陸所出版，但因其中對世界各國(包括美、日、蘇等國)之泥砂採樣工具皆有完整深入介紹，故仍應為台灣泥砂工作者值得參考之文獻。此外，於本文報告中亦介紹了美國 USGS 之相關儀器。另本文所改良研製之捕砂器，係參考 USGS 之推移質捕砂器，並加以改良而成。每一種儀器皆有其適用範圍，其較適用於細砂推移質(如濁水溪流域)。另對較大卵石或塊石之推移質河川，則並無研製捕砂器之必要。</p> <p>10. 感謝指正。</p>
<p>(三)台北科技大學土木系張教授守陽：</p> <p>1. 報告之「結構」請重新調整，章節可縮少。</p>	<p>1. 本研究過程同時蒐集整理許多國內外河川水文觀測相關資料，這些成果對於國內河川水文觀測實務的瞭解及改善，有其正面的意義。故本文仍建議以原有大致架構來撰寫，而非以一般</p>

<p>2. 附錄二，如何「謹遵辦理」？應註明頁碼，做適度說明。</p> <p>3. 部分文章重疊，P4-2 與 P2-7、P2-13 與 P3-15...</p> <p>4. Slope-area Method 方法說明 (P3-9)，請 Check。</p> <p>5. 其它，表 2-3 與表 2-4 內容請 Check。流量觀測或流量測驗？P3-10 式(3-6)？</p>	<p>報告之經驗為之。</p> <p>2. 將酌作詳細說明。</p> <p>3. 將酌以精簡。</p> <p>4. 已修訂。</p> <p>5. 表 2-3，2-4 乃摘要自國外文獻，內容應無疑義。流量觀測為一般通稱，流量測驗則為水利局時期迄今，水利人員對實務工作慣稱，因廣為一般專業人員所理解，似乎無更動之必要。原 P3-10 式(3-6)內容已修訂，詳見頁。</p>
<p>(四)交通部港灣技術研究所邱組長永芳：</p> <p>1. 二年計畫，整個計畫之全貌應做說明，並且對今年度工作作說明及明年度如何做，如何到目的應有說明。</p> <p>2. 期中報告之審查意見處理情形和本文無法對應，似乎沒有回答或改進期中報告之問題。</p> <p>3. 是否做過測試，測試報告未列出來，無法判斷是否可行。</p> <p>4. 整個系統應考量風力作用？是乎本機構對不良天候之考量應再加強或說明清楚。</p> <p>5. 整個斷面量測計畫未定？全斷面量測時間多少？應評估。</p> <p>6. 俯角修正角度量測如何記錄？是否為自動記錄。</p> <p>7. 本系統對污染的影響如何？如鋼索受飛砂的影響。</p>	<p>1. 將於期末報告中補充，詳見 1-7 頁。</p> <p>2. 參照改進。</p> <p>3. 已增列補充。</p> <p>4. 雖洪峰流速之觀測通常於天候狀況極端不良情形下進行，但風力對觀測遺棄之影響仍小於水流之拖曳影響，故研究中並無特別考量。</p> <p>5. 全斷面水文觀測所需花費時間與河川斷面大小、流量精度要求有關，依現行水利人員實務經驗，中、上游河川斷面以二點法流速量測(包括測水深)，需耗時四至五分鐘。若以電磁式或壓差式流速儀配合自動化測身儀則約需一分鐘。</p> <p>6. 俯角修正角度量測記錄可採用自動化裝置。</p> <p>7. 電磁式流速儀不易受污染影響。另於河川現地飛砂狀況鮮少，即使如濁水</p>

<p>8. 自動信號的傳輸動作太多，會發生問題的機會更高，是否有考慮減少或單純動作的想法。</p>	<p>溪河口風飛砂盛行地帶，鋼索仍不致遭飛砂破壞。</p> <p>8. 參照指正，將進一步納入規劃考量因素。</p>
<p>(五)工業技術研究院能源與資源研究所顏研究員志偉：</p> <p>1. 自動化流速儀在垂直斷面上測點位置如何正確佈放至設定之深度，應加研究。</p> <p>2. 鉛魚彈體之重量，有無需要在下一年度製作一個比現在更重之元件，以供較大流速時使用，或供下降之定點之位置之誤差測試。</p> <p>3. 滑動平衡吊鉤之設計，是否真的可保持平衡，應提出說明。</p> <p>4. 捲揚器吊索最大載重為 50 kg，因此到底所設計之儀器能使用至何種流速下之量測，應提出計算之數據說明。</p> <p>5. 期中報告有一些測試數據，在本次期末報告中已刪除，是不是可以解說一下目前之測試情形。</p> <p>6. 測試儀器設置站之高程如何決定，若是裝在吊索上，位置如何決定。</p>	<p>1. 處理情形同(二)5(2)。</p> <p>2. 將依實際測試經驗提出建議。</p> <p>3. 依試驗結果，滑動及軸動平衡吊鉤設計，皆能達到原始設計目的。</p> <p>4. 捲揚器製作並非本研究原規劃工作。另若考量鉛球重 15 kg，直徑 20 cm、水流平均速度 10 m/s，則鉛球於水流中受拖曳與鉛球重量之合力約小於 50 kg。故捲揚器吊索最大載重若為 50 kg，則其要承載前述鉛球與水流條件下之總載重，則動力馬達必需降低轉速，始能應付如裕。</p> <p>5. 參照辦理。</p> <p>6. 儀器設置地點通常擇定於橋面結構物上，設置高程通常已事先測量過。另吊索之設置，於國內及國外許多先進國家已行之有年，目前仍為較經濟可行的跨河觀測方式。一般之設計常用滑車載人方式測量，其流速及水深觀測方式，則與陸上作業相同。礙於經費、時間、人力所限，研究期間並無法實際設計一吊索觀測系統，惟本文所提出之自動化測深及流速觀測方式，相信將來可進一步應用於吊索裝置上。</p>

<p>7. 採樣器佈放時間如何決定，有無可能設計滿了後傳回訊號。</p> <p>8. 系統測試評估報告，應在下一年度完成，以利儀器之推廣。</p>	<p>7. 泥砂採樣器口門施放及關閉時間，應考量實際水流、泥砂條件而定，可利用定時設定裝置來控制，應是較佳方式。</p> <p>8. 參照辦理。</p>
<p>(六)經濟部水資源局蘇科長瑞榮：</p> <p>1. 有關本研究所研究之本土化儀器，其規格性能適用性及校準資料等請補充說明，又有關在現場量測之適用性及其耐用性為何？在實驗室之量測精度為何？宜請說明。</p> <p>2. 有關本土化並非代表落後、粗糙，以台灣今日科技之優勢，相關之設備應代表科技、先進，請就所研製之設備其優勢何在？發展性如何？應用性為何？</p> <p>3. 報告 P2-1 及 P2-7 頁中所述之主要河川，次要河川及普通河川等，現行法令已採中央管</p>	<p>1. 將進一步補充，詳本報告第七、八、九章。</p> <p>2. 謹就審查委員指正意見，答覆如次： 關於本研究成果之優勢： 台灣地區河川水文觀測儀器自民國 60 年以後，陸續引進美、日等國所生產製造之儀器成品，大多皆屬於 USGS 或日本所製造或設計，絕大多數皆為工業化成品，故其相關量測範圍或規格皆為固定型式，並無法任意更動改良。再者，台灣地區河川水文觀測儀器市場胃納有限，亦無廠商願投入改良生產。近十年來，政府相關主管機關洞悉此一課題之重要，亦陸續支持或引進相關先進儀器，雖著有成果，然仍未具有實際應用的條件。本研究希望透過評估、規劃、設計、製作、測試、改良製作及現地長期測試等研究過程，嘗試能摸索出適於台灣河川觀測本土需求。如此，若研究成果是可行的，則可以在台灣當地同時翻模製作出數套原型，撥交實務單位試用。試用經驗若良好，則可進一步委託研究單位或相關合適廠商加以改良完成。以上所述，應為本研究成果之優勢、應用性及發展性所在。</p> <p>3. 參照修正。</p>

<p>河川、縣管河川，請配合修正之。</p> <p>4. 有關 PA-6 期中報告審查意見辦理情形，本局主辦科所提應將國外購入之感應元件及其出廠證明及校準數據列為附件，而回復意見雖曰謹遵辦理，為並未將該等資料依規定附錄，請補充。</p> <p>5. 有關電磁流速計吊鉤之平衡性，宜於實驗室測試 1 M/S ~ 10 M/S 流速之穩定性，由於到現場之流況變化甚速，沒有實驗室之檢驗現場之適用性就難於判斷。</p> <p>6. 本案能對水文量測儀器之本土化貢獻心力，值得肯定。</p> <p>7. 有關 P2-21 ~ P2-23 之圖 2-10、2-11、2-12、2-14 等圖不清楚，請補繪。</p>	<p>4. 參照補充。詳見附錄五至附錄七。</p> <p>5. 本研究曾進行拖曳試驗，以水下攝影觀察，其平穩性尚屬良好。故於現地使用時，僅要酌以加重配平即可。</p> <p>6. 感謝指正。</p> <p>7. 本文廣泛蒐集相關文獻，許多原始文獻相片、圖片清晰度即不佳；本文將儘量重繪或修繪。</p>
--	--

附錄四 世界重要河川水理輸砂資料

(一) 中國大陸地區

Sediment Transport in Sediment Laden Flow (Yellow River Data)

Notes:

Station	Station where the measurement was taken.
Date	Date of the measurement, in year/month/day format.
Discharge	Water discharge, in cubic meter per second.
Width	Channel width, in meter.
Depth	Mean channel depth, in meter.
Slope	Energy slope.
Conc.	Concentration of Total load including wash load, in kilogram per cubic meter.
Temp.	Temperature, in degree Celsius.

Yellow River Data

(2) Suspended sediment data

Station	Date yy/mm/dd	Sediment concentration		Bed material size distribution (% less than)							
		kg/m ³	< 0.005mm	0.01	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2
AS	590503	2.67	31.0	43.3	59.9	78.0	92.7	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590525	3.05	36.9	46.8	63.7	82.7	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590618	17.00	22.1	35.8	53.7	80.8	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590706	7.57	29.9	37.5	52.7	74.7	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590713	14.50	27.9	33.3	52.6	78.6	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590721	39.20	24.9	36.2	61.1	85.4	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590728	68.20	30.2	42.2	65.0	78.5	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590813	96.50	41.7	54.0	69.5	83.8	98.7	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590830	111.00	28.3	38.9	61.8	85.4	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590911	54.30	27.6	37.8	60.1	85.0	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590916	38.90	28.4	39.5	61.1	84.0	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	590922	33.00	24.5	35.4	60.0	86.5	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	591018	8.00	31.5	43.1	68.0	72.5	95.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	591024	10.60	22.6	33.2	58.8	78.3	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	591114	9.59	21.8	33.5	52.8	67.9	97.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	591208	4.06	31.5	43.2	62.8	81.5	92.9	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600105	3.21	28.2	38.4	57.7	74.0	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600712	4.38	28.2	38.3	58.8	78.2	95.0	99.2	100.0	100.0	100.0
AS	600723	18.30	65.3	78.5	82.3	87.4	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600728	20.40	49.5	61.1	72.8	98.0	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600803	11.90	47.3	64.1	77.8	84.0	98.1	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600809	82.60	34.8	50.7	74.9	90.9	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600820	23.10	38.2	56.3	82.8	92.5	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600825	38.00	16.0	27.8	61.8	90.3	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600828	33.90	15.7	25.1	54.5	84.4	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	600911	40.00	19.4	30.5	56.4	85.6	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	601018	1.77	17.7	25.2	39.4	67.3	83.7	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	601027	12.00	19.1	31.8	49.3	77.8	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	610525	13.90	4.8	13.9	49.0	90.6	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	610603	11.80	6.3	15.2	41.8	88.6	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	610823	16.30	5.2	15.0	53.8	91.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	610829	17.40	6.3	13.2	39.8	81.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	610901	13.80	29.4	41.9	52.3	79.5	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	620425	7.60	13.0	60.6	74.7	85.2	95.7	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	620528	7.13	11.9	40.8	57.8	78.3	95.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	620711	11.10	8.8	36.6	72.3	90.2	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	620727	28.30	19.6	65.8	80.0	87.7	97.6	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	620817	19.50	5.9	20.5	58.4	84.3	98.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	620828	13.80	6.4	12.6	57.3	84.4	98.3	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	620815	11.30	9.5	42.6	68.6	84.2	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	620928	17.30	11.0	47.7	58.6	83.0	98.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	621017	16.40	5.4	22.9	44.4	78.3	98.1	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	621027	13.30	8.9	35.4	54.8	77.1	96.8	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	621118	9.94	9.0	39.8	62.4	79.9	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	621209	5.31	8.5	29.6	47.3	70.8	93.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	630415	7.03	5.0	23.7	38.6	63.1	96.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	630516	6.84	3.9	21.6	39.0	72.6	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	630618	19.80	10.9	57.7	63.2	89.5	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	630714	28.40	44.1	65.5	86.1	94.0	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	630727	10.30	24.7	39.2	65.4	83.7	98.3	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	630808	12.30	22.4	37.9	66.8	87.3	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	630821	10.80	11.7	23.4	46.6	78.9	95.9	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	631019	15.60	16.5	24.4	42.6	71.0	94.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	631207	12.30	16.5	25.5	46.4	77.1	97.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	631208	26.00	10.4	14.5	29.8	66.4	95.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	631210	13.70	12.4	17.8	32.0	67.3	97.3	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	631212	13.90	10.8	14.9	28.1	61.1	95.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	631214	7.28	12.6	20.2	35.1	65.3	93.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	631221	11.30	9.9	12.3	26.8	61.0	92.4	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640314	15.80	5.9	10.4	21.1	44.2	64.7	98.4	100.0	100.0	100.0
AS	640403	26.40	8.8	10.1	29.1	76.1	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640405	11.80	10.5	17.5	32.4	77.5	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640407	17.00	12.7	18.0	33.0	67.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640413	9.29	11.3	18.8	29.4	59.0	90.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640514	9.70	19.8	30.6	50.3	75.6	98.1	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640626	7.14	26.5	36.2	58.0	78.3	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640714	61.80	44.5	72.2	86.0	89.0	96.0	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640727	39.70	30.4	48.8	70.0	80.6	93.8	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640805	19.20	30.7	45.2	63.7	74.8	86.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640821	75.60	25.4	45.6	72.2	86.4	96.9	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	640909	15.90	21.6	35.6	61.3	83.5	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0

Station	Date	Sediment concentration		Bed material size distribution (% less than)							
		kg/m ³	< 0.0075mm	0.01	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2
AS	640915	17.80	31.6	53.0	75.8	91.2	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	641024	18.60	15.5	27.0	42.6	66.7	94.8	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	641029	18.00	20.2	31.8	49.4	72.6	95.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	641031	23.50	21.1	37.7	59.1	77.7	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	641102	18.90	16.2	30.7	48.7	74.1	96.3	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	641208	13.30	15.8	25.7	45.1	72.6	95.2	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	641216	8.33	16.9	31.3	54.2	75.5	93.8	100.0	100.0	100.0	100.0
AS	650419	7.23	21.6	40.2	65.3	84.0	97.2	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	620404	55.30	2.4	11.1	27.5	65.6	96.6	99.8	100.0	100.0	100.0
DYD	620417	23.00	12.4	30.8	49.0	78.2	98.8	99.4	100.0	100.0	100.0
DYD	620430	25.10	1.3	3.4	32.7	60.0	98.2	99.3	100.0	100.0	100.0
DYD	620522	8.01	7.8	17.0	32.2	55.3	96.6	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	620617	43.30	4.8	20.1	43.8	70.3	95.6	99.3	100.0	100.0	100.0
DYD	620714	83.20	14.2	62.0	83.9	91.7	98.3	99.6	100.0	100.0	100.0
DYD	620717	199.00	20.1	82.0	80.8	90.5	98.5	99.7	100.0	100.0	100.0
DYD	620725	39.00	11.5	41.5	71.8	91.3	98.3	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	620726	51.80	16.7	55.3	85.2	93.2	98.5	99.8	100.0	100.0	100.0
DYD	620727	81.80	11.9	41.3	73.7	89.2	96.4	99.2	100.0	100.0	100.0
DYD	620729	54.50	12.7	47.9	78.1	91.8	97.4	99.5	100.0	100.0	100.0
DYD	620730	39.30	11.8	65.1	87.4	96.1	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	620814	43.60	10.4	33.7	62.6	88.7	97.4	99.7	100.0	100.0	100.0
DYD	620818	57.10	8.1	23.4	68.7	83.0	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	620821	17.80	9.6	29.3	59.3	86.4	96.1	99.7	100.0	100.0	100.0
DYD	620829	68.50	4.8	23.7	63.2	82.3	95.3	99.4	100.0	100.0	100.0
DYD	621011	33.10	7.7	22.8	45.5	82.8	96.3	98.9	100.0	100.0	100.0
DYD	630309	11.30	5.5	15.7	30.1	59.6	97.3	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630313	10.50	10.4	31.3	47.0	75.1	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630329	14.00	9.9	31.1	47.0	79.1	96.6	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630516	16.50	5.8	20.9	44.0	72.8	89.9	98.9	100.0	100.0	100.0
DYD	630527	48.40	17.9	46.7	68.4	81.9	92.4	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630618	19.00	22.5	55.1	78.0	90.7	96.0	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630619	55.00	17.9	58.0	59.4	79.4	86.3	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630706	77.00	42.9	59.8	78.6	93.1	96.1	98.6	100.0	100.0	100.0
DYD	630709	86.70	60.5	78.8	90.3	95.8	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630722	22.80	42.5	56.0	73.9	89.7	95.4	99.4	100.0	100.0	100.0
DYD	630725	81.20	41.8	55.6	75.6	91.8	97.0	99.7	100.0	100.0	100.0
DYD	630806	31.00	38.2	50.8	71.9	91.9	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630809	47.80	37.9	53.4	75.4	92.6	99.2	99.9	100.0	100.0	100.0
DYD	630829	45.70	54.0	68.7	75.0	87.3	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630831	189.00	39.0	49.8	69.7	89.0	98.4	99.8	100.0	100.0	100.0
DYD	630902	78.90	38.9	58.9	78.1	89.9	96.6	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630905	34.50	42.5	62.0	79.8	93.2	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	630913	78.60	19.8	32.7	57.0	84.6	97.8	99.6	100.0	100.0	100.0
DYD	631006	21.50	13.0	19.5	36.8	77.6	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	660618	68.30	45.4	70.6	87.0	91.0	97.7	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	660701	216.00	23.8	40.8	66.4	85.8	96.3	99.9	100.0	100.0	100.0
DYD	660718	62.70	29.5	49.1	71.1	85.7	96.9	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	660720	228.00	17.8	30.0	51.7	78.9	94.6	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	660726	161.00	18.0	33.1	59.4	81.6	95.6	99.9	100.0	100.0	100.0
DYD	660906	111.00	16.8	28.8	53.8	64.3	97.8	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	660916	70.50	15.6	28.0	49.0	81.0	97.8	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	661210	2.62	14.5	24.8	38.3	66.3	80.7	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	670129	4.23	12.0	15.9	34.1	64.3	90.5	99.8	100.0	100.0	100.0
DYD	670702	82.80	16.5	24.9	56.3	85.1	97.9	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	670805	80.90	32.3	40.2	66.0	87.9	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	670809	123.00	32.9	40.8	62.5	80.4	97.6	99.7	100.0	100.0	100.0
DYD	670822	125.00	29.7	36.9	58.6	81.0	96.8	99.8	100.0	100.0	100.0
DYD	670824	130.00	26.7	33.9	54.8	78.7	96.5	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	680702	149.00	36.5	50.1	72.6	90.2	98.2	99.8	100.0	100.0	100.0
DYD	680718	58.80	31.4	43.4	63.5	88.2	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	680820	41.50	18.9	27.8	53.4	82.1	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	680906	52.50	21.4	32.2	65.0	91.1	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	680916	42.00	13.7	19.4	58.2	89.0	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	810807	17.50	28.8	36.3	58.0	82.4	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	810817	94.20	37.9	47.4	65.8	85.8	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	820801	54.80	31.5	44.1	67.5	83.1	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	820802	72.20	41.3	63.0	75.6	91.5	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	820916	21.00	13.1	18.8	39.7	76.1	96.9	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	830806	31.80	28.5	38.9	58.5	82.5	96.9	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	830820	62.60	20.3	29.7	56.2	94.1	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	830827	21.80	19.8	26.6	52.7	81.6	98.4	99.9	100.0	100.0	100.0
DYD	830824	32.00	9.7	16.5	47.7	84.5	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	831006	26.70	11.2	17.8	45.0	84.8	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	840801	25.40	43.6	60.5	74.3	85.2	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	840829	118.00	17.4	29.0	57.0	83.2	97.7	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	840830	90.10	19.0	29.3	53.9	80.8	98.7	100.0	100.0	100.0	100.0
DYD	840911	39.70	14.1	22.5	52.7	90.1	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0

(二)美國地區

Sediment Transport Data in River and Natural Channels

Notes:

Velocity	Mean flow velocity in foot per second.
Width	Channel width in feet.
Depth	Mean channel depth in feet.
Slope	Energy slope times 1000.
D_{50}	Median particle size of the bed material in millimeters.
Gradation	Geometric standard deviation of bed-particle size, $0.5 (D_{84}/D_{50} + D_{50}/D_{16})$
Spec. Grav.	Specific gravity of bed particles.
Conc.	Concentration of bed-material load in ppm by weight.
Temp.	Temperature in degree Celsius.
BF	Bed form, given by the code :
	B0 Not observed
	B1 Plane bed with no or low sediment transport
	B2 Ripples
	B3 Dunes
	B4 Transition
	B5 Plane bed
	B6 Standing waves
	B7 Antidunes
	B8 Chute-pool

DATA OF NIOBRARA RIVER NEAR CODY, NEBRASKA

ID NO.	VELOCITY FT/S	WIDTH FT	DEPTH FT	SLOPE S*1000	D50 MM	SPEC. GRAV.	CONC. PPM	TEMP. DEG. C	BF
1	3.200	71.00	1.440	1.440	0.283	2.65	1610.0	5.6	B0
2	2.470	70.50	1.530	1.340	0.283	2.65	970.0	23.9	B0
3	2.260	70.00	1.440	1.250	0.283	2.65	1140.0	20.0	B0
4	3.570	70.00	1.600	1.700	0.283	2.65	1890.0	5.0	B0
5	3.610	71.00	1.620	1.700	0.283	2.65	1913.0	6.7	B0
6	4.170	72.00	1.890	1.800	0.283	2.65	2220.0	11.7	B0
7	2.330	70.00	1.430	1.290	0.283	2.65	790.0	23.3	B0
8	2.360	70.00	1.480	1.310	0.283	2.65	790.0	22.2	B0
9	2.520	70.00	1.440	1.170	0.283	2.65	1000.0	17.2	B0
10	2.450	70.50	1.570	1.270	0.283	2.65	835.0	18.3	B0
11	3.210	70.30	1.530	1.420	0.283	2.65	1780.0	15.6	B0
12	3.070	69.00	1.570	1.400	0.283	2.65	1490.0	16.1	B0
13	3.700	71.00	1.730	1.690	0.283	2.65	1900.0	14.4	B0
14	3.340	70.00	1.380	1.550	0.283	2.65	1710.0	1.7	B0
15	2.950	69.00	1.670	1.250	0.283	2.65	893.0	2.8	B0
16	3.420	71.00	1.700	1.480	0.283	2.65	1820.0	2.8	B0
17	2.150	70.00	1.560	1.250	0.283	2.65	754.0	20.0	B0
18	2.450	70.00	1.610	1.290	0.283	2.65	934.0	25.6	B0
19	2.350	70.00	1.410	1.140	0.283	2.65	503.0	21.1	B0
20	2.190	69.00	1.380	1.250	0.283	2.65	392.0	28.9	B0
21	2.350	70.00	1.610	1.160	0.283	2.65	820.0	20.6	B0
22	2.050	70.00	1.440	1.210	0.283	2.65	429.0	22.8	B0
23	3.330	70.00	1.420	1.610	0.283	2.65	1520.0	2.2	B0
24	3.110	70.00	1.360	1.610	0.283	2.65	1660.0	3.3	B0
25	3.610	70.50	1.620	1.670	0.283	2.65	2220.0	6.7	B0

DATA OF MIDDLE LOUP RIVER AT DUNNING, NEBRASKA

ID NO.	VELOCITY FT/S	WIDTH FT	DEPTH FT	SLOPE S*1000	D50 MM	SPEC. GRAV.	CONC. PPM	TEMP. DEG. C	BF
1	3.090	144.0	0.970	1.930	0.180	2.65	2310.0	3.9	B0
2	3.040	141.0	0.960	1.440	0.200	2.65	2440.0	2.8	B0
3	2.570	145.0	1.030	1.330	0.190	2.65	1500.0	6.7	B0
4	2.880	145.0	0.990	1.020	0.190	2.65	1480.0	9.4	B0
5	2.550	145.0	1.060	1.190	0.160	2.65	750.0	18.9	B0
6	2.390	144.0	1.060	1.460	0.190	2.65	632.0	21.7	B0
7	3.690	148.0	0.810	1.340	0.180	2.65	1420.0	3.9	B0
8	3.250	131.0	1.130	1.250	0.190	2.65	1800.0	0.0	B0
9	2.040	147.0	1.220	1.290	0.200	2.65	548.0	29.4	B0
10	2.720	152.0	1.030	1.310	0.230	2.65	1640.0	4.4	B0
11	3.020	123.0	1.070	1.170	0.210	2.65	2020.0	2.2	B0
12	2.050	147.0	1.100	1.420	0.210	2.65	852.0	26.7	B0
13	1.950	153.0	1.070	1.330	0.230	2.65	762.0	27.2	B0
14	2.410	148.0	1.080	1.330	0.200	2.65	686.0	28.9	B0
15	2.270	148.0	1.090	1.310	0.240	2.65	1020.0	20.0	B0

DATA OF MISSISSIPPI RIVER AT ST. LOUIS, MISSOURI

ID NO.	VELOCITY FT/S	WIDTH FT	DEPTH FT	SLOPE S*1000	D50 MM	SPEC. GRAV.	CONC. PPM	TEMP. DEG. C	BF
1	5.370	1746.0	49.90	0.0851	0.710	2.65	38.4	27.8	B0
2	5.030	1716.0	45.00	0.0632	0.780	2.65	61.6	21.1	B0
3	3.370	1633.0	30.30	0.0428	0.630	2.65	13.1	26.1	B0
4	2.150	1549.0	20.30	0.0516	0.570	2.65	11.6	1.7	B0
5	2.040	1544.0	19.70	0.0574	0.580	2.65	4.7	5.0	B0
6	3.940	1617.0	28.10	0.0603	0.190	2.65	56.8	22.8	B0
7	4.000	1635.0	30.10	0.0632	0.240	2.65	49.6	26.7	B0
8	3.610	1595.0	27.60	0.0661	0.220	2.65	36.9	26.1	B0
9	2.630	1545.0	19.80	0.0720	0.210	2.65	21.4	5.6	B0
10	3.420	1581.0	25.50	0.0720	0.230	2.65	59.5	16.1	B0
11	3.070	1551.0	24.10	0.0603	0.290	2.65	12.6	26.7	B0
12	4.220	1672.0	31.30	0.0734	0.330	2.65	80.4	13.9	B0
13	5.110	1672.0	34.00	0.0720	0.250	2.65	147.8	1.7	B0
14	2.330	1508.0	17.00	0.0822	0.310	2.65	34.7	2.2	B0
15	2.310	1510.0	15.80	0.0938	0.280	2.65	17.7	14.4	B0
16	4.760	1692.0	32.20	0.0903	0.220	2.65	226.4	9.4	B0
17	3.760	1632.0	28.10	0.0845	0.290	2.65	45.5	18.9	B0
18	2.630	1524.0	18.50	0.0816	0.370	2.65	23.7	16.7	B0
19	3.810	1622.0	27.90	0.0845	0.290	2.65	75.0	8.3	B0
20	3.410	1596.0	24.80	0.0816	0.350	2.65	69.5	13.3	B0
21	3.150	1568.0	22.10	0.0787	0.370	2.65	27.6	22.2	B0
22	5.290	1676.0	35.00	0.0932	0.340	2.65	164.0	22.8	B0
23	4.620	1638.0	31.10	0.0991	0.400	2.65	88.2	25.6	B0
24	4.450	1668.0	32.40	0.0903	0.440	2.65	64.9	19.4	B0
25	2.240	1558.0	21.40	0.0428	0.670	2.65	2.8	21.1	B0

DATA OF RIO GRANDE RIVER NEAR BERNALILLO, NEW MEXICO

ID NO.	VELOCITY FT/S	WIDTH FT	DEPTH FT	SLOPE S*1000	D50 MM	SPEC. GRAV.	CONC. PPM	TEMP. DEG. C	BF
1	4.060	272.0	2.470	0.890	0.230	2.65	730.0	14.4	B0
2	6.570	272.0	3.630	0.840	0.390	2.65	1329.0	16.7	B0
3	5.960	272.0	3.790	0.830	0.280	2.65	1294.0	21.1	B0
4	5.090	272.0	3.490	0.790	0.320	2.65	913.0	22.2	B0
5	3.710	269.0	2.760	0.760	0.300	2.65	582.0	21.1	B0
6	2.840	270.0	2.690	0.800	0.270	2.65	449.0	23.9	B0
7	6.910	270.0	3.680	0.800	0.320	2.65	1723.0	14.4	B0
8	6.880	271.0	4.460	0.800	0.290	2.65	1992.0	15.6	B0
9	7.820	270.0	4.110	0.790	0.370	2.65	1426.0	19.4	B0
10	7.710	273.0	4.800	0.800	0.290	2.65	1398.0	23.3	B0
11	6.920	272.0	4.340	0.830	0.280	2.65	1291.0	19.4	B0
12	6.270	270.0	3.430	0.740	0.340	2.65	2296.0	18.3	B0
13	6.100	266.0	2.670	0.760	0.350	2.65	1143.0	17.2	B0
14	5.060	267.0	2.960	0.760	0.270	2.65	2212.0	19.4	B0
15	3.990	270.0	3.120	0.830	0.230	2.65	693.0	18.9	B0
16	6.500	273.0	3.400	0.800	0.350	2.65	3787.0	22.2	B0
17	3.040	269.0	2.560	0.830	0.290	2.65	323.0	15.0	B0
18	2.710	133.0	3.440	0.830	0.290	2.65	540.0	18.3	B0
19	2.890	268.0	2.930	0.820	0.290	2.65	281.0	23.3	B0
20	3.160	267.0	2.640	0.830	0.220	2.65	572.0	13.9	B0
21	3.620	268.0	2.330	0.850	0.220	2.65	425.0	17.2	B0
22	3.860	640.0	1.180	0.890	0.290	2.65	592.0	17.8	B0
23	5.420	570.0	2.070	0.840	0.340	2.65	888.0	18.3	B0
24	5.730	489.0	2.180	0.830	0.310	2.65	735.0	23.3	B0
25	5.500	350.0	2.450	0.790	0.330	2.65	804.0	22.8	B0
26	3.200	370.0	2.410	0.760	0.310	2.65	366.0	21.1	B0
27	2.200	580.0	1.580	0.800	0.330	2.65	260.0	26.7	B0
28	5.610	557.0	2.150	0.800	0.240	2.65	1599.0	16.1	B0
29	6.020	541.0	2.550	0.800	0.280	2.65	1306.0	17.2	B0
30	6.170	645.0	2.190	0.790	0.220	2.65	1238.0	20.0	B0
31	5.930	637.0	2.640	0.800	0.250	2.65	1224.0	20.0	B0
32	5.640	508.0	2.720	0.830	0.300	2.65	1175.0	21.7	B0
33	4.910	520.0	2.130	0.740	0.320	2.65	974.0	20.6	B0
34	4.600	498.0	1.910	0.760	0.450	2.65	1253.0	18.9	B0
35	5.360	532.0	2.090	0.800	0.320	2.65	1008.0	25.0	B0
36	3.490	638.0	1.750	0.830	0.220	2.65	620.0	18.3	B0
37	4.010	518.0	2.280	0.760	0.290	2.65	2385.0	22.2	B0
38	3.030	632.0	1.090	0.830	0.300	2.65	374.0	16.7	B0
39	2.050	459.0	1.320	0.830	0.290	2.65	232.0	18.3	B0
40	2.230	357.0	1.440	0.820	0.290	2.65	643.0	22.8	B0
41	3.020	552.0	1.370	0.830	0.190	2.65	431.0	14.4	B0
42	3.600	335.0	1.870	0.850	0.210	2.65	376.0	18.9	B0

DATA OF MOUNTAIN CREEK

ID NO.	VELOCITY FT/S	WIDTH FT	DEPTH FT	SLOPE S*1000	D50 MM	SPEC. GRAV.	CONC. PPM	TEMP. DEG. C	BF
1	1.460	13.40	0.280	1.370	1.000	2.65	77.2	25.0	B0
2	1.480	13.50	0.300	1.390	1.000	2.65	72.4	25.0	B0
3	1.480	13.50	0.300	1.390	1.000	2.65	72.4	25.0	B0
4	1.500	13.60	0.300	1.390	1.000	2.65	81.3	25.0	B0
5	1.460	13.40	0.280	1.400	1.000	2.65	77.2	25.0	B0
6	1.740	14.80	0.430	1.500	1.000	2.65	166.7	24.0	B0
7	1.730	14.80	0.430	1.490	1.000	2.65	104.8	24.0	B0
8	1.690	14.60	0.400	1.510	1.000	2.65	131.1	24.0	B0
9	1.660	14.40	0.390	1.510	1.000	2.65	107.5	24.0	B0
10	1.650	14.40	0.380	1.490	1.000	2.65	141.6	24.0	B0
11	1.630	14.30	0.370	1.500	1.000	2.65	132.2	24.0	B0
12	1.620	14.20	0.370	1.490	1.000	2.65	101.7	24.0	B0
13	1.600	14.20	0.350	1.490	1.000	2.65	89.3	24.0	B0
14	1.590	14.10	0.350	1.480	1.000	2.65	110.0	24.0	B0
15	1.570	14.00	0.340	1.480	1.000	2.65	116.1	24.0	B0
16	1.560	13.90	0.330	1.480	1.000	2.65	119.4	24.0	B0
17	1.530	13.80	0.320	1.480	1.000	2.65	79.5	21.5	B0
18	1.540	13.80	0.330	1.490	1.000	2.65	82.4	21.5	B0
19	1.530	13.80	0.320	1.510	1.000	2.65	106.1	21.5	B0
20	1.540	13.80	0.330	1.520	1.000	2.65	103.0	21.5	B0
21	1.540	13.80	0.330	1.550	1.000	2.65	128.8	21.5	B0
22	1.540	13.80	0.330	1.560	1.000	2.65	92.7	21.5	B0
23	1.540	13.80	0.330	1.570	1.000	2.65	113.3	21.5	B0
24	1.300	12.00	0.230	1.520	1.000	2.65	71.2	25.0	B0
25	1.760	14.90	0.440	1.550	1.000	2.65	663.8	25.0	B0
26	2.340	16.30	1.010	1.790	1.000	2.65	532.6	25.0	B0
27	2.530	16.90	1.250	1.850	1.000	2.65	447.3	25.0	B0
28	2.560	17.00	1.310	1.880	1.000	2.65	392.0	25.0	B0
29	1.530	13.80	0.310	1.600	1.000	2.65	195.3	25.5	B0
30	1.530	13.80	0.310	1.590	1.000	2.65	173.6	25.5	B0
31	1.530	13.80	0.310	1.590	1.000	2.65	195.3	25.5	B0
32	1.530	13.80	0.310	1.590	1.000	2.65	173.6	25.5	B0
33	1.550	13.80	0.320	1.580	1.000	2.65	209.4	25.5	B0
34	1.550	13.80	0.320	1.580	1.000	2.65	167.5	25.5	B0
35	1.640	14.30	0.370	1.560	1.000	2.65	180.7	25.5	B0
36	1.800	15.10	0.470	1.630	1.000	2.65	134.1	25.5	B0
37	1.910	15.40	0.560	1.610	1.000	2.65	173.9	25.5	B0
38	1.910	15.40	0.560	1.630	1.000	2.65	173.9	25.5	B0
39	1.900	15.30	0.560	1.610	1.000	2.65	247.6	25.5	B0
40	1.890	15.30	0.550	1.590	1.000	2.65	224.9	25.5	B0
41	1.870	15.30	0.520	1.570	1.000	2.65	162.3	25.5	B0
42	1.850	15.20	0.510	1.580	1.000	2.65	188.0	25.5	B0
43	1.850	15.20	0.510	1.580	1.000	2.65	188.0	25.5	B0
44	1.800	15.10	0.480	1.560	1.000	2.65	176.3	25.5	B0
45	1.800	15.10	0.480	1.560	1.000	2.65	165.3	25.5	B0
46	1.780	15.00	0.460	1.590	1.000	2.65	197.7	25.5	B0
47	1.760	14.90	0.440	1.570	1.000	2.65	211.3	25.5	B0
48	1.740	14.80	0.430	1.570	1.000	2.65	153.9	25.5	B0
49	1.380	12.80	0.240	1.580	1.000	2.65	40.1	21.5	B0
50	1.280	11.80	0.220	1.610	1.000	2.65	68.7	21.5	B0
51	1.230	11.10	0.200	1.510	1.000	2.65	52.8	20.0	B0
52	1.880	14.90	0.450	1.360	1.000	2.65	255.1	20.0	B0
53	2.140	15.80	0.780	1.600	1.000	2.65	325.5	20.0	B0
54	2.260	16.10	0.910	1.750	1.000	2.65	296.0	20.0	B0
55	2.310	16.30	0.970	1.790	1.000	2.65	358.0	20.0	B0
56	1.770	14.90	0.450	1.530	1.000	2.65	186.6	15.0	B0
57	1.770	14.90	0.450	1.550	1.000	2.65	186.6	15.0	B0
58	1.760	14.90	0.440	1.550	1.000	2.65	209.0	15.0	B0
59	1.750	14.80	0.430	1.550	1.000	2.65	172.1	15.0	B0
60	1.740	14.80	0.430	1.560	1.000	2.65	156.3	15.0	B0
61	1.730	14.80	0.430	1.570	1.000	2.65	163.8	15.0	B0

DATA SOURCES

1. Cobly, B. R., and Hembree, C. H., Computation of Total Sediment Discharge, Niobrara River near Cody, Nebraska, U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap. 1357, 187 pps., 1955.
2. Einstein, H. A., Bed-Load Transportation in Mountain Creek, U.S. Dep. Agric., Soil Cons. Serv., Tech. Pap. 55, 1944.
3. Hubbell, D. W., and Matejka, D. Q., Investigations of Sediment Transportation, Middle Loup River at Dunning, Nebraska, U.S. Geol. Survey, Water-Supply Pap. 1476, 123 pps, 1959.
4. Jordan, P. R., Fluvial Sediment of the Mississippi River at St. Louis, Missouri, U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap. 1802, 89 pps, 1965.
5. Nordin, C. F., Aspects of Flow Resistance and Sediment Transport, Rio Grande River near Bernalillo, New Mexico, U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap. 1498-H, 41 pps, 1964.

(三) 世界重要河川流量資料一覽

Average flow of rivers of the world, in order of rank

Rank Order of discharge	River	Country	Drainage area (10^3 mi ²)	Length of river (mi)	Average annual discharge (10^3 cfs)	Rank order of length	Rank order of drainage area
1	Amazon	Brazil	2300	4100	6200	3	1
2	Congo	Congo	1430	2850	1460	8	2
3	Yangtze	China	750	3570	1170	5	9
4	Orinoco	Venezuela	380	1700	812	20	16
5	La Plata	Uruguay	1200	2420	779	14	4
6	Brahmaputra	Bangladesh	360	1800	699	17	19
7	Yenisei	USSR	1010	3690	699	4	6
8	Ganges	India	410	1560	657	24	13
9	Mississippi	U.S.	1240	4160	650	2	3
10	Lena	USSR	960	2680	568	10	7
11	Mekong	Indochina	307	2640	551	11	23
12	Irrawaddy	Burma	166	1250	480	26	—
13	Ob	USSR	946	3460	438	6	8
14	Tocantins	Brazil	350	1640	388	21	20
15	Amur	USSR	716	2700	385	9	10
16	Mackenzie	Canada	527	263	381	12	17
17	Saint Lawrence	Canada	396	—	348	—	15
18	Columbia	U.S.	258	1200	281	28	—
19	Magdalena	Columbia	92.7	994	265	—	—
20	Yukon	U.S.	328	1980	259	15	21
21	Zambesi	Mozambique	500	1600	250	23	11
22	Niger	Nigeria	429	2500	247	13	12
23	Indus	Pakistan	374	1900	236	16	18
24	Danube	Romania	315	1770	222	19	22
25	Pechora	USSR	124	—	141	—	—
26	Kolyma	USSR	257	—	138	—	—
27	Songkoi (Red)	Vietnam	46.3	—	138	—	—
28	Sankai (Si)	China	45.6	1250	127	27	—
29	Godawari	India	115	—	127	—	—
30	Fraser	Canada	80.8	851	125	—	—
31	North Dvina	USSR	138	800	123	—	—
32	Sao Francisco	Brazil	261	1800	99.2	18	—
33	Kujjuaq	Canada	51.5	—	90	—	—
34	Pyasnia	USSR	74.1	—	89.7	—	—
35	Neva	USSR	109	—	89.3	—	—
36	Nile	Egypt	1150	4200	87.9	1	5
37	Nelson	Canada	279	1600	83.7	22	—

(資料來源：Nace, 1970)

Average flow of rivers of the world, in order of rank(continued)

Rank order of discharge	River	Country	Drainage area (10^3 mi ²)	Length of river (mi)	Average annual discharge (10^3 cfs)	Rank order of length	Rank order of drainage area
38	Rhine	Netherlands	56	820	78.4	—	—
39	Krishora	India	117	—	68.8	—	—
40	Kuskokwim	U.S.	47.9	—	68.8	—	—
41	Saguenay	Canada	34.8	470	64.2	—	—
42	Indigirka	USSR	139	—	63.9	—	—
43	Mobile	U.S.	44.4	400	63.1	—	—
44	Hwang-Ho (Yellow)	China	260	3000	62.5	7	—
45	Copper	U.S.	24.4	—	61.1	—	—
46	Skeena	Canada	21.2	—	61.1	—	—
47	Dnepr	USSR	195	1420	60	25	—
48	Stikine	U.S.	19	—	60	—	—
49	LaGrande	Canada	37.4	—	59.7	—	—
50	Anadyr	USSR	77.2	—	59.3	—	—
51	Rhone	France	37.8	500	58.9	—	—
52	Usumcinta	Guatemala	15.4	—	58.2	—	—
53	Churchill	Canada	30.8	—	55.8	—	—
54	Po	Italy	27	400	54.7	—	—
55	Salween	Burma	108	—	52.9	—	—
56	Shatt-al Arab	Iraq	209	—	50.8	—	—
57	Nushagak	U.S.	12.4	—	49.8	—	—
58	Albany	Canada	51.7	—	49.4	—	—
59	Moose	Canada	41.9	—	48.7	—	—
60	Susitna	U.S.	20	—	46.6	—	—
61	Churchill	Canada	109	—	42.4	—	—
62	Susquehanna	U.S.	28.9	—	40.2	—	—
63	Nottaway	Canada	25.1	—	40.2	—	—
64	Saint John	Canada	21.4	—	39.9	—	—
65	Kouila-Niara	Congo	25.5	—	38.8	—	—
66	Vistula	Poland	76.1	655	37.9	—	—
67	Rupert	Canada	16.7	—	35.6	—	—
68	Yana	USSR	91.9	—	35.3	—	—
69	Nass	Canada	7.99	—	33.8	—	—
70	Negro	Argentina	37	—	33.5	—	—
71	Maniconagan	Canada	17.6	—	33.4	—	—
72	Don	USSR	163	—	33	—	—
73	George	Canada	17.3	—	32.5	—	—
74	Eastman	Canada	18.3	—	31.5	—	—
75	Mezen	USSR	30.1	—	31.3	—	—

Average flow of rivers of the world, in order of rank(continued)

Rank order of discharge	River	Country	Drainage area (10^3 mi ²)	Length of river (mi)	Average annual discharge (10^3 cfs)	Rank order of length	Rank order of drainage area
76	Pur	USSR	36.7	—	30.8	—	—
77	Loire	France	42.1	—	30	—	—
78	Thelon	Canada	55	—	29.7	—	—
79	BioBio	Chile	28	—	28	—	—
80	Karun	Iran	22.4	—	27.2	—	—
81	Valdivia	Chile	27.00	—	27.0	—	—
82	Appalachicola	U.S.	20	—	26.7	—	—
83	kamchatka	USSR	17.6	—	26.2	—	—
84	Saint Maurice	Canada	18.4	—	25.7	—	—
85	Arnaud	Canada	19.1	—	24.8	—	—
86	Santa Cruz	Argentina	5.98	—	24.7	—	—
87	Murray-Darling	Australia	409	—	24.7	—	—
88	Chao Phraya	Thailand	40	—	24.6	—	—
89	Neman	USSR	38	—	24.2	—	—
90	Elbe	Germany	52.1	—	24.0	—	—
91	Glomma	Norway	16	—	24.0	—	—
92	Garonne	France	22	—	23.9	—	—
93	South Dvina	USSR	33.9	—	23.9	—	—
94	Olenek	USSR	49	—	23.8	—	—
95	Grand Riviere	Canada	16.3	—	23.5	—	—
	Baleine			—		—	—
96	Sacramento	U.S.	27	—	23.0	—	—
97	Ebro	Spain	33.2	—	22.0	—	—
98	Aux Feuilles	Canada	16.6	—	21.9	—	—
99	Riviere Baleine	Canada	12.1	—	21.9	—	—
100	Hudson	U.S.	13.4	—	21.3	—	—
101	Hayes	Canada	41.7	—	20.8	—	—
102	Connecticut	U.S.	11.2	—	19.3	—	—
103	Kazan	Canada	27.6	—	19.2	—	—
104	Delaware	U.S.	11.4	—	18.8	—	—
105	Back	Canada	41.4	—	18.5	—	—
106	Onega	USSR	22	—	17.8	—	—
107	Colville	U.S.	19.3	—	17.8	—	—
108	Klamath	U.S.	12.1	—	17.1	—	—
109	Harricanaw	Canada	11.3	—	17.1	—	—
110	Severn	Canada	38.9	—	17.0	—	—
111	Tone	Japan	4.63	—	16.8	—	—
112	Penobscot	U.S.	9.53	—	16.7	—	—
113	Petit Mecatina	Canada	7.45	—	16.4	—	—

Average flow of rivers of the world, in order of rank(continued)

Rank order of discharge	River	Country	Drainage area (10 ⁻³ mi ²)	Length of river (mi)	Average annual discharge (10 ⁻³ cfs)	Rank order of length	Rank order of drainage area
114	Oder	Poland	42.2	—	16.1	—	—
115	Santee	U.S.	15.7	—	15.4	—	—
116	Amgun	USSR	15.8	—	15.3	—	—
117	Pee Dee	U.S.	6.3	—	15.2	—	—
118	Attawapiskat	Canada	19.4	—	15.0	—	—
119	Winisk	Canada	26.0	—	14.9	—	—
120	Kuban	USSR	17.7	—	14.8	—	—
121	Moisie	Canada	7.41	—	14.8	—	—
122	Natashkwan	Canada	6.49	—	14.7	—	—
123	Narva	USSR	21.6	—	14.7	—	—
124	Ishikari	Japan	4.9	—	14.6	—	—
125	Rioni	USSR	4.25	—	14.6	—	—
126	Potomac	U.S.	13.7	—	14.5	—	—
127	Aux Outardes	Canada	7.30	—	14.0	—	—
128	Mae Klong	Thailand	9.85	—	13.9	—	—
129	Duero	Spain	26.6	—	13.8	—	—
130	Drini	Albania	4.79	—	13.2	—	—
131	Konkoure	Guinea	6.56	—	13.2	—	—
132	Altamaha	U.S.	14.2	—	12.7	—	—
133	Savannah	U.S.	10.6	—	12.1	—	—
134	Mitchell	Australia	26.8	—	12.0	—	—
135	Mino	Spain	6.25	—	11.4	—	—
136	Wenlock	Australia	6.79	—	11.2	—	—
137	Weser	Germany	14.6	—	10.8	—	—
138	James	U.S.	10.0	—	10.8	—	—
139	Gordon	Tasmania	2.19	—	10.7	—	—
140	Burdekin	Australia	50.2	—	10.3	—	—
141	Orange	South Africa	50.2	—	10.3	—	—
142	Kennebec	U.S.	5.75	—	10.3	—	—
143	Dnestr	USSR	27.8	—	9.88	—	—
144	Roper	Australia	31.4	—	9.71	—	—
145	Coleman	Australia	9.15	—	9.64	—	—
146	Kem	USSR	10.7	—	9.64	—	—
147	Pascagoula	U.S.	6.60	—	9.57	—	—
148	Roanoke	U.S.	9.65	—	9.57	—	—
149	Cape Fear	U.S.	9.15	—	9.46	—	—
150	Ijssell	Netherlands	61.8	—	9.35	—	—
151	Archer	Australia	7.64	—	9.28	—	—
152	Pearl	U.S.	6.64	—	8.90	—	—
153	Tajo	Spain	29.4	—	8.86	—	—
154	Sabine	U.S.	9.34	—	8.68	—	—

Average flow of rivers of the world, in order of rank(continued)

Rank order of discharge	River	Country	Drainage area (10^3 mi ²)	Length of river (mi)	Average annual discharge (10^3 cfs)	Rank order of length	Rank order of drainage area
155	Saint Johns	U.S.	8.72	—	8.40	—	—
156	Tiber	Italy	6.37	—	8.26	—	—
157	North Kennedy Normandy	Australia	7.64	—	9.28	—	—
158	Daly	Australia	14.5	—	8.26	—	—
159	Ceyhan	Turkey	8.49	—	8.15	—	—
160	Adige	Italy	3.77	—	7.97	—	—
161	Merrimack	U.S.	4.79	—	7.94	—	—
162	Orange	South Africa	115	—	7.52	—	—
163	Uribante	Venezuela	3.86	—	7.45	—	—
164	Umpqua	U.S.	3.68	—	7.45	—	—
165	Pieman	Australia	0.981	—	7.42	—	—
166	Brazos	U.S.	44.0	—	7.38	—	—
167	Trinity	U.S.	17.2	—	7.27	—	—
168	Yodo	Japan	2.75	—	7.13	—	—
169	Tuloma	USSR	6.76	—	7.02	—	—
170	Eel	U.S.	3.11	—	6.99	—	—
171	Fitzroy	Australia	33.4	—	6.88	—	—
172	Victoria	Australia	13.5	—	6.88	—	—
173	Vjosa	Albania	2.49	—	6.88	—	—
174	Seyhan	Turkey	7.88	—	6.57	—	—
175	Androscoggin	U.S.	3.47	—	6.42	—	—
176	Neches	U.S.	7.95	—	6.39	—	—
177	Suwanee	U.S.	7.10	—	6.35	—	—
178	Kilzil Irmak	Turkey	30.2	—	6.35	—	—
179	Fitzroy	Australia	52.9	—	6.28	—	—
180	Guadalquivir	Spain	22.2	—	6.25	—	—
181	Escambia	U.S.	3.82	—	6.07	—	—
182	Rogue	U.S.	3.94	—	6.00	—	—
183	Neuse	U.S.	5.60	—	5.89	—	—
184	Ord	Australia	17.8	—	5.89	—	—
185	Sebou	Morocco	4.17	—	5.58	—	—
186	Clarrence	Australia	6.45	—	5.51	—	—
187	Escaut	Belgium	7.45	—	5.47	—	—
188	Coruh	Turkey	7.68	—	5.47	—	—
189	Tana Gausa	Kenya	3.50	—	5.22	—	—
190	Santa	Peru	2.08	—	5.12	—	—
191	Avacha	USSR	1.83	—	4.91	—	—
192	Kemalpasha Simav	Turkey	8.65	—	4.69	—	—
193	Pamlico	U.S.	4.40	—	4.69	—	—
194	Colorado	Argentina	4.94	—	4.62	—	—
195	Chowan	U.S.	4.94	—	4.62	—	—

Average flow of rivers of the world, in order of rank(continued)

Rank order of discharge	River	Country	Drainage area (10 ³ mi ²)	Length of river (mi)	Average annual discharge (10 ³ cfs)	Rank order of length	Rank order of drainage area
196	Sakarya	Turkey	22.5	—	4.59	—	—
197	San Joaquin	U.S.	14.0	—	4.45	—	—
198	Gilbert Staaten	Australia	28.0	—	4.34	—	—
199	Nagara	Japan	0.786	—	4.31	—	—
200	Chehalis	U.S.	1.29	—	4.20	—	—
201	Tumbes	Peru	3.86	—	4.13	—	—
202	Seman	Albania	2.04	—	3.99	—	—
203	Ponoy	USSR	3.94	—	3.95	—	—
204	Ogeechee	U.S.	4.63	—	3.88	—	—
205	Chira	Peru	1.93	—	3.85	—	—
206	Yuzhny-Bug	USSR	24.6	—	3.81	—	—
207	Saco	U.S.	1.73	—	3.67	—	—
208	Arno	Italy	3.15	—	3.64	—	—
209	Busuk Mendereo	Turkey	9.64	—	3.56	—	—
210	Oum-Er Rebia	Morocco	11.6	—	3.56	—	—

附錄五 電磁式流速感應元件相關規格文件

ELECTROMAGNETIC FLOWMETER

SENSORS:	MUT 500	MUT 2400
	MUT 1000	MUT 2500
	MUT 1100	MUT 2700
	MUT 2200	MUT 2770

with

CONVERTER MC 106

USE HANDBOOK TD 121ENG



JUNY 1999

SYMBOLS MEANING



WARNING: please refer to the concerning documentation enclosed with the goods



WARNING: electric shock danger
Operations with this symbol must be performed by skilled technicians only

* * *

THE SECTIONS OF THIS OPERATING MANUAL THAT MUST NECESSARILY BE READ BEFORE INSTALLING THE FLOWMETER ARE:

page	paragraph	subject
10	7.2	Liquid direction inside the sensor
11	7.4	Grounding
24	12.3.1	Connections between converter and sensor (for separate version only)
26	12.3.5	Grounding of the housing
26	12.3.6	Network connection
28	12.4.3	Data display choise

IT IS ALSO NECESSARY THAT YOU VIEW THE

PRESETTINGS SHEET

HANDED ALONG WITH THE FLOWMETER.

THERE, YOU WILL FIND THE MAIN PARAMETERS VALUES SET IN FACTORY.

PLEASE CHECK CAREFULLY IF THE FOLLOWING MEETS YOUR REQUIREMENTS:

parameters	function
full scale flowrate (f.s.)	01
DN	11
volume per pulse	02

JUNY 1999

TD121ENG

By using the function shown on the second column you may change the relative parameters (see paragraph 12.4.6).

INDEX

	PAGE
SYMBOLS MEANING	2
THE SECTIONS OF THIS OPERATING MANUAL THAT MUST NECESSARILY BE READ	2
The sensor - preliminary informations	5
1 - MUT 500	5
2 - MUT 1000	5
3 - MUT 1100	6
4 - MUT 2200	7
5 - MUT 2400	7
6 - MUT 2500	8
7.1 - sensor installation	9
7.2 - Liquid direction inside the sensor: how to make sense of the double arrow	10
7.3 - Other rules for a correct installation	10
7.4 - grounding	11
8 - MUT 2700 - Insertion magnetic flow meter	13
8.1 - summarized description of the structure of the MUT 2700	13
8.2 - the component parts	13
drawing D027E0: separate version - overall dimensions	plates
drawing D028E0: compact version - overall dimensions	plates
8.3 - Assembly on pressurized pipes	14
drawing D094D: orientation of electrodes axis	15
8.4 - The penetration of the sensor inside the pipe	16
8.5 - Disassembly of the meter	16
8.6 - Grounding the meter	16
9 - MUT 2770 - Insertion magnetic flow meter	17
drawing D046C0513 compact version - overall dimensions	plates
drawing D012D0127 separate version - overall dimensions	plates
10 - Installation of insertion magnetic flow meter	18
11 - Piping pressure minor than atmospheric pressure: sensors operating	19
12 - Converter MC 106	20
12.1 - General	20
12.2 - Installation	20
12.2.1 - MC 106 A - MC 106 C - Compact version	20
12.2.2 - MC 106 A - MC 106 C - Separate version and MC 106 B	20
12.3 - ELECTRICAL CONNECTIONS	23
12.3.1 - Connection between converter and sensor	23
12.3.4 - ON/OFF OUTPUT	25
12.3.5 - GROUNDING THE HOUSING	26
12.3.6 - CONNECTION TO THE ELECTRICAL MAIN	26
12.3.7 - FUSE	27
12.4 - PRESETTING OF MC 106 CONVERTER	28
12.4.2 - USE OF THE KEYBOARD	28
12.4.3 - SCHOICE OF THE TYPE OF DATA TO BE DISPLAYED	28

JUNY 1999	TD121ENG
12.4.4 - ALARM DISPLAY	29
12.4.5 - DATA AND TIME DISPLAY	29
12.4.5 - PARAMETER DISPLAY OR MODIFICATION	29
12.4.6 - THE ENTRY OF A NEW NUMERICAL VALUE	29
12.4.8 - THE ENTRY OF OTHER DATA	29
12.4.9 - ON/OFF OUTPUT	30
12.5 - EXAMPLES OF PROGRAMMING	30
12.6 - ACCESS LEVELS AND RESPECTIVE ACCESS CODE KEY	32
12.7 - CONFIGURATION FUNCTIONS AVAILABLE	33
APPENDIX 1: TRANSFORMATION FROM COMPACT TO SEPARATE VERSION	44
APPENDIX 2: THE MEANING - OPERATION - PROGRAMMING METHODS FOR A NUMBER OF FUNCTIONS	45
Functions: 5 (response delay) 38 (maximum variance) 39 (response speed threshold)	45
A2.2 - Function 10 (factory pre-setting)	47
A2.3 - Function 14 (output signal type)	47
A2.4 - Functions: 17 (dual range) 18 (autoranging)	49
A2.5 - Functions 20 and 21 (current range / frequency extension)	50
A2.6 - Functions 45 e 46 (malfunction current / frequency value)	50
A2.7 - "Empty tube" circuit functions	51
A2.8 - Function 47 (automatic zero-set calibration)	52
A.2.9 - Function 81 (flow rate simulation)	52
APPENDIX 3: ERROR OR ALARM MESSAGES VISUALIZED ON THE DISPLAY	53
APPENDICX 4: INCONVENIENCES AND SOLUTIONS	55

The flowmeter, whose this operating manual refers, satisfies the Standard EN 50082-2 (immunity) and EN50081-2 (emission) and belongs to class A.

附錄六 壓電式壓力感應元件相關規格文件

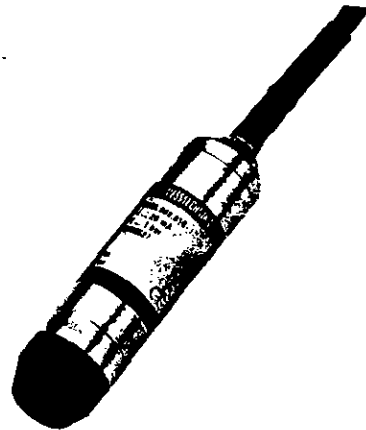
Pressure sensors Special

for submersible measurement (level)

Accuracy 0,25% or 0,5%

Standard signal output:

or	4 ... 20 mA;	2-wire system
or	0 ... 20 mA;	3-wire system
or	0 ... 5 VDC;	3-wire system
or	0 ... 10 VDC;	3-wire system



Description

The pressure sensor Special for submersible measurement has been developed especially for use in liquids for hydrostatic liquid level and level measurement. Due to the systematic use of high-grade stainless steel for the wetted parts, this sensor is suitable for the food industry without any restrictions. A hermetically sealed stainless steel case with a weather protection class IP 68 allows this pressure sensor to be immersed down to a depth of 300 m.

The inner vented connection cable makes pressure compensation of the measuring cell against the atmosphere possible and thus hydrostatic pressure measurement. The mechanical fastening of the pressure sensor does not require any additional strain relief, as the construction of the cable is suitable to take a maximum tensile force of 1000 N. Various additional weights can be screw-fitted to increase the actual weight of the sensor.

The measuring cell (piezoresistive silicon sensor) is separated from the process medium by a stainless steel diaphragm. The pressure sensors are supplied in the standard version with 4 ... 20mA or 0 ... 20mA current outputs or alternatively with 0 ... 5V or 0 ... 10V voltage output. For mains-independent service in the field, the sensor can operate with a supply voltage of 6 V.

In connection with an output signal of 0,5 .. 2,5V the pressure sensor has a power consumption of approx. 2 mA. The sensor can be equipped with a surge protection (lightning protection).

Features

- Compact design
- Weather protection class IP 68 (up to 300m depth)
- Corrosion resistant stainless steel version
- PUR sheathed cable
- Maximum tensile strength of the cable 1000 N
- Optional extra: Surge protection (lightning protection)

Ranges

Overpressure
positive 0 ... 0,1 bar up to 0 ... 25 bar

Applications

Water level measurement in potable water bells, bore holes and waste water plants

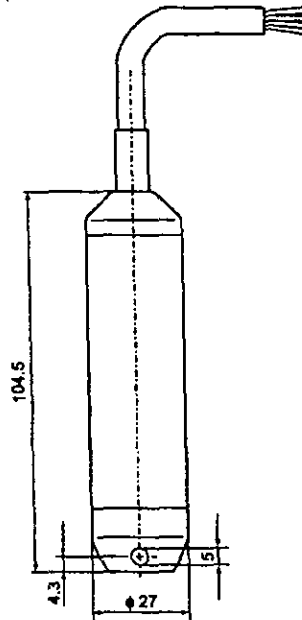
Technical data

Model	3233	3230	Options
Pressure type	positive gauge pressure		
Output signal	4 ... 20 mA - 2 - wire system		0 ... 20 mA 0 ... 5 VDC; 0 ... 10 VDC; 3 - wire system 0,5 ... 2,5 VDC 1)
Accuracy	0,5 % FS 2)	0,25 % FS 2)	
Ranges acc. to DIN	0 ... 0,1 bar up to 0 ... 25 bar		other ranges on request
Sensor element	piezoresistive		
Reproducibility	≤ ± 0,05 % FS		
Hysteresis	≤ ± 0,1 % FS		
Stability (annual)	≤ ± 0,2 % FS in rated conditions		
Pressure connection	G 1/2 A with plastic cone (PA)		different additional weights
Wetted parts	Stainless steel 1.4571, 1.4301, PUR (cable), polyolefine (shrink hose), PA-protective cone		
Overload limit	Ranges ≤ 0,4 bar 2 bar 0,6 bar 4 bar 1 bar 5 bar ≤ 2,5 bar 10 bar 4 bar 17 bar ≤ 10 bar 35 bar ≤ 25 bar 80 bar		
Electrical connection	connection cable (PUR-sheathed cable with vented capillary, tensile force max. 1000 N)		
Power supply	12 ... 30 VDC, (14 ... 30 VDC for output 0 ... 10 V)		6 ... 30 VDC, for output 0,5 ... 2,5 V
Power consumption	Output 4 ... 20 mA: Voltage output:	signal current 8 mA	approx. 2 mA for output 0,5 ... 2,5 V
Load	$\leq \frac{U_B - 12 V}{0,020 A} - 0,137 \frac{\Omega}{m} \cdot \text{cable length}$ for current output $\geq 100 \text{ kOhm}$ for voltage output		
Temperature compensated range	0 ... + 50 °C		
Temperature influence	± 0,2 % 10 K on zero point and measuring range		
Protection class acc. to DIN 40 050	IP 68		
Electric protection types	Protection against polarity crossing and short circuiting		overvoltage
Temperature ranges storage medium	-30 ... + 80 °C -10 ... + 50 °C		
Weight	Sensor cable approx. 0,18 kg approx. 0,08 kg/m		

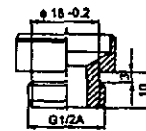
- 1) Output signal for battery powered equipment, from range 0 ... 0,25 bar
 2) Limit point setting DIN 16086

FS = of full scale value

Dimensions (mm)

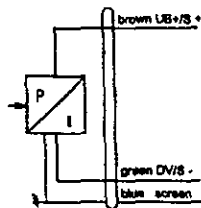


Pressure connection
under the protective cone

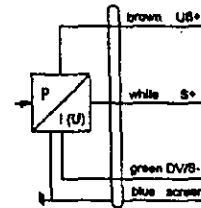


Electrical connection

2 - wire system
for flying lead



3 - wire system
for flying lead



Connection table for flying lead

	4 ... 20 mA (2 - wire)	0 ... 10 VDC (3 - wire)
Supply: + UB	brown	brown
Supply: 0V	green	green
Signal: +S	-	white
Signal: -S	-	green
Screen	blue	blue

Order details

1. Model
2. Range
3. Output signal
4. Option

Subject to change without notice

附錄七 差壓式流速感應元件相關規格文件

Date 10/15/93
Catalog CAT019315

Document No.
008-0357-00

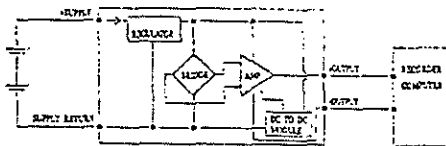


2080 Arlingate Lane Columbus, Ohio 43228
Tel (614) 850-5000 Fax (614) 850-1111

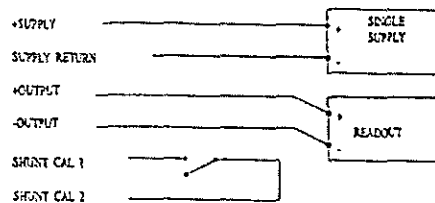
AMPLIFIED TRANSDUCER APPLICATION SHEET FOR CATALOG OPTION 2c (VEHICLE POWERED VOLTAGE AMP)

Output:	0-5 or +/- 5 volts
Operating Voltage Range:	11 - 26 volts DC
Operating current max:	40 mA
Operating Temperature Range:	-40 to 200 Deg F
Reverse Voltage Protected:	Yes
Short circuit protected:	+OUTPUT TO COMMON

Block Diagram



Typical Wiring to Supply & Readout



SHUNT CALIBRATION:

To Enable the Shunt Calibration - Short together the SHUNT CAL 1 and SHUNT CAL 2 Terminals or wires.

GROUNDING:

Either the -OUTPUT Terminal or SUPPLY COMMON can be tied to Earth ground.

OUTPUT CHARACTERISTICS:

Maximum current the OUTPUT can supply is 2.5 milliamps.

The -OUTPUT and SUPPLY RETURN are common internally.

****CAUTION**** Do not short +OUTPUT to +SUPPLY as permanent damage may result.



2080 Arlingate Lane, Columbus, OH 43228-4112
 Phone: (614) 850-6000 Fax: (614) 850-6030

Sales Order	DATE	NUMBER
PACKING SLIP	02/28/01	220247
Order	01/09/01	
Quote		HM
Ship Via	UPSCOL	
F.O.B.		
Ship Term		
Bill of Lading		

Bill To:
 1079 PASCAL HYDRAULIC & SIMULATION
 ATTN: ACCOUNTS PAYABLE
 NO 18 YU-CHEN STREET
 TAIPEI, TAIWAN, 115

Ship To:
 PASCAL HYDRAULIC & SIMULATION
 NO 18 YU-CHEN STREET
 TAIPEI, TAIWAN, 115

JEFFREY CHANG

*SEND CONFIRM TO 886 2 278 26752

****SHIP W/S/O 22259****

Payment Terms Sales Rep # 9998

Cust PO

PAYMENT IN ADVANCE R-Q-W DIRECT

PI22881

Line	Ordered	U/M	Part Number	Description	Ship Date	Shipped	Qty.
1	1	EA	060-G404-01	PDWTAT,2P5B6I MODEL PDW,	5	PSID W/W	02/28/01 1

DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSDUCER
 PRESSURE PORT: 1/4-18 NPT MALE
 CURRENT (2 WIRE) AMPLIFIER
 50 FT SUBMERSIBLE CABLE
 ACCURACY: 0.1%

Ser#: 828863

SENSOTEC

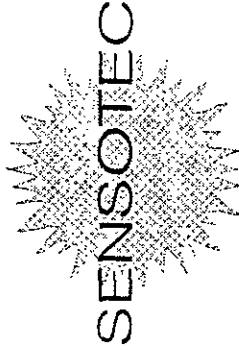
2080 ARLINGDALE LANE COLUMBUS, OHIO 43228 (614) 850-5000
INTERNET URL: <http://www.sensotec.com>

CERTIFICATE OF CALIBRATION

MODEL: PDW/G404-01	CAPACITY: 5 PSID
SERIAL NUMBER: 828863	PRESSURE
CALIBRATION DATE: Feb 14/2001	CALIBRATED AT: 5 PSID
	SUPPLY VDC: 28.0 VOLTS
LEAKAGE: ∞	CALIBRATION FACTOR: 15.9614 MA

WIRING CODE

2 WIRE CURRENT	ASIP	4-20 mA
4 COND. CABLE	19-32 VDC	SUPPLY
COLOR	DESIGNATION	
RED	(+) SUPPLY	(+9-32 VDC)
BROWN	(-) SUPPLY	(4-20 mA)
ORANGE	N/C	
YELLOW	N/C	



Accepted and Certified by: *Michael A. Stanley*
Date Printed: 2/26/2001

附錄八

期末報告審查意見處理情形

審查意見	處理情形
<p>台灣大學土木工程系劉教授格非：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 大部分期末報告的問題均已界定與回答。 2. 表 3-1 鉛球之位移換算成角度後與表 7-1 流速儀拖曳測試之角度相差很大，是否鉛球部分也做實驗來驗證。 3. 鉛魚在二維水槽中之擺動的確應該很小，但在野外高流速之亂流下是否仍能穩定，希能實地測驗。 4. 流速大時，目前現地量測只能量到表面流速是可以理解，但本計劃希望能研發標準測量步驟來克服，不應再以過去之標準為滿足。 5. 採砂儀器仍需再改進，改進方向除了報告中所言高流速之適用性外，現場樣時之移穩定度也要再測試，尤其要補充的是採樣程序如採樣時間、操作方法及反推輸砂量方法等。 6. 預期成果之第五項「現地實際設置量測設備，以進行長期性之觀測」請再多加著墨。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝指正。 2. 由於此二表所示不同，前者為公式換算而得，後者則為試驗結果。且流速儀本身體積對鉛球而言相差頗大，以致造成鋼索拖曳角度之差異。對於鉛球部分之試驗則將於第二期計畫工作中執行。 3. 此部分工作將於第二期計畫工作中執行。 4. 研究群亦認同此看法。 5. 泥砂採樣其間、操作方式及輸砂量推估實際作法，需配合現地長期測試經驗累積方能完成，故建議於第二期計畫中執行。 6. 擬加以修訂補充。
<p>台灣大學土木工程系林教授國峰：</p> <p>前次審查本中所提意見已反應於本次報告中，本人無特別意見。以下意供未來執行之參考。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 前次章名強調「自動化」，此次章名的「自動化」文字，不知為何刪除？ 2. 計畫名稱有儀器本土化，但所建置儀器之重要元件皆為外國進口，未來報告中宜強調本土化之部分。 3. 流速儀亦配置水深壓力計，此壓力計是否和河川沖淤變化觀測的壓力式測深儀相同。 4. 觀測技術亦為主題，因此宜多加著墨，然部分項目之觀測技術內容不多，例如 3.12 節「河川泥砂觀測技術」。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 前述修正係參照其中部分審查意見。 2. 感謝指正。 3. 流速儀及沖淤變化觀測的壓力計原理相同。 4. 有關河川泥砂觀測技術之研討除於 3.12 節中提及外，並於第六章「輸砂量觀測作業」有較詳細之評估。

<p>台北科技大學土木工程系張教授守陽：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究加入少分析之圖表，內容頗為豐碩，值得肯定。 2. 本省河川豐枯懸殊，各儀器適用範圍適度選擇頗為重要，是為未工作重點。 3. Price 流速儀可否修改為自動計數？ 4. 差壓式流速儀皮托管於總壓量測會否因「矽膠」阻塞而影響速度水頭之量測。 5. 流速儀之拖曳試驗之目的應為代表深度之推估？若是應進一步建立不同速度與拖曳角度與深度關係。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝指正。 2. 謝謝指正。 3. 本研究建議亟有必要先就 Price 流速儀自動化工作加以完成。 4. 矽膠油應用於差壓管已有許多成功經驗，並不致影響速度水頭量測。 5. 流速儀拖曳試驗主要目的係瞭解流速儀在不同水流速度條件下之穩定度。
<p>台灣大學河海工程系簡教授連貴：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究特別著重考量河川觀測設備庇等合野外現地惡劣環境與天候條件，以落實本土化真正需求，應加強各項設計原理、功能，目標及經由系統整合率定、檢校、測試報告之資料說明，以評估其適用性及使用範圍，如此較能符合儀器本土化之精神。 2. 本研究所發展之測深儀，因極為敏感，若依文中所述之缺點(如 p8-1 所述)如何能研保及驗證結論(3)，適於惡劣觀測環境使用，請說明。 3. 本研究所發展之量測儀器，應有與傳統量測系統(或目前常使用之測量方式)進行比較校測，以評估信賴度。 4. 本計劃研擬擇定具代表性本土河川做為研究實例，缺乏說明評估，請補充。 5. 本研究有關現地實際設置量測設備，尤其針對目前研發之儀器，請補充說明。 6. 本研究所發展之河床沖淤變化觀測，惟使用測深儀在定位及河床沖淤面如何規劃處理，應有考量說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝指正。 2. 本研究所發展之測深儀，因其屬於機械裝置，具有一定精度，但又不致過於靈敏、易受干擾，故宜適於較惡劣之流況。 3. 本研究所發展之觀測技術及儀器，皆進行了相關測試工作；並以 Price 流速儀進行比較。 4. 本研究執行過程曾多次於頭前溪、烏溪流域進行測試工作，並擬於第二期計畫工作中進行長期測試工作。 5. 因考量於現地進行長期設置測試之可行性(如電源問題)，未來建議先以測深儀做為測試主要儀器。 6. 測深儀之定位及實際操作方式，皆可配合現行水深觀測作業流程。

<p>工業技術研究院能源與資源研究所顏博士志偉：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 流速儀及壓力式測深儀之測試作業(7-3 及 8-4 節)，如何架設在台車上應加以說明。 2. 流速儀測試受限台車之速度，都只做到 4m/s，似乎無法表現所開發之流速儀，確實優於旋杯式流速儀，建議找國內率定設備可達 4m/s 以上之地方，進行測試。 3. 表 7-1 中，當台車速度愈快時，鋼索拖曳角度明顯增加，若流速儀並非固定在台車上，則當流速儀隨著速度之增加而往浮昇時，則測深位置將不是原先所設定之水深，配重之問題應為考慮之因子。 4. 就圖 7-4 及圖 7-5 之比較，似乎仍是圖 7-5 之結果較佳，差壓式流速儀開孔之直徑若過少是否在現場時會被泥砂堵塞，是否在現場時確實可用，應再行測試(皮托管大部分是用在實驗室中)。 5. 表 7-2 中有些重覆請加以修正，其中當台車速度分別為 0.84 及 0.88 時，其速度讀速均為 0.707107，可否解釋其原因。 6. 就儀器開發而言，在什麼速度下配什麼重量，應有詳細之測試數據，使用者有所遵循。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 前述儀器皆是以柔性鋼索固定於台車上。 2. 將於第二期計畫工作中加以進行。 3. 謝謝指正。 4. 本研究所研擬的差壓式流速儀，其在完全鉛魚體情況下測試，即有良好的線性關係；而普萊氏流速儀若附上觀測所必需的鉛魚，則其線性關係將大受影響。另差壓式流速儀已以矽膠油作預防堵塞保護裝置。 5. 差壓式流速儀於低速條件，較不靈敏，故有部分誤差產生。 6. 利用本研究所進行的拖曳試驗，可以推估出不同速度條件下較合宜的鉛魚重量。
<p>水資源局郭簡任工程司俊楨：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議選訂一代表性大之河川，做為流量及泥砂觀測技術與儀器本土化建置研究，並建立技術作業規範，以利推廣至其他河川。 2. 水文資料技術，建議朝操作可行及簡單化、資料精準化、維護管理容易化及電腦自動化方向研擬；量測儀器大部分皆電子化，如遇故障時如何排除？亦請說明補充。 3. 本報告所言相關觀測技術及儀器，是否可適用於台灣地區水庫入流量及入流量泥砂量之觀測，請補充說明。 4. 有關觀測資料傳輸資料，請建立統一格式、單位一致性等問題，亦請一併補充說明，以利資料運用，分析及評估。 5. 技術推廣，是否需辦理研習會，以訓練觀測人員？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本部分工作建議於下一階段工作進行。 2. 關儀器維護保養規劃於 10.5 節中研討。 3. 觀測技術及原理於不同水體中應用皆應相同，然於水庫中之應用建議仍需進行實際評估。 4. 資料傳輸格式，需兼顧現行實際應用情形，建議於未來水文觀測手冊修訂研擬加入此項工作。 5. 此項工作將於下一期計畫中進行。

<p>水資源局黃簡任工程司月娟：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 請增列本計畫所研發之儀器製作及操作所需成本分析，俾供未來推廣產製之參考。2. 本計畫執行期間不到一年，經由儀器之組裝、功能研究、實驗及多次改進之過程，能有目前之成果，研究團隊之努力值得肯定。未來要推廣至實務使用，在技術、實務推廣、教育訓練及制度面上，仍有再進一步努力之空間。請在報告中具體建議未來應辦事項。	<ol style="list-style-type: none">1. 遵照辦理。2. 感謝指正。
--	---