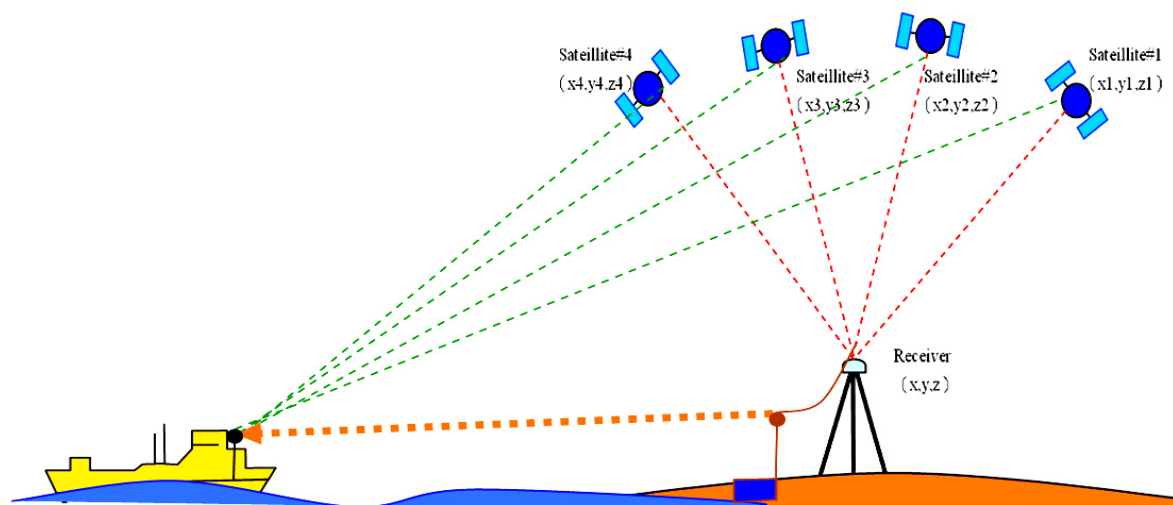


098301080000G2001



人為誤差影響水深測量成果精度之研究



內政部國土測繪中心

98年12月

098301080000G2001

人為誤差影響水深測量成果精度之研究

研究人員：

技	士	謝東發
測量助理		許吉川
技	正	蔡季欣
主	任	林燕山

內政部國土測繪中心

98年12月

098301080000G2001

**Ministry of the Interior
Research Project Report**

**A Study on the Effect of Personal Error to
the Accuracy of Bathymetric Surveying**

By

Hsieh Tung-Fa

Hsu Ji-Chuan

Tsai Ji-Shin

Lin Yen-Shan

December 2009

目錄

目錄·····	I
圖錄·····	III
表錄·····	VI
摘要·····	VII
第一章 緒論·····	1
第一節 研究緣起與背景·····	1
第二節 研究動機及目的·····	8
第三節 研究流程及方法·····	12
第四節 研究人員與進度·····	15
第五節 本文架構·····	17
第二章 水深測量原理與技術·····	18
第一節 定位原理·····	18
第二節 測深理論·····	25
第三節 水深測量資料修正·····	31
第四節 水深測量成果檢核·····	39
第三章 作業流程與人為誤差·····	44
第一節 定位作業·····	45
第二節 測深作業·····	50
第三節 驗潮作業·····	58
第四節 資料處理作業·····	64
第四章 研究成果·····	74
第一節 水深測量作業檢查系統·····	74

目錄

第二節 成果驗證·····	82
第三節 綜合分析與討論·····	92
第五章 結論與建議·····	96
第一節 結論·····	96
第二節 建議·····	98
附錄一、水深測量作業程序·····	100
附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）·····	106
附錄三、實地檢查作業照片·····	116
參考文獻·····	120

圖錄

圖1-1 我國領海及鄰接區範圍圖·····	2
圖1-2 海道圖幅·····	3
圖1-3 海域基本圖測繪成果·····	4
圖1-4 潮間帶地形圖成果·····	6
圖1-5 研究流程圖·····	12
圖2-1 衛星定位原理·····	18
圖2-2 WGS84坐標系統·····	20
圖2-3 GPS定位示意圖·····	22
圖2-4 DGPS作業情形·····	23
圖2-5 測深光達航線·····	25
圖2-6 音束測深作業圖·····	26
圖2-7 測深作業示意圖·····	27
圖2-8 水深 (D) 與距離 (R) θ 角關係圖·····	28
圖2-9 單音束測深系統測點展點圖·····	29
圖2-10 多音束測深系統測點展點圖·····	30
圖2-11 儀器裝載位置圖·····	31
圖2-12 船隻姿態示意圖·····	32
圖2-13 聲速變化對於水深值影響示意圖·····	33
圖2-14 臺灣等潮位圖·····	34
圖2-15 海面基準與水深測量關係圖·····	36
圖2-16 潮位計算示意圖·····	37
圖2-17 單音束測深重疊區檢核·····	39

圖錄

圖2-18 多音束測深重疊區檢核·····	39
圖3-1 水深測量作業流程·····	44
圖3-2 定位作業流程圖·····	45
圖3-3 基站架設GPS儀器·····	46
圖3-4 載具架設GPS儀器·····	48
圖3-5 測深作業流程圖·····	50
圖3-6 測深儀裝載情形·····	52
圖3-7 檢校版作業·····	53
圖3-8 疊合測試示意圖·····	54
圖3-9 聲速剖面量測·····	55
圖3-10 驗潮作業流程圖·····	58
圖3-11 驗潮站與水準點連測作業情形·····	60
圖3-12 人工驗潮作業情形·····	61
圖3-13 資料處理作業流程圖·····	64
圖3-14 多音束資料處理畫面·····	65
圖3-15 聲速剖面展示畫面·····	66
圖3-16 潮位曲線畫面·····	67
圖3-17 三維人工篩選畫面·····	68
圖3-18 定位資料篩選畫面·····	69
圖3-19 姿態資料篩選畫面·····	70
圖3-20 以3D視角編修多音束水深資料畫面·····	71
圖3-21 疊合檢核畫面·····	72
圖4-1 水深測量作業檢查系統·····	74

圖4-2 檢查表設計圖·····	77
圖4-3 檢查系統首頁·····	78
圖4-4 流程說明頁·····	79
圖4-5 定位作業檢查表頁·····	79
圖4-6 驗潮作業檢查表頁·····	80
圖4-7 測深作業檢查表頁·····	80
圖4-8 資料處理作業檢查表頁·····	81
圖4-9 完成之測深作業檢查表頁·····	81
圖4-10 研究作業區·····	82
圖4-11 淡水油車口潮位站·····	83
圖4-12 現場定位作業檢查（儀器架設）·····	84
圖4-13 現場定位作業檢查（資料下載）·····	84
圖4-14 現場驗潮作業檢查（人工驗潮）·····	86
圖4-15 現場驗潮作業檢查（資料下載）·····	86
圖4-16 現場測深作業檢查（Bar Check）·····	88
圖4-17 現場測深作業檢查（聲速剖面）·····	88
圖4-18 現場資料處理作業檢查（採檢查表）·····	90
圖4-19 現場資料處理作業檢查（採檢查系統）·····	90
圖4-20 臺灣海域等潮區圖·····	94

表錄

表1-1 海域基本圖辦理情形表·····	5
表1-2 潮間帶地形測量辦理情形表·····	7
表1-3 研究人員分工編組表·····	15
表1-4 研究進度表·····	16
表2-1 美國工兵署交叉線與地形品質控制標準表·····	40
表2-2 國際海測組織S-44測量精度標準·····	41
表2-3 海域基本圖測量精度規範·····	42
表2-4 美國工兵署深度量測精度評估表·····	43
表3-1 定位作業檢查表·····	49
表3-2 測深作業檢查表·····	57
表3-3 驗潮作業檢查表·····	63
表3-4 資料處理作業檢查表·····	73
表4-1 完成之定位作業檢查表·····	85
表4-2 完成之測深作業檢查表·····	87
表4-3 完成之驗潮作業檢查表·····	89
表4-4 完成之資料處理作業檢查表·····	91

摘要

關鍵詞：海域基本圖、水深測量、人為誤差、測深作業程序

一、研究緣起

「基本測量及圖資測製實施計畫」為內政部現階段積極推動之重要工作之一，計畫內容包含辦理海域基本圖測量工作，建構全國海域高精度基本測繪成果。而水深測量資料為海域基本圖主要內容，整合定位資訊與測深資料，經聲速、姿態資料改正與潮位修正、計算而成。惟因水深測量作業過程繁複，易受作業人員疏忽或不熟練等因素，影響國家基礎圖資成果精度與後續應用。

海域基本圖為國家海洋發展之基石，提供作為國土管理維護、航行安全與生態保育等基礎圖資，維護海域基本圖成果品質與可靠度，為目前重要課題。為提升海域基本圖水深測量成果品質，及解決水深測量作業過程人為誤差之影響，特進行本項自行研究案，建立相關研究成果，以作為爾後辦理水深測量作業之重要參據。

二、研究方法與過程

- (一) 資料蒐集：蒐集水深測量方法、作業規範與成果精度等相關文件檔案。
- (二) 作業程序研擬：分析作業過程中人為誤差項目，研擬水深測量作業程序。
- (三) 檢查表建立：針對作業過程中人為誤差項目，建立水深測量作業檢查表。
- (四) 程式開發：撰寫程式結合作業程序與檢查表，開發水深測量作業檢查系統。
- (五) 成果分析：依據上列流程，實施實地測試作業，進行成果驗證與分析。

三、重要發現

- (一) 本研究研擬之水深測量作業程序，經實地測試，其架構完整且可行，可直接提供辦理水深測量工作使用。
- (二) 水深測量作業程序，除可供作業人員依循外，並可作為督導人員檢查使用，對於提升測量成果品質有正面效益。
- (三) 本研究分析水深測量作業時可能發生之人為誤差項目及內容，可做為工作人員作業參考，避免發生人為誤差。
- (四) 水深測量作業檢查表，結合作業程序，可建立雙重檢查機制，提升成果可靠度。
- (五) 水深測量檢查系統成本低廉，且經實地測試，檢查者可輕易操作系統辦理檢查工作。
- (六) 比較水深測量檢查系統與紙本檢查表單，檢查系統具備環保、便利與效能提升等優點。

四、主要建議事項

- (一) 展辦水深測量工作時，人員作業訓練應列為工作項目，使現場作業人員熟練作業程序，將有助降低人為誤差發生。
- (二) 採 RTK 方式辦理水深測量定位作業，建議仍需辦理驗潮作業，避免因解算模式影響成果精度。
- (三) 本研究所研發之水深測量作業程序、檢查表與系統程式碼提供各界使用，相關單位可以此基礎延續開發適合之檢查工具，節省成本支出。
- (四) 因水深測量作業環境較嚴苛，水深測量檢查系統硬體建議採用具備防水、防震功能之軍規電腦。
- (五) 各政府機關基於不同目的辦理海域水深測量，測量內容與成果精度要求應一致，以利後續圖資使用與維護。

Abstract

Keywords: The Base Charts of Marine Areas, Bathymetric-surveying, Personal error, Operating procedures

1. Origin

"Plan for basic surveying and mapping" is one of the most important programs designed by Ministry of the Interior. The plan contains the base charts of marine areas surveying, and national marine territory basic maps building. The bathymetric-surveying data is the major part of the base charts of marine areas that integrated positioning data, depth data, tide-surveying data and related data. By the study we find out that the accuracy of surveying affected by personal errors is very greatly.

The base charts of marine areas are the cornerstones of the national oceanic development, provided for national territory management, environmental maintenance, navigational safety and ecological conservation. How to keep the base charts quality and reliable is an important issue. For solving the problem of personal errors, NLSC (National Land Surveying and Mapping Center) made this study.

2. Methods and Procedures

- (1) Data gathering: To collect bathymetric-surveying methods, operating norms, precision standards and related data, etc.
- (2) Operating procedures designing: To analyze operating methods and line up the operating procedures of bathymetric-surveying.
- (3) A checklist establishing: To analyze the personal errors of Bathymetric-surveying operating procedures for designing and establishing a checklist.
- (4) Software designing and testing: To design a program by composing operating procedures and checklists, then test the inspection system.
- (5) Result analyzing: To analyze this studying result and make main conclusions as well as suggestions.

3. Main conclusions

- (1) The operating procedures of bathymetric-surveying are well integrated that can be handled directly by surveying work.
- (2) The operating procedures of bathymetric-surveying offer operators to follow, also can serve supervisors to check the work.

Abstract

- (3) The experience of the operating procedures of bathymetric-surveying is a useful reference for operator to avoid the personal errors.
- (4) The operation checklist, combined with operating procedures, can create double-check mechanism to upgrade the reliability of the results.
- (5) The bathymetric-surveying inspection system can be easily handled to use.
- (6) Comparison between inspection system and the worker form, the system contain environmental protection, convenience, performance upgrade and so on.

4. Suggestions

- (1) To do the training for operators personal is important that can reduce the personal errors.
- (2) To get more accurate bathymetric-surveying in addition to RTK, need to do tide-surveying.
- (3) This result of study is openly provided to public, the others can extend this to develop suitable tools for use.
- (4) The bathymetric-surveying inspection system needs stronger computer hardware to adapt tough marine climate condition.
- (5) Though the government agencies handle a variety of purposes on bathymetric-surveying works, the measuring items and accuracy should be consistent.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

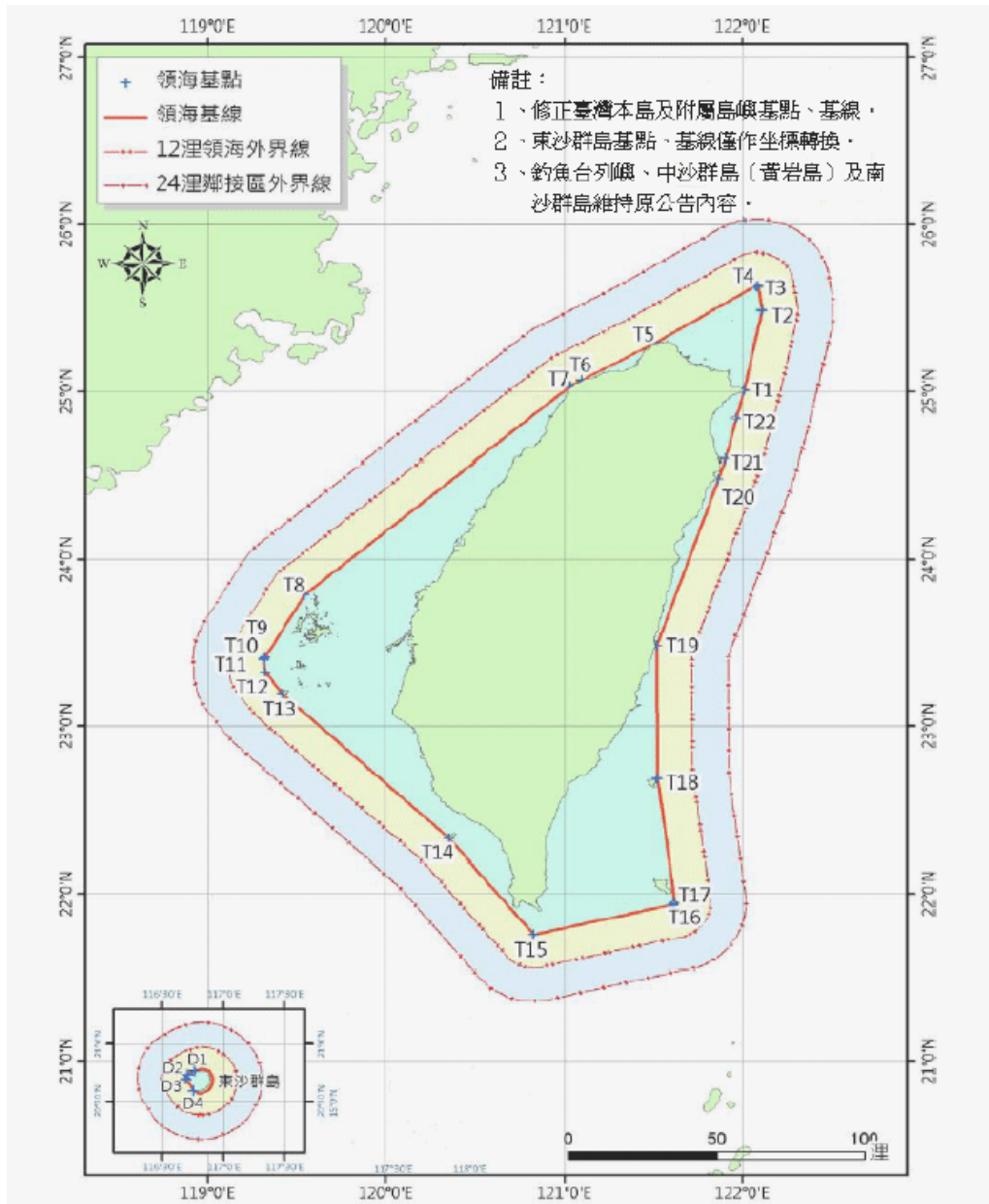
一、前言

臺灣四面環海，海洋資源豐富適合經濟開發，海岸景觀秀麗適合觀光遊憩，海洋領域業務係政府重要施政項目，依據行政院研究發展考核委員會編印「海洋白皮書」之總體目標：「健全海洋事務法制、組織，強化海域管理與海洋建設；維繫海洋資源的永續利用，確保國家海洋權利與社會發展；加強海洋人文、教育宣導，奠定海洋意識基礎」，並配合「綠色矽島臺灣、數位臺灣、觀光之島」國建大方向，建構永續發展之國家海洋基礎。

海域基本圖為國家海洋發展之基礎，舉凡國土管理、國土維護、海洋工程、港灣疏浚、資源開發、海岸變遷、環境監控、生態保育等之應用基礎及海洋科學研究，皆需高精度及高解析度海洋地形資料，海域基本圖建置刻不容緩。國土測繪法於 96 年 3 月 21 日公布施行後，內政部積極編列計畫逐步辦理海域基本圖測繪工作，包含全國性海圖測繪計畫、成果、資訊之登錄及管理，以建構全國高精度海域基本測繪成果。

行政院於 88 年公布第 1 批領海基線，環臺灣本島及附近海域包含澎湖、小琉球、綠島、蘭嶼、龜山島、彭佳嶼等島嶼計 22 個基點，我國領域依此批基點連線範圍訂定，基點向外海延伸 12 浬之連線範圍為我國領海，再向外 12 浬之連線範圍為鄰接區，若自此 22 個基點連線向外 200 浬之連線則為國際上各國主張所謂「專屬經濟海域」之範圍。近年來因測量技術進步，我國基點位置可透過精確測量技術來定位，基點坐標經行政院於 98 年 11 月 18 日以院臺建字第 0980097355 號令公布修正（如圖 1-1），海域國土包含內水（海岸與領海基線間之範圍）、領海及鄰接區範圍，面積廣達 80,000 平方公里。

第一章 緒論



水深資料為海域基本圖主要內容，由於水深測量作業程序繁複，易因人為誤差影響成果品質與堪用度，若無嚴謹之作業品管，其中一個程序或環節疏忽，嚴重者可能需要重新測量。為解決上開問題，本研究將建立水深測量作業程序，分析水深測量作業過程中可能發生之人為誤差項目，進行改善方法研究及作業建議，以降低人為誤差發生機率，以有效提升水深測量成果品質，並作為相關作業單位辦理水深測量之重要參考。

二、研究背景與現況

早期國內大範圍海域水深測量由海軍海測局（海軍大氣海洋局之前身）辦理，所測繪資料除提供軍方內部使用外，經疏化處理後，發行民用海道圖供航行使用，圖幅分布如圖 1-2；後由交通部科技顧問室編列經費辦理海圖更新維護。

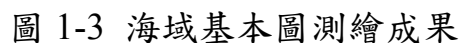


圖 1-2 海道圖幅 (水道圖書目錄)

國土測繪法明定內政部為全國性海圖（海域基本圖）測繪主管機關，由內政部與本中心逐年編列計畫，接續辦理大範圍海域水深測量，相關辦理情形如下：

海域基本圖範圍涵蓋領海及鄰接區海域，主要內容包含海底地形與水文資料為主題之地圖，延續陸域基本圖，整合陸地及海洋基礎圖資，據以確定國家海域，作為海洋資源開發使用、規劃管理依據，減少海事、漁業糾紛，以利國土整體規劃及永續經營，圖 1-3 為海域基本圖測繪成果。

圖號 9623-11-036



海域基本圖測量工作自 93 年開始展辦，水深測量採聲納施作，測繪內容為地貌地物資料與底質資料，如水深資料（等深線、水深點）、水底構造物（魚礁、海底管線）與底質資料，尚有高低潮線、養殖範圍（蚵架區、定置漁網區），辦理水深測量外業時，同時蒐集潮位資料與水中聲速剖面等資料。

另考量使用性與需求面，海域基本圖在水深 30 公尺以內或海岸線以外至 6 公里間之近岸海域，測繪 1/5,000 比例尺圖資；領海區為 1/25,000 比例尺，鄰接區海域則採 1/50,000 比例尺。總計需測繪 1/5,000 比例尺 1,538 幅、1/25,000 比例尺 365 幅與 1/50,000 比例尺 105 幅海域基本圖。目前已辦理完成臺南七股、嘉義鰲鼓、臺北貢寮-桃園老街溪間範圍，建立 1/50,000 比例尺 1 幅、1/25,000 比例尺 29 幅及 1/5,000 比例尺 185 幅比例尺基本圖，面積約 2,320 平方公里，各年度辦理情形統計如表 1-1。

表 1-1 海域基本圖辦理情形表

年度	辦理區域	建置圖幅數 (製圖比例尺)	面積
93	嘉義縣鰲鼓農場與臺南縣七股海域	42 (1/5,000) 12 (1/25,000)	500 平方公里
95	臺北縣海域 (貢寮至金山)	61 (1/5,000) 8 (1/25,000)	820 平方公里
96	臺北縣與桃園縣海域 (金山至竹圍)	82 (1/5,000) 9 (1/25,000) 1 (1/50,000)	1,000 平方公里
合計	臺南七股、嘉義鰲鼓、臺北貢寮-桃園老街溪間範圍	185 (1/5,000) 29 (1/25,000) 1 (1/50,000)	2,320 平方公里

第一章 緒論

(二) 潮間帶地形測量

潮間帶基本地形資料，對於海岸經濟開發、縣市行政區域劃分、生態保育、近岸養殖、海岸資源合理利用、海域觀光及提昇遊憩品質等整體海岸經營開發有實質的助益。海陸交接地帶的潮間帶區域因為傳統測量技術的限制，海測船隻等載具不容易測至淺水地區，陸測無法在濕軟的退潮地區觀測，致測量作業實施困難，歷來此區域間地形資料欠缺，造成國土圖資不完整。本中心爰自 93 年起開始編列測量計畫，辦理潮間帶地形測量，建置比例尺 1/2,500 之潮間帶地形圖資，潮間帶地形圖成果如圖 1-4。

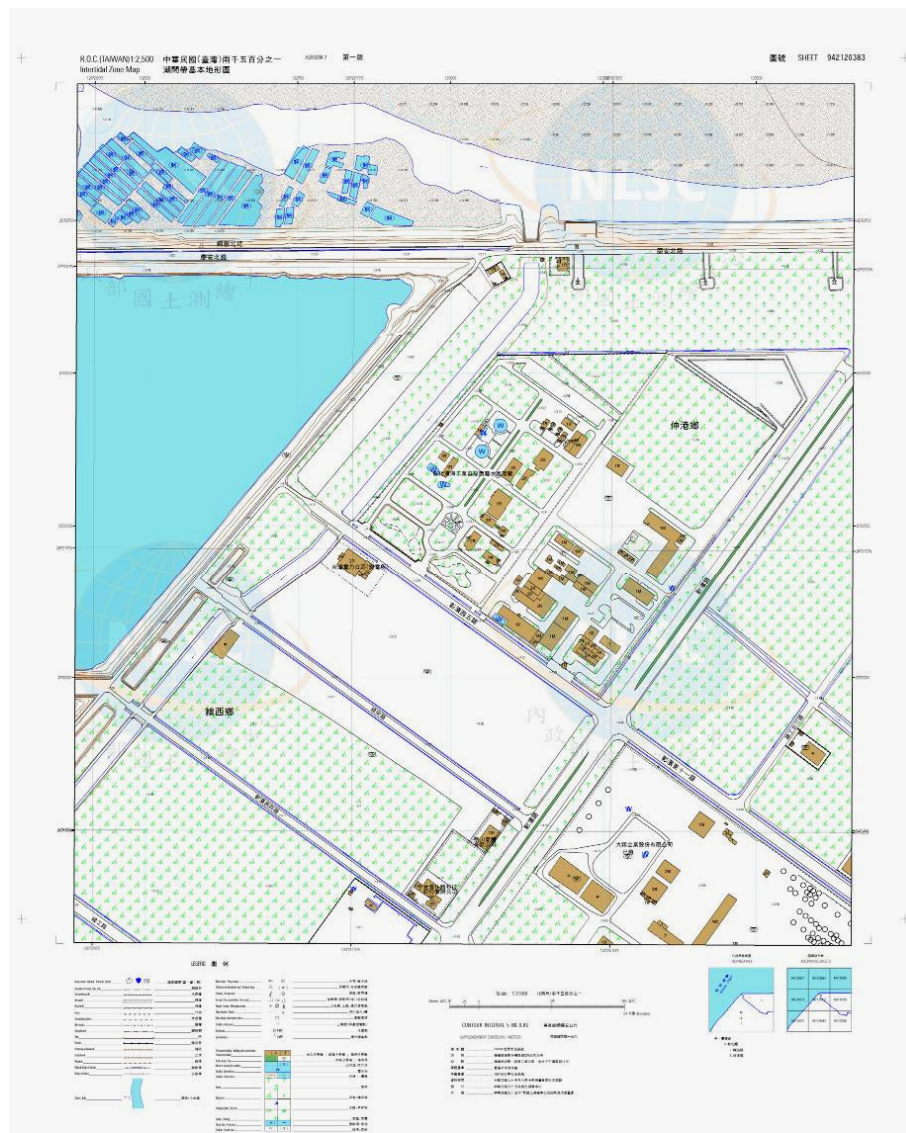


圖 1-4 潮間帶地形圖成果

目前潮間帶地形圖測量工作已完成桃園縣老街溪至高雄縣興達港間圖資，建立 1/2,500 比例尺 783 幅，面積約 1,070 平方公里，各年度辦理情形統計如表 1-2。

表 1-2 潮間帶地形測量辦理情形表

年度	辦理區域	建置圖幅數 (製圖比例尺)	面積
93	彰化縣部分區域	74 (1/2,500)	110 平方公里
94	彰化縣部分區域與雲林縣	209 (1/2,500)	300 平方公里
95	嘉義縣與臺南縣部分區域	178 (1/2,500)	230 平方公里
96-97	桃園縣老街溪至彰化縣大肚溪；臺南縣將軍漁港至高雄縣興達港	422 (1/2,500)	430 平方公里
合計	桃園縣老街溪至高雄縣興達港	783 (1/2,500)	1,070 平方公里

第二節 研究動機及目的

一、研究動機

「基本測量及圖資測製實施計畫」為內政部現階段積極推動之重要工作，計畫內容包含辦理海域基本圖測量工作，建構全國高精度海域基本測繪成果。而水深測量資料為海域基本圖主要內容，整合定位資訊與測深資料，經聲速、姿態資料改正與潮位修正、計算而成。惟因測量作業過程繁複，易受作業人員疏忽或不熟練等因素，影響國家基礎圖資成果精度與後續應用，維護海域基本圖成果品質與可靠度，為目前重要課題。為提升海域基本圖水深測量成果品質，及解決水深測量作業過程人為誤差之影響，特進行本項自行研究案，建立相關研究成果，以作為爾後辦理水深測量作業之重要參據。

二、問題背景與現況

國內有關水深測量研究主要是與航行海圖（Chart）相關，交通部 84 年「海域防災與航行安全研討會」會議結論，建議交通部「積極推動與海域工程有關技術規範之訂定，並應優先完成海洋地形測量技術與規範，包括建立海測作業之進行步驟、方法及認可之儀器，提供國內相關海下工程與海測單位共同遵循參考使用，而其中水深量測技術即為最重要者」，交通部科技顧問室於 85 年委託中華民國海下技術學會辦理「水深測量技術發展與施測規範之研究」，對當時國內外水深測量發展現況、測量設備與技術、資料處理與整合進行論述，並提出初步的水深測量品質管制及檢核程序，該研究為 80 年代國內對水深測量進行較完整且有系統論述之文獻，惟隨著近年來水深測量設備與技術大幅進步，目前作業方式已有較大變革，水深測量品質管制及檢核程序需配合實際作業方式修正。

內政部92年委託國立中山大學海洋科技研究中心研訂「領海及

鄰接區海域基本圖測量規範」，研訂包含近岸海域、領海海域與鄰接區海域的水深測量規範，內容包含高程基準定義、測量精度、使用儀器、資料處理、詮釋資料及製圖標準，該研究以國際海測組織水深測量文件「IHO Standards for Hydrographic Survey」為基礎研擬作業規範草案，對於水深作業程序未做系統性論述。

另98年經濟部水利署水利規劃試驗所委託財團法人成大研究發展基金會辦理「海岸基本資料調查及資料庫建置規劃研究」，建立作業規範與作業手冊，以提供水利署所屬單位機關辦理海岸基本資料蒐集使用，有關水深測量部分只定綱要性原則，內容較精簡。

經綜整相關資料發覺有水深測量技術問題、水深測量作業人為誤差影響、水深測量作業程序與水深測量作業品質管工具等現況問題需解決，值得深入研究與分析。

（一）水深測量技術問題

國土測繪法明訂海域基本圖測繪為內政部掌理事項，另依據內政部「基本測量及圖資測製實施計畫」（99-104）分工，海域基本圖測量工作由內政部國土測繪中心執行，對於辦理海域基本圖測量工作所延伸之技術問題需逐一面對，並予以克服。

（二）水深測量作業人為誤差影響

誤差係指觀測值（Observed value）與真值（True value）差異值，測量的誤差（errors）可區分為錯誤（mistakes）、系統誤差（system errors）與隨機誤差（random errors）3類。系統誤差可藉由在相同的測量條件下，進行一系列的重複測量發現及改正；隨機誤差雖不可避免與消除，可藉統計（statistics）方法將測量數據進行平差（adjustment）計算；惟人為誤差所造成之錯誤，常導致測量資料無法被使用。海域基本圖內容以水深資料為最重要，影響水深測量成果精度因素眾多，目前水深測量成果已考量系統誤差或隨機誤差之影響，未考量因作業人員疏忽或不熟練造成的人為誤差，如何

發現人為誤差來源，並尋求改善方法，將是提升水深測量成果精度之重要課題。

（三）水深測量作業程序

國內各級政府機關、民間團體與許多學術單位基於不同使用目的，分散地辦理水深測量工作，所建置之測量成果精度無法有效被評定，主要原因為尚無統一之作業程序，作業管控不易，無法進行成果精度評估。如能蒐集主要或最新測量技術，建立適合目前作業之水深測量作業程序，並開放提供各界使用，將有助相關成果整合與利用。

（四）水深測量作業品質管工具

海域基本圖資為政府推動國土規劃、國土保育及國土再造之基礎資料，資料品質為直接影響上開圖資使用，所以資料品質管（Quality control, QC）為提升資料品質之重點工作，一套簡潔、便利、有效的檢核方法或工具，已成為辦理水深測量各界的一致性需求，也是提升成果品質的重點工作。

三、研究目的與效益

（一）建立水深測量作業程序

針對不同作業項目（如定位作業、驗潮作業...）與不同的設備或方法（如定位作業採RTK、DGPS或Beacon技術），建立作業程序，提供作業單位納入水深測量計畫規格書撰寫、工作查核與驗收作業參考使用，同時可規範廠商依據作業程序辦理水深測量作業。

（二）提出降低水深測量人為誤差之解決方案

以測量誤差的觀點切入，藉由水深測量作業流程，探討作業過程中可能發生之人為誤差及其出現環節，分析其原因及所造成之影響，提出合適的解決方法或方案，有效降低水深測量作業人為誤差

之發生機率，提升測量成果品質。

（三）建立水深測量作業檢查制度

由於水深測量作業易因人為誤差影響成果堪用度，若無嚴謹之作業品管，輕則影響資料品質，嚴重者可能需要重新測量，為了使作業成果達到高精度之預期目標，必需建立完善作業檢查制度，提升水深測量成果精度與品質。

（四）建立水深測量作業檢查表

考量實用性與可行性，並以各階段工作為單元，依據實務經驗設計與建立水深測量作業檢查表，提供水深作業檢查人員辦理定位作業檢查、驗潮作業檢查、測深作業檢查及資料處理作業檢查參考與使用。

（五）提升水深測量作業檢查效能

為使水深測量作業檢查工作簡化且有效率，本研究以簡單易操作介面，將水深測量作業程序與檢查表電子（e）化，以環保、效率與便利為目的，開發1套檢查系統，讓使用者於現場以電子設備直接進行檢查工作，經實地測試，本系統可大幅提升檢查工作效能。

（六）節省檢查工具開發成本

提供各單位辦理水深測量相關工作使用，並作為各單位開發水深測量檢查工具之基礎，減少各單位重複進行水深測量檢查工具開發作業，節省檢查工具開發成本。

第三節 研究流程及方法

一、研究流程

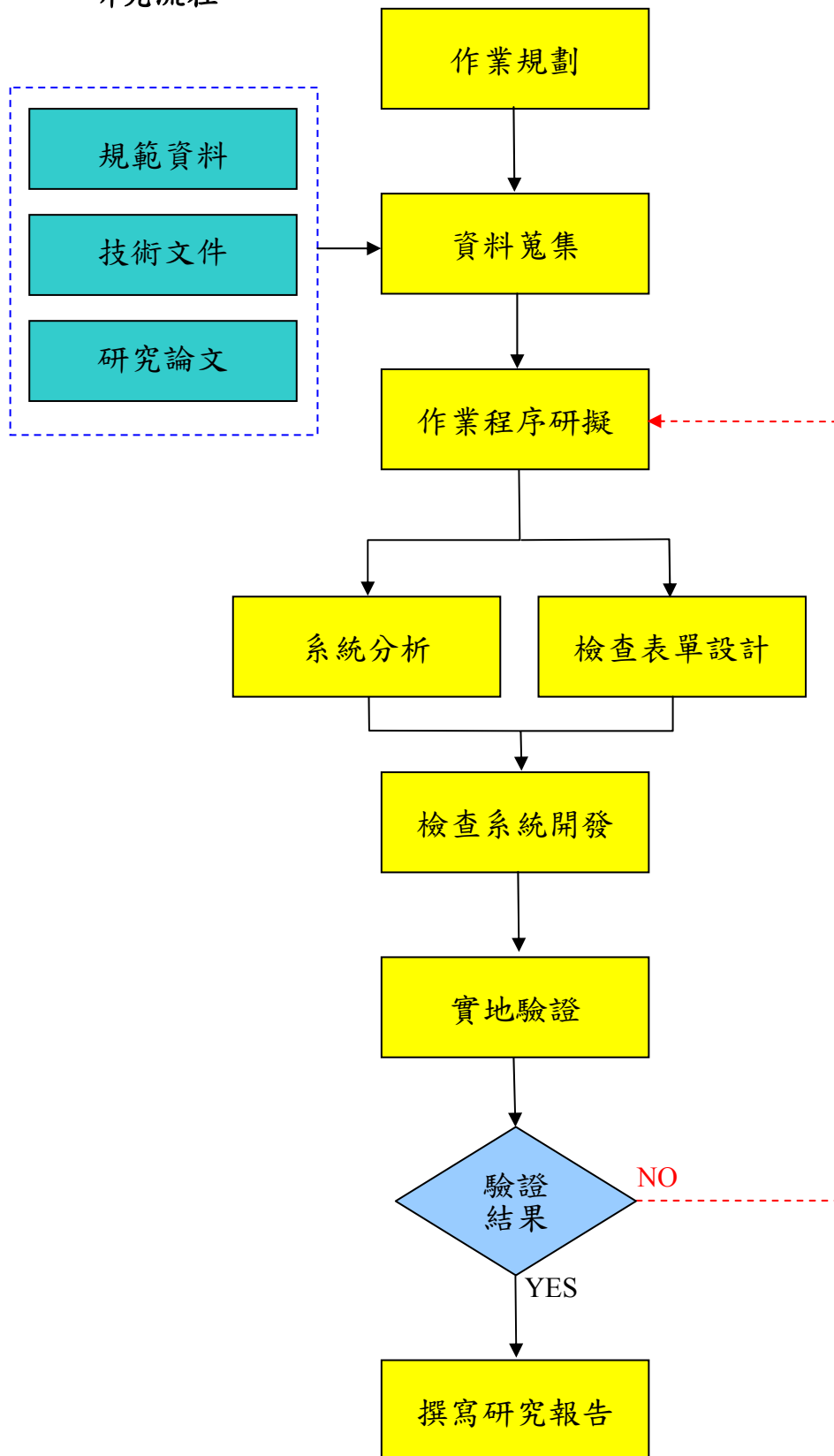


圖1-5 研究流程圖

二、研究方法

本研究係探討人為誤差對水深測量之影響，需以水深測量作業方法與程序作為研究基礎與主軸。配合研究流程，將研究方法分 5 階段，第 1 階段，蒐集水深測量相關資料；第 2 階段，依據相關資料與實務經驗，研擬水深測量作業程序；第 3 階段，為建立水深測量作業檢查表；第 4 階段，撰寫程式與開發水深測量檢查系統，提供水深測量工作檢查使用；第 5 階段，綜整研究資料與成果，辦理研究成果分析。各階段研究方法如下：

（一）蒐集資料

蒐集水深測量方法、測量精度、品質管制、海域地形測量精度規範與作業標準等文獻資料、研究報告與論文，計蒐集「海底地形量測之品質管制」、「水深量測技術發展與施測規範之研究」、「臺灣水深量測發展現況及國際海測組織之水深量測規範新發展研討」、「海洋監測質量保證手冊」、「海域基本圖水深測量精度規範」、「IHO Standards for Hydrographic Survey」規範、「Estimated depth Measurement Accuracy」與「Cross Line and Terrain Quality Control Criteria」...等資料（如參考文獻），整合相關資訊並擷取適宜部分，提供作為研究基礎資料。

（二）作業程序研擬

水深測量作業可細分為定位、驗潮、測深與資料處理幾個工作，鑑於近年來軟硬體與作業技術皆有大幅度進步，本研究藉由所蒐集之水深測量方法資訊，及辦理海域基本圖測量、潮間帶地形圖測量工作執行之經驗，針對現行最主要的測量方式來設計與建立水深測量作業程序。

（三）檢查表建立

本階段設計相關檢查表單，依據本研究所研擬之水深測量作業流程，分析過程中可能發生之人為誤差項目，藉由實作方式來發掘

內部作業疏忽或不足之處，建立水深測量作業檢查表。

（四）程式開發

本研究開發水深測量檢查系統，提供水深測量工作檢查使用，檢查模組硬體選擇本中心現有之設備（軍規平板電腦），該電腦除具備一般筆記型電腦功能外，亦具備防水、防震、可於惡劣天候下作業，且有衛星定位功能，較符合海域作業要求；程式以 Visual Basic（V.B.）進行撰寫，設計介面、資料輸入選項、統計分析等內容；資料庫以 Microsoft Access 管理，記錄各檢查表單資料。

（五）成果分析

實地對水深測量作業程序、檢查表與檢查系統測試，進行成果驗證與分析，歸納結論並研提具體建議。

第四節 研究人員與進度

一、研究人員

本研究由林中心主任燕山帶領團隊，督導研究方向及目標相關事宜；地形及海洋測量課蔡季欣技正督辦研究計畫執行與進行業務協調、研究進度管控與報告書審查作業；謝東發技士進行資料蒐集、資料處理分析、外業測試、水深測量檢查程式撰寫、及報告書撰寫等工作；許吉川測量助理辦理資料蒐集、資料處理分析、外業測試與辦理相關行政事務，研究人員分工編組如表1-3。

表1-3 研究人員分工編組表

姓名	職稱	作業分工
林燕山	主任	督導研究方向及目標相關事宜。
蔡季欣	技正	督辦研究計畫執行、業務協調、研究進度管控、報告書審查。
謝東發	技士	資料蒐集、資料處理分析、外業測試、程式撰寫、及報告書撰寫。
許吉川	測量助理	資料蒐集、資料處理分析、外業測試、行政事務。

二、研究進度

本研究工作規劃辦理時程為 98 年 1 月 1 日至 98 年 12 月 31 日，全案進度依規劃期程執行，研究報告於 98 年 12 月順利完成，研究進度如表 1-4。

表1-4 研究進度表

工作項目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
資料蒐集	紅色	紅色	紅色	紅色								
	藍色	藍色	藍色	藍色								
作業程序設計				紅色	紅色	紅色						
				藍色	藍色	藍色						
檢核表單設計						紅色	紅色	紅色				
						藍色	藍色	藍色				
檢核系統開發						紅色	紅色	紅色	紅色	紅色		
						藍色	藍色	藍色	藍色	藍色		
實地測試									紅色	紅色	紅色	
									藍色	藍色	藍色	
研究報告撰寫								紅色	紅色	紅色	紅色	紅色
								藍色	藍色	藍色	藍色	藍色

紅色表規劃進度；藍色表實際進度

第五節 本文架構

本文共分緒論、水深測量原理與技術、作業流程與人為誤差、研究成果、結論與建議等 5 章，各章節主要內容如下：

第一章 緒論

描述包括研究緣起與背景，研究動機與目的效益、研究流程與方法、研究人員與工作進度，及本文架構等內容簡述，為本文提供概念性說明。

第二章 水深測量原理與技術

本章為原理的敘述，說明水深測量作業各細項工作（定位、測深、驗潮與資料處理）原理與作業方式，提供辦理作業程序與設計檢查表格參考。

第三章 作業流程與人為誤差

本章處理所蒐集之資料，納入本中心辦理水深測量工作經驗，探討分析作業過程中可能發生之人為誤差及其出現環節，並分析其原因及所造成之影響。

第四章 研究成果

建立水深測量作業程序與檢查表格，以外業驗證可行性，並將水深測量作業程序與檢查表格電子化，建立完善的水深測量作業檢查制度與工具。

第五章 結論與建議

提出本研究成果，研擬建議及未來可行或改進措施，提供相關單位參考。

第二章 水深測量原理與技術

水深係記錄海底地形起伏情形，屬空間資料的展現，水深測量需整合定位資訊與測深資料，經聲速、姿態資料改正與潮位修正，並經計算而成，本章將說明定位、測深原理與分析各項影響因素，並對資料改正與修正過程進行概述性說明。

第一節 定位原理

一、定位原理概述

水深測量定位係記錄測深瞬間感應器位置資訊，主要採全球衛星定位系統（Global Position System, GPS）技術，全球定位系統是一套以衛星訊號為基礎的導航系統，具有全球性、全天候的精密三維導航與定位能力（Hofmann-Wellenhof et al., 1992-1993），是由美國研製的衛星導航系統，它可向全球數目不限的用戶連續的提供高精度的三維坐標、三維速度以及時間信息（王昆杰等,1992）。全球定位系統定位的過程，基本原理是距離的量測，藉由接收 GPS 衛星所發射的電磁波訊號，量測地面接收儀（Receiver）與衛星之間的瞬時距離，利用觀測至少 4 顆衛星所得到的瞬時距離，再配合幾何原理求解地面接收儀之三維坐標 (x,y,z) ，衛星定位原理如圖 2-1。

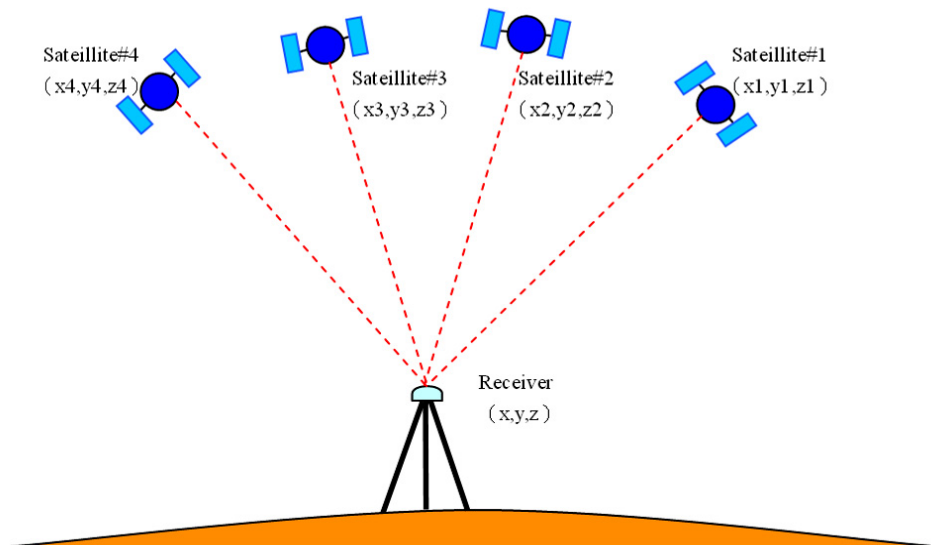


圖 2-1 衛星定位原理

GPS 距離觀測技術主要可分為虛擬距離觀測與載波相位觀測（涂佑任，2004），藉由解算 GPS 衛星所傳送之電碼與載波來進行定位作業，其觀測方程式為（Han,1997）：

（一）虛擬距離觀測方程式

$$R = \rho + dp + c(d t - d T) - d_{ion} + d_{trop} + d_{mpR} + \varepsilon\psi \cdots \cdots \cdots (2.1)$$

式中R為虛擬距離觀測量；

ρ 為幾何距離（Geometric Distance）；

dp 為衛星軌道（Satellite Orbit）誤差；

dt 為衛星時鐘（Satellite Clock Counter）誤差；

dT 為接收儀時鐘（Receiver Clock Counter）誤差；

c 為光速（Velocity of Light）；

d_{ion} 為電離層（Ionized Stratum）延遲誤差；

d_{trop} 為對流層（Troposphere）延遲誤差；

d_{mpR} 為虛擬距離之多路徑（Multi-path）效應誤差；

$\varepsilon\psi$ 為其餘誤差。

（二）載波相位觀測方程式

$$\psi = \rho + dp + c(d t - d T) + \lambda N - d_{ion} + d_{trop} + d_{mpR} + \varepsilon\psi \cdots \cdots \cdots (2.2)$$

式中 ψ 為載波相位觀測量；

λ 為載波波長；

N 為週波未定值；

d_{mpR} 為載波相位之多路徑效應誤差。

二、坐標系統

GPS 採用 WGS84(World Geodetic System of 1984)坐標系統，而水深測量成果採 1997 臺灣大地基準（Taiwan Datum 1997,TWD97）與 2001 臺灣高程基準（Taiwan Vertical Datum 2001,TWVD2001），

WGS84 與 TWD97 二者參考橢球參數極為接近，所以實務上 X 與 Y 軸可視為一致。GPS 所記錄之高程為橢球高，起算基準為橢球面；臺灣所採用的系統為高程系統，起算基準為大地水準面（Geoid），橢球高需經過大地起伏模式改算為正高，以提供實務使用，相關資訊說明如下：

（一）WGS84 坐標系統

WGS84 坐標系統屬地心坐標系統，坐標原點為地球質量中心（Ceocenter），Z 軸與國際時間局（Bureau International de l'Heure, BIH）所定義之慣用地形北極（Conventional Terrestrial Pole, CTP）方向相平行，X 軸係與 BIH 所定義之零子午圈平面相平行之參考子午面在 CTP 赤道平面之交線方向，Y 軸則係與 X 軸垂直而在赤道面上所形成之右旋地球固定直角坐標系統，如圖 2-2（DMA,1987），其橢球參數如下：

長半軸 $a=6378137$ 公尺；

扁率 $f=1/298.257223563$ 。

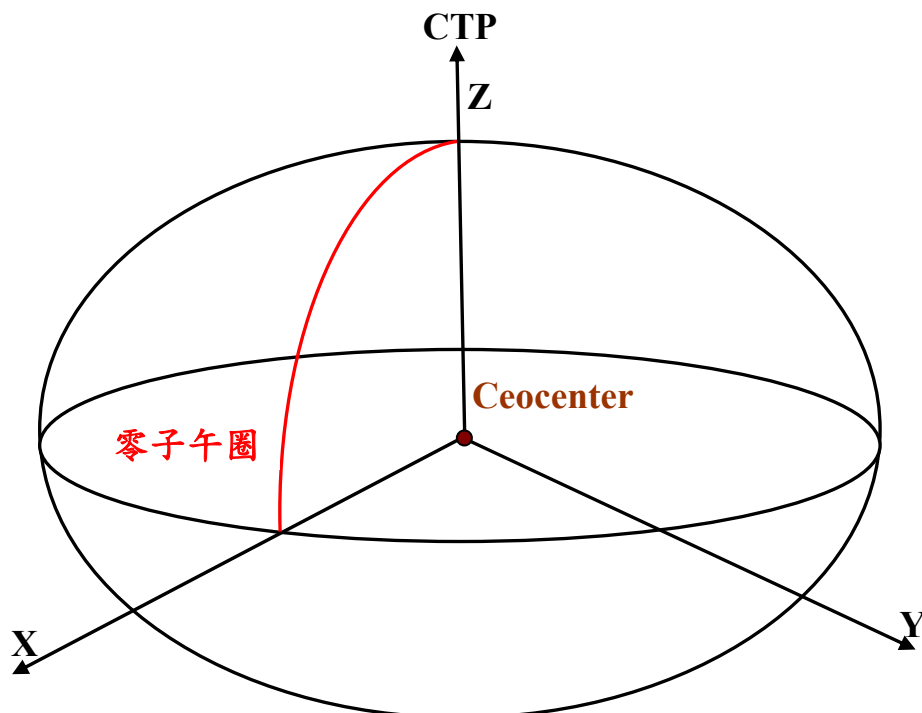


圖2-2 WGS84坐標系統

(二) 1997 臺灣大地基準 (TWD97)

1997 年內政部採用國際地球參考框架，定義適合於全國大地坐標系統之新基準，採用國際地球參考框架 (International Terrestrial Reference Frame 簡稱為 ITRF)。ITRF 為利用全球測站網之觀測資料成果推算所得之地心坐標系統，其方位採 BIH 定義在 1984.0 時刻之方位。國家坐標系統之參考橢球體採用 1980 年國際大地測量學與地球物理學協會 (International Union of Geodesy and geophysics 簡稱為 IUGG) 公布之參考橢球體 (GRS80)，其橢球參數如下：

長半徑 $a=6378137$ 公尺；

扁率 $f=1/298.257222101$ 。

(三) 2001 臺灣高程基準 (TWVD2001)

臺灣水準點之高程採用正高 (Orthometric height) 系統，其高程基準係定義在 1990 年 1 月 1 日標準大氣環境情況下，採用基隆驗潮站 1957 年至 1991 年之潮汐資料化算而得，並命名為 2001 臺灣高程基準 (<https://www.gps.moi.gov.tw/>)。

目前臺灣地區 GPS 橢球高化算為正高所使用的大地起伏模式，是以衛星測高之技術配合地表實測重力值得到臺灣地區面狀分布之重力資料，並結合 EGM96 全球大地位模式計算而得 (陳國華等，2003)。

三、水深測量定位技術

定位記錄時間 (Time) 與測深位置 (Position) 的關係，其資料格式通常以時間+坐標 (Coordinates) 方式呈現，辦理水深測量時先於已知坐標位置架設固定的 GPS 設備 (基站或主站) 接收衛星資訊，透過無線電傳輸技術送修正量至移動站 (載具) 之 GPS 主機進行即時解算，求出移動站坐標 (圖 2-3)，即時定位依作業方法分為即時動態定位 (Real Time Kinematic, RTK)、差分定位 (Differential

GPS,DGPS) 與無線信標台 (Beacon) 等 3 種；另外可以透過本中心建置的 eGPS 系統資料或自行架設基地站蒐集衛星原始資料 (Raw Data)，進行後處理 (Post Processing)，一般而言，在相同的衛星條件下，後處理可避免即時定位傳輸訊號的不確定性，獲得較佳之解算成果。

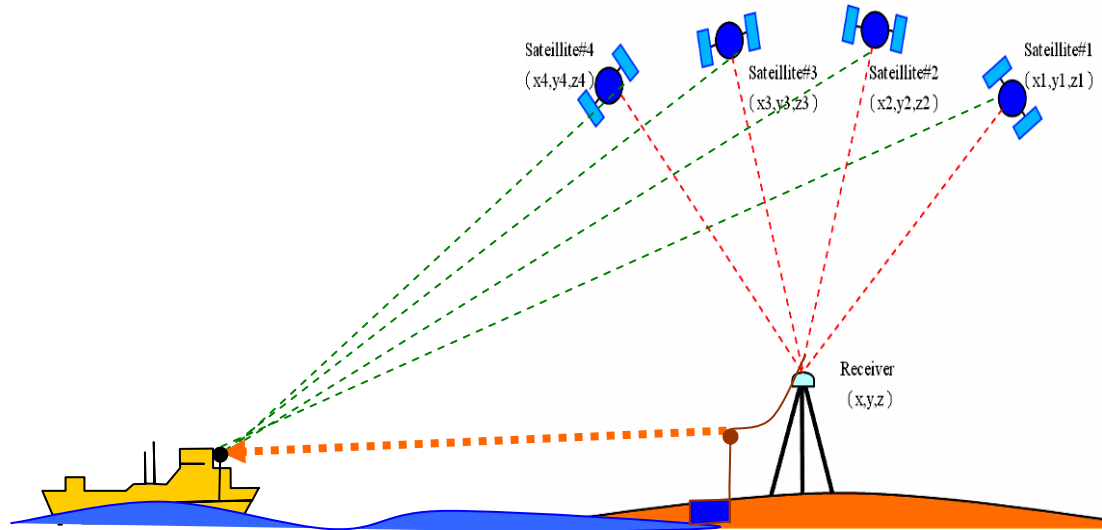


圖2-3 GPS定位示意圖

(一) RTK 定位

RTK 係透過通訊設備將基站的觀測資料訊號即時傳至移動站的接收機上，並在動態的狀態下求解相位週波未定值，即時獲得點位坐標，因採用了載波相位觀測量，定位精度可達公分級（含高程），因此辦理水深測量採用 RTK 定位技術，通常可省略驗潮作業，惟此技術受距離限制（理論可達 10 公里，實務上約 6 公里內），一般使用於近岸與潮間帶測量定位。進行 RTK 定位作業，至少需要準備 2 組格式相容的 GPS 接收儀設備，1 組作為基站（參考站）使用，其 GPS 接收儀連接無線電數據發射器，廣播 RTK 基站的資料，另 1 組（或多組）則當做移動站，透過移動站的無線電數據機，將基站廣播之訊號接收解算，即時獲得移動站的坐標資料。

使用 RTK 定位優點為可即時獲得各測點之三維坐標及高程資料，減少因漲退潮影響而產生之高程變化；缺點為受到 RTK 無線電有效距離限制，故需依無線電發送距離進行主站位置規劃。

（二）DGPS 定位

DGPS 為目前水深測量使用最為廣泛的定位方式，屬虛擬距離觀測，解算電碼訊號，可進行大範圍作業。進行 DGPS 定位作業方式同 RTK，需由基站廣播差分訊息，透過移動站接收衛星訊號，並接收基站廣播的差分訊號，即時解算出移動站之坐標，定位精度為公尺級，因精度無法使用於 Z（高程）方向，作業時需同時辦理驗潮修正水深值，圖 2-4 為 DGPS 作業情形。



圖 2-4 DGPS 作業情形

（三）無線電信標台 (Beacon)

無線電信標台為水深測量定位最便利的定位方式，同 DGPS 為虛擬距離觀測，解算電碼訊號，可進行大範圍作業。進行無線電信

標台定位時，無需擺設基站與設無線電設備，直接移動站接收設備接收無線電信標台廣播差分訊息，並透過移動站接收衛星訊號，解算出移動站之坐標，定位精度為公尺級，作業時需同時辦理驗潮修正水深值。無線電信標台與一般傳統 DGPS 差分定位系統之最大差異性，在於系統本身對 DGPS 差分修正量及相關設備之運作狀態與完整性，具有即時偵測、監控及自我補償修正之能力。

第二節 測深理論

一、測深原理

大面積海域水深測量主要以光波或聲波量測技術辦理，藉由波（Wave）傳遞速度與時間來計算波源與底床的距離。光波測深設備稱之為測深光達，可有效率的測量近岸水深（Ebrite et al.,2001），本中心為提供先進海洋測量技術，並提昇測繪成果品質及作業效率，曾於 94 年引進加拿大 Optec 公司之測深光達，辦理臺灣西部近岸水深測量工作，以 BN-2B 定翼機作為載具，於臺中清泉崗機場裝載設備，執行 3 天掃描，共 15 條航線測量工作（如圖 2-5），辦理面積約 50 km²，受限測區水體濁度較高影響，所有掃描結果均無水底反射之雷射回波值，因此評估此區域無法進行測深光達測深（林志交等,2005）。

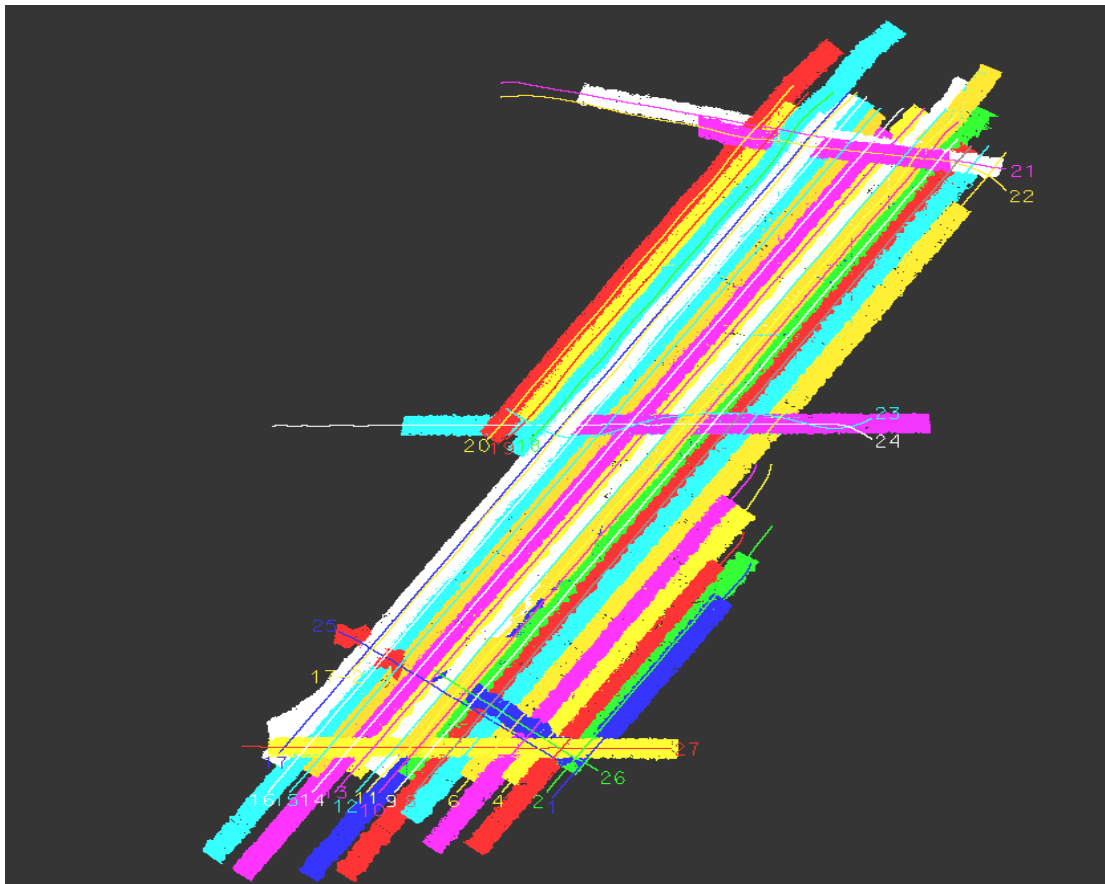


圖 2-5 測深光達航線

依據該次成果顯示，海水透視度扮演測深光達辦理近岸水深測量技術使用關鍵，在臺灣西岸之水質混濁環境下，該系統無法測得水深資料，在臺灣東部等較清澈水域可獲得水深資料，然而其水深變化較陡峻之地形特性，使可施測之面積相對較小，於臺灣近岸地形測量的利用明顯受限，東岸及澎湖、綠島或蘭嶼、東沙等週邊海域可能較為適用此種水深測量方法進行施測。除水體濁度因素外，國內測深光達作業尚存在載具電源供應及機艙溫度過高等問題需克服，方能以此技術辦理水深測量工作。

因測深光達受限設備成本太高，近幾年除少數研究案曾引進國內辦理測試外，國內測深作業仍以音束測深為主（圖 2-6）。音束測深通常以船載具備聲納系統之測深儀（Echo Sounder），依據規劃測線進行水深資料蒐集，估算聲納系統接收聲波反射時間與聲速資料計算進而取得相對水深高程，因系統價格屬低（單音束測深系統）或中（多音束測深系統）等，作業困難度不高，廣為國內水深測量工作使用。



圖 2-6 音束測深作業圖

聲波的頻率與傳遞的距離相關，頻率越高能傳遞的距離越短，因此高頻的測深儀通常被使用於淺水區；另聲波的頻率與音束寬（Range）亦有關聯，通常頻率愈高則其音束寬愈窄，因此測量地形起伏劇烈較大的區塊，使用的測深儀束寬越大，水深誤差就越大，因此辦理水深測量作業需考量頻率因素，以符合所需。

測深儀測量水深採用的是聲波反射原理，利用聲波在水中來回所需的時間，計算出感應器（音鼓）至水底的相對距離（如圖2-7）。聲波在水體中傳播時，遇到密度不同的介質（如水底或其他物體）產生反射，根據聲波往返的時間及傳播速度，求得感應器至反射目標的直線距離，即為水深。測深計算式可表示如下：

$$D = (V \times \Delta t) / 2 + D_r \dots \dots \dots (2.3)$$

式中D 為測量水深；

V為水中平均音速；

Δt 為測深儀發射音波於感應反射波之時間差；

D_r 為測深儀吃水深度。

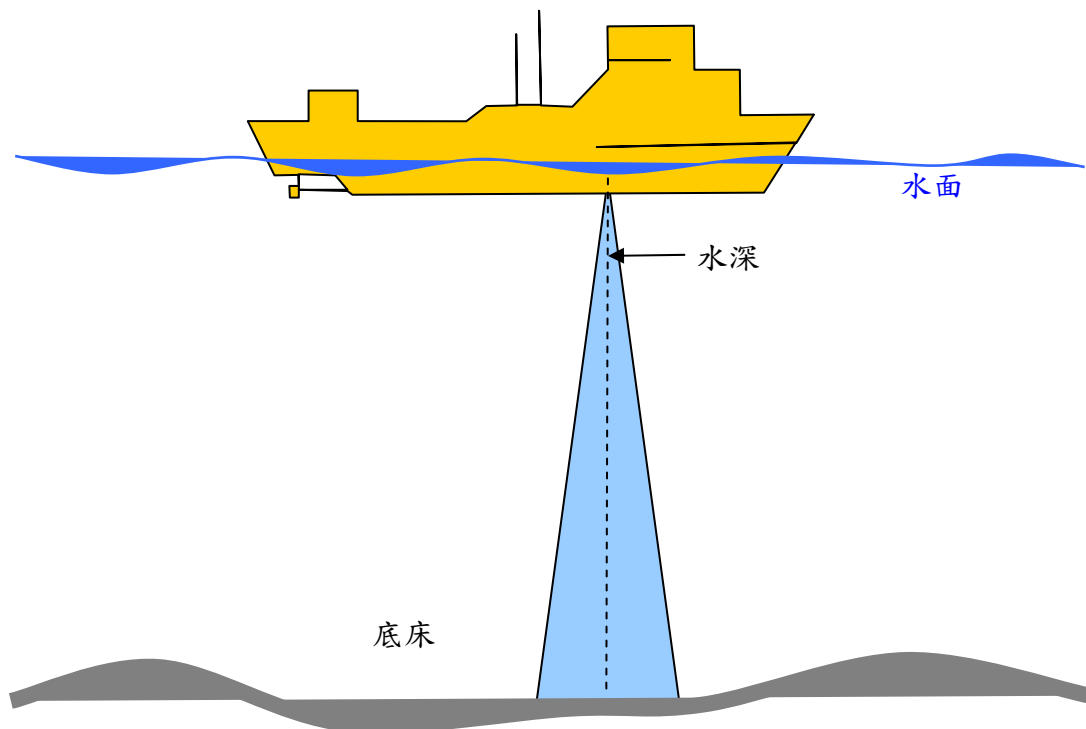


圖2-7 測深作業示意圖

如採多音束測深儀，所記錄之資料為垂直測線之整列資料，因此除音鼓下方水深資料外，亦需計算該列各點位與音鼓水平距離，其計算式如下：

$$D = (V \times \Delta t / 2) \cos \theta + D_r \dots \dots \dots (2.4)$$

$$R = (V \times \Delta t / 2) \sin \theta + D_r \dots \dots \dots (2.5)$$

式中 θ 為音束角；

R 為音鼓與測點水平距離。

因音束隨著角度增加（愈外側之音束），音鼓下水深（ D ）變化相較距離（ R ）變化來的大（如圖2-8），意即愈是在外側之音束所收得之聲波隨 θ 角的變化，對水深（ D ）之變化梯度將大於測距（ R ）之變化梯度（劉佩琨等,2000），即外側資料精度較差。

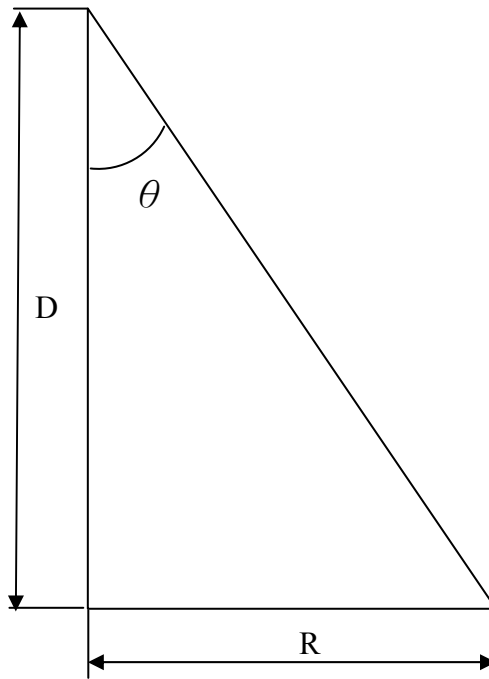


圖 2-8 水深（ D ）與距離（ R ） θ 角關係圖

二、音束測深系統

（一）單音束測深系統（Single-Beam Echo-Sounder System）

單音束測深系統作業時，音鼓每次發射單一音束取得音鼓下方之水深值，隨著船隻移動可得測線沿線之水深點資料。在提供足夠密度測線水深資料後，可以內插方式繪製等深線，以取得地形變化趨勢。此系統具備之優點為垂直方向上具公分級解析能力，儀器較便宜，在儀器組裝及操作上簡單易上手，資料量小，處理簡單且單純；缺點為一次一個測點，只能取得預定測線上之測點資料，無法涵蓋整個施測區域（如圖 2-9），因欠缺測點（線）間的水深資料，測點（線）間之地形只能以內插方式求得，所以成果精度與測點（線）間之取樣疏密程度有高相關。

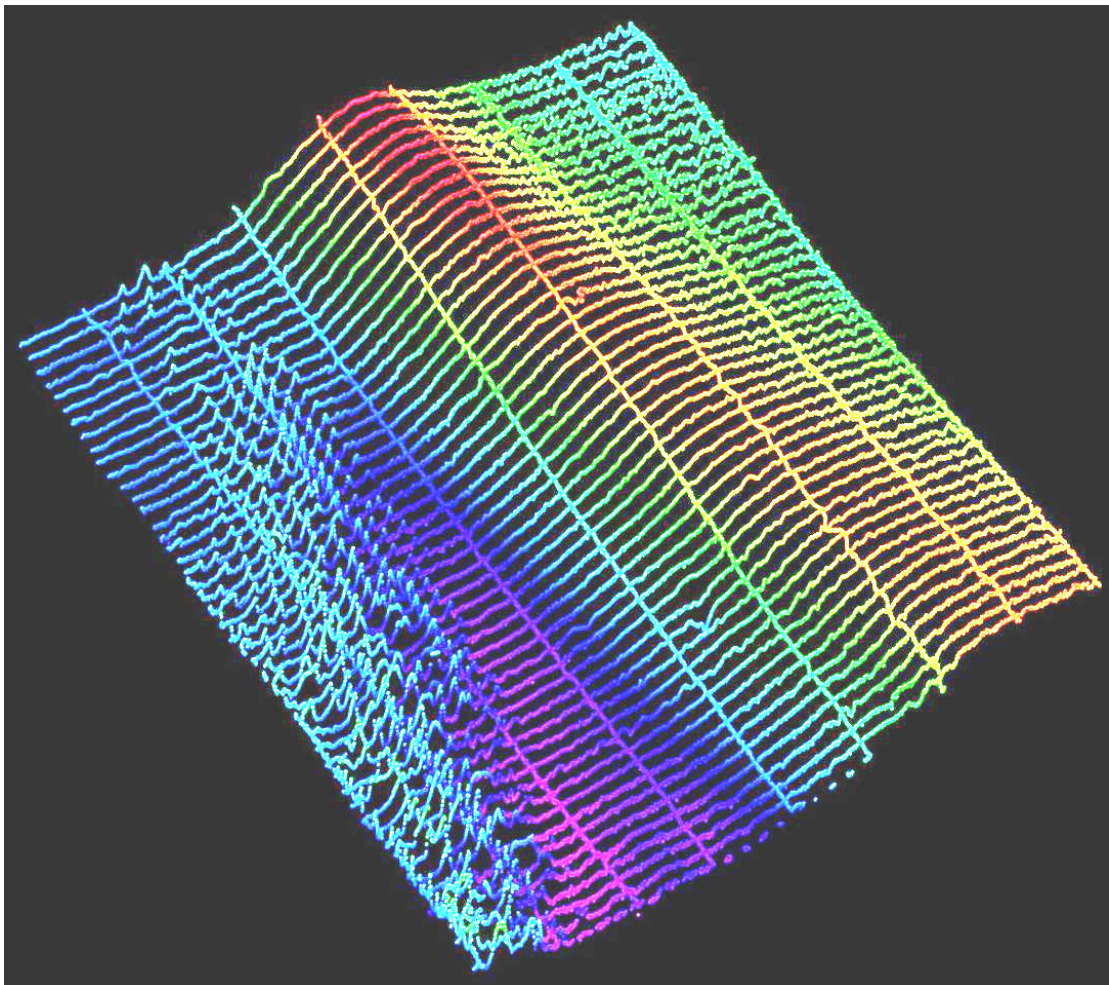


圖2-9 單音束測深系統測點展點圖

(二) 多音束測深系統 (Multi-Beam Echo-Sounder System)

多音束測深系統為較先進技術，作業時音鼓每次發射多個音束為一束帶，取得垂直於船行方向的帶狀水深點資料。此系統優點為地形平面分布上具公尺級解析度，在垂直方向上具公分級解析能力，聲波不但能完全涵蓋預測區域之水底，圖 2-10 為多音束測深系統測點展點圖，可完整呈現出水底地形之原貌，更提高資料的精確度，具有高密度取樣與提高工作效率的優點；缺點為儀器設備較昂貴、系統設定及操作上較複雜，資料量大，處理程序繁複。

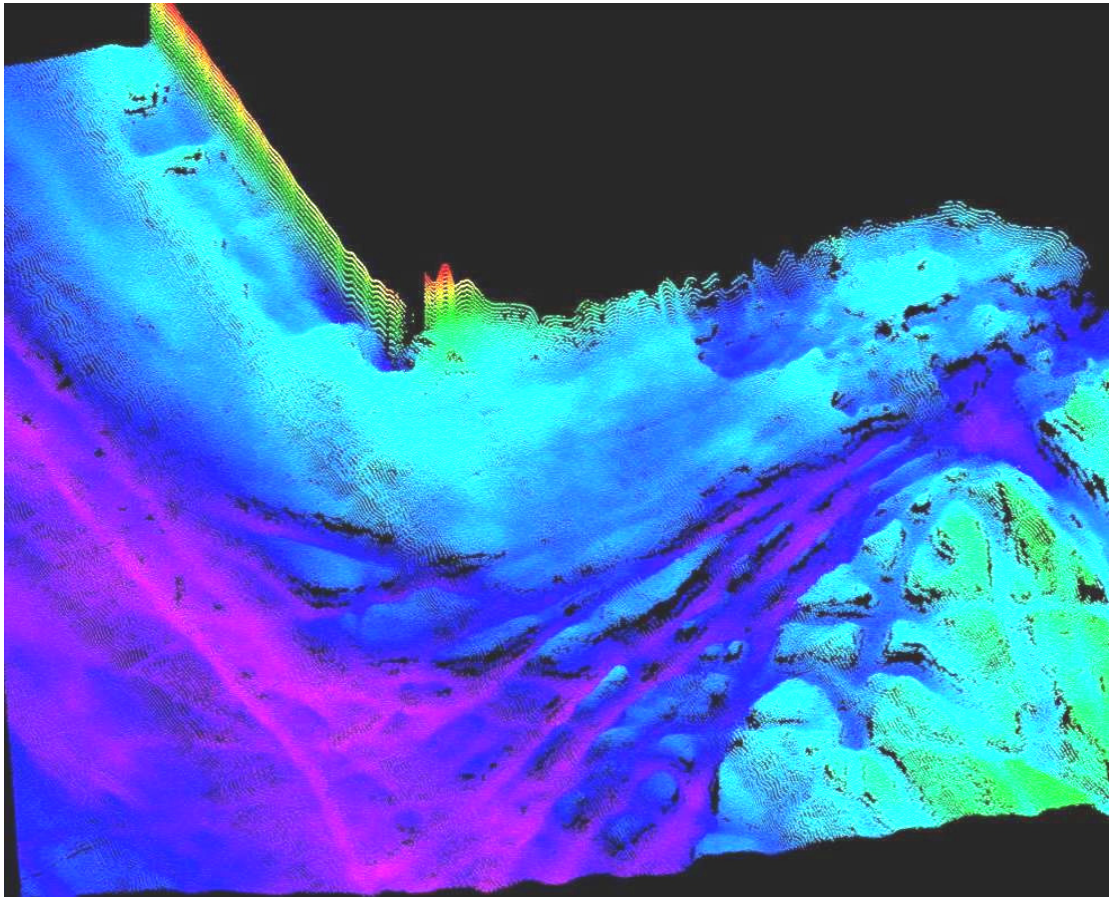


圖2-10 多音束測深系統測點展點圖

第三節 水深測量資料修正

測深資料涉及儀器裝載偏移量、偏轉角度、測量瞬間儀器姿態變化與測量時之水體物理性質，因此測深資料好壞取決於上開相關幾何與物理條件之改正，最後加入潮位修正資料，以獲水深成果。

一、裝載偏移量與姿態改正

(一) 儀器裝載偏移量

儀器架設的偏移量會產生固定影響之系統誤差，要準確量測儀器架設當時之裝載偏移量，以作為測深資料修正使用，作業船隻安置音束測深系統的相關設備時，係以參考基準點（Reference Point）作為相對坐標中心，並以船隻重心至船首方向為船中心線，且為基準方向，記錄並繪製各裝置的相對位置，圖 2-11 為儀器裝載位置圖。

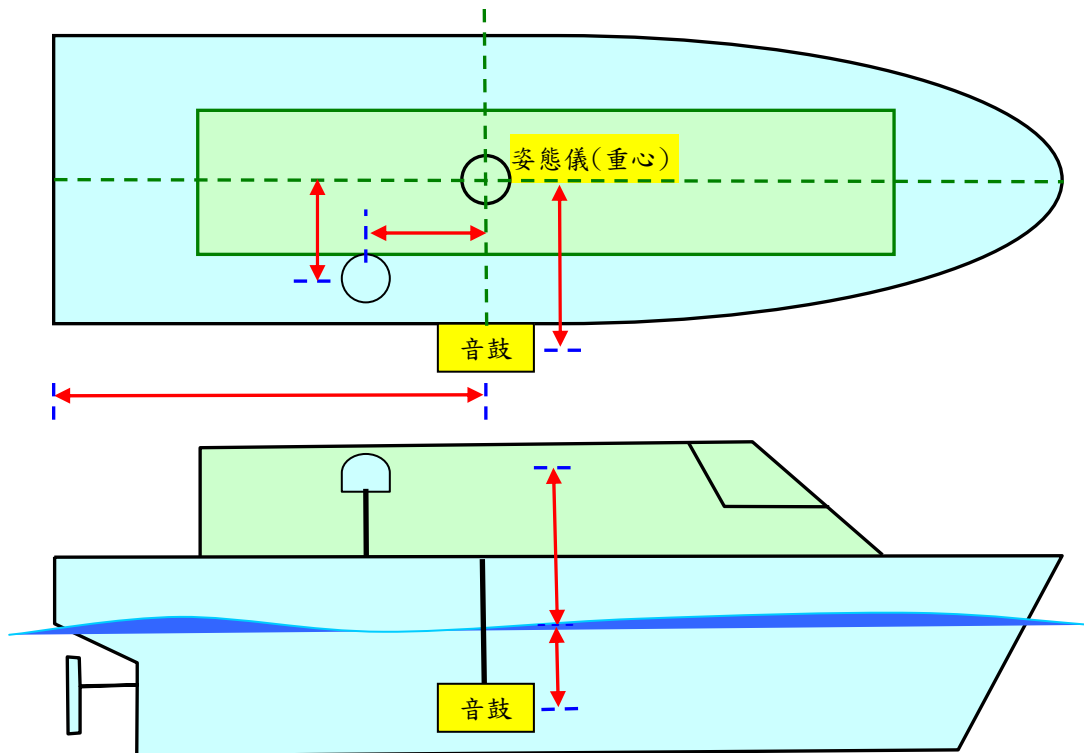


圖2-11 儀器裝載位置圖

- 1.音鼓平面位置與吃水深：音鼓於船上架設的相對位置。
- 2.定位儀平面位置與至水面距離：定位儀架設於船上的相對位置。

- 3.船隻姿態儀器位置：姿態儀架設於船上的相對位置。
- 4.多音束測深儀尚需記錄多音束音鼓軸系的安置角度（Pitch & Roll & Yaw）。
- 5.姿態儀軸系Pitch & Roll的安置角度必需歸零。

（二）姿態修正

船隻於海面上作業受浪、流、風、潮汐與船隻運動之交互影響，致船體產生前後傾斜（pitch）、上下起伏（heave）、舵向偏移（yaw）與左右搖擺（roll）等姿態變化（如圖 2-12 所示），可藉由船隻姿態儀記錄相關資訊，提供姿態修正計算使用。作業時如將音鼓、定位儀、姿態儀安置於同一垂直線上，可減少定位與姿態變化產生之誤差。

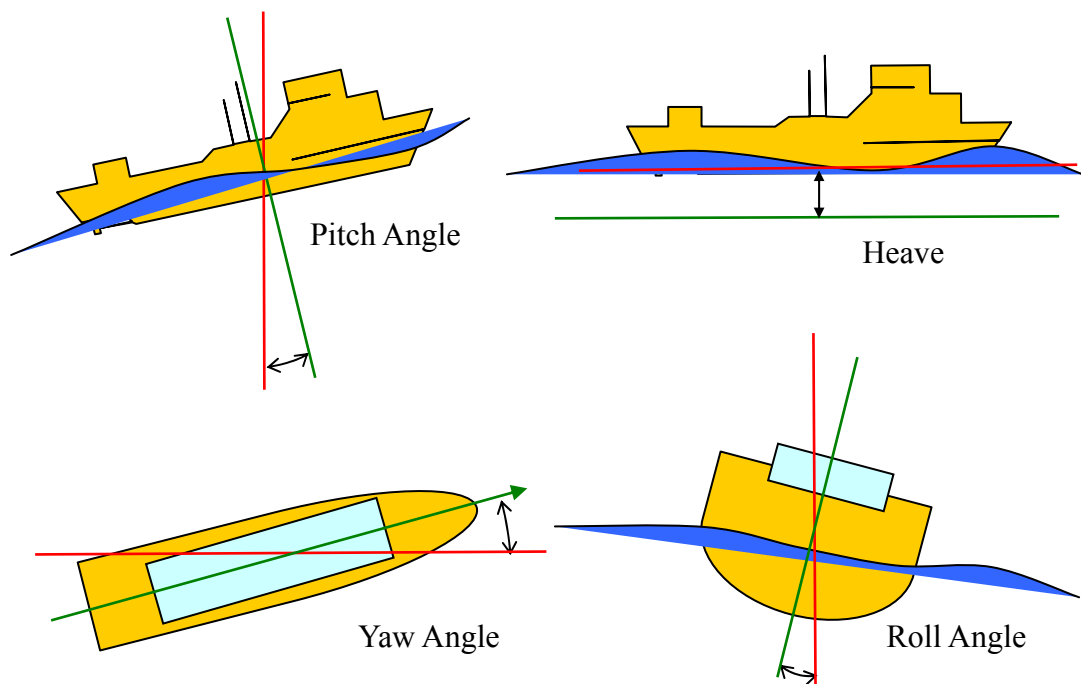


圖2-12 船隻姿態示意圖

二、聲速改正

水深係計算水中聲速傳遞時間而得，聲速會隨著各層水深的物理性質不同而產生變化，產生水深斷面聲速折射現象，進而影響水深量測精度，需進行聲速改正作業。影響水體聲速傳播因素主要為

溫度、鹽度與水壓，假設水體 20°C 時聲速傳播速度為 1500m/sec ；每當溫度增加 1°C 時，聲速會增加約 4.5m/sec ；而鹽度每增加 1% 時，聲速會增加 1.3m/sec ；水深每增加 100m 時，聲速增加 1.7m/sec 。聲速一般以校正板（Bar Check）或聲速剖面儀（Sound Velocity profile）進行量測。

校正板於港區或淺水區進行聲速調校，藉由量測並比較檢校板深度與測深儀讀數，檢視深度差異量是否在儀器精度的合理範圍內，若在容許誤差範圍內則表示該測深儀所給定之聲速值堪用。利用聲速剖面儀進行聲速剖面資料記錄，聲速剖面值為水面至海床底部隨深度變化相對應之聲速傳播速度，其修正方法如圖 2-13，原測深記錄值為 AB，利用聲速剖面儀所量測不同水層之聲速值，進行改算以獲得實際測點水深值 AC。

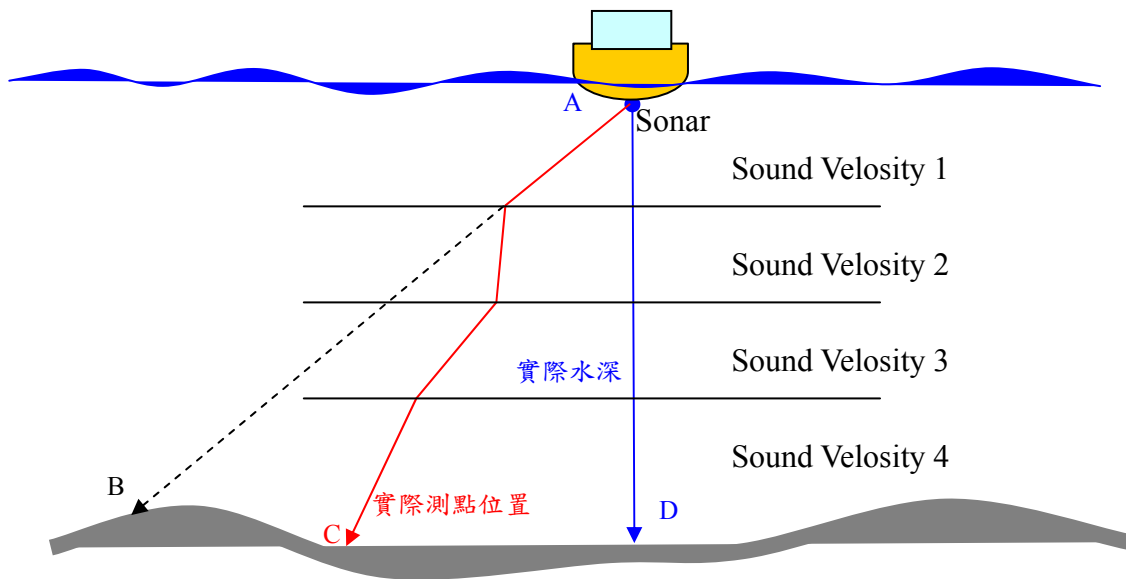


圖2-13 聲速變化對於水深值影響示意圖

三、潮位修正

潮汐為一海面週期性上下之運動，主要造成潮汐的原因為月球、地球與太陽間之引潮力。水深測量工作係以載具搭載測深設備於水體上對水下地形進行資料蒐集，因水體（海洋）受星體運動與引

力作用影響，海洋表面產生海面週期性規則的升降作用，海面周期性的漲落為天文潮，復受海氣象（氣象潮）、地形、水體黏滯性等因素影響，造成複雜之潮汐現象。因潮汐隨著時間變化，所以辦理水深測量時需記錄潮汐變化，以進行水深測量之潮位修正（交通部,1996），圖2-14為臺灣等潮位圖。

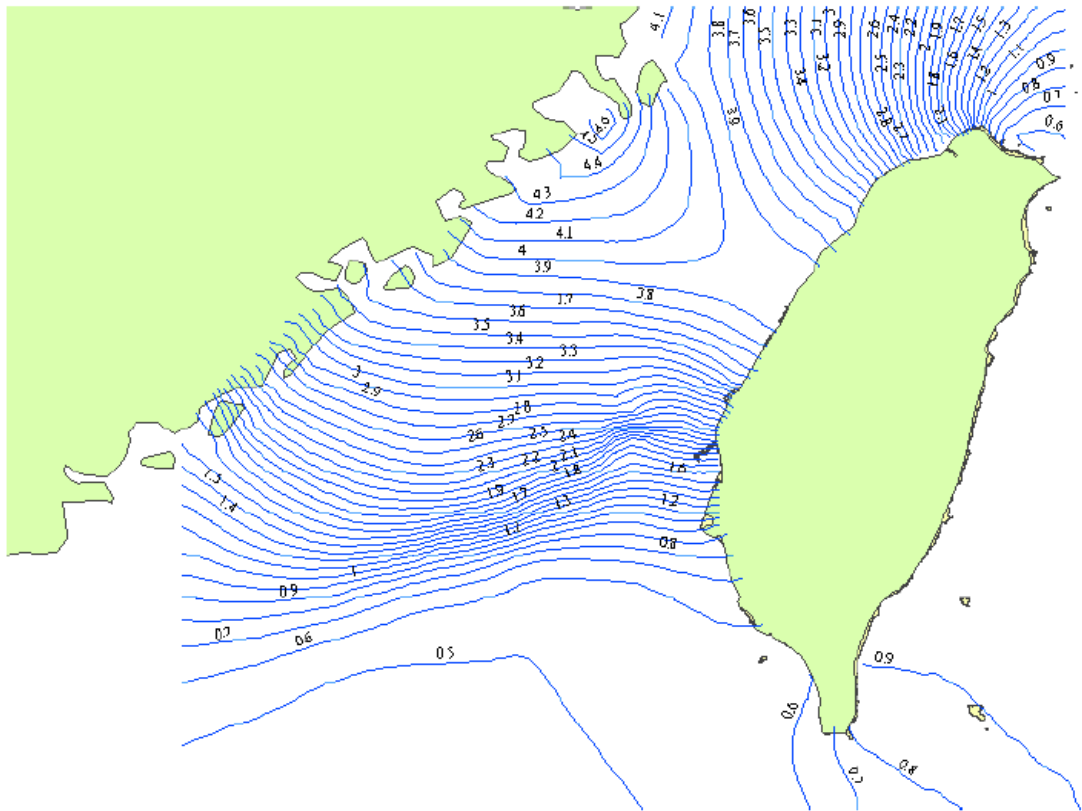


圖2-14 臺灣等潮位圖（李孟霖,2007）

（一）潮汐分析

國內對各海岸的潮汐變化進行統計及相關分析，較常使用美國普林斯頓大學發展的三維非線性海洋模式Princeton Ocean Model（簡稱POM）來推算天文潮位的變化情形，此模式可模擬大尺度海洋、海岸等天文潮及氣象潮所引起的水位與流場變化，POM 使用了兩個假設條件：第一為假設流體本身的重量與壓力梯度力平衡，亦即為靜力平衡（Hydrostatic Assumption），第二為假設水體內部的密度差異可以忽略，除非這個差異是由重力所引起此條件的。POM 模式

的基本水動力系統架構可表示如下（李汴軍等，2005）：

控制方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \dots\dots\dots (2.6)$$

水平方向動力方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} (K_M \frac{\partial u}{\partial z}) + F_u \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + u \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} - fu = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} (K_M \frac{\partial v}{\partial z}) + F_v \dots\dots\dots (2.8)$$

垂直方向動力方程式：

$$pg = -\frac{\partial p}{\partial z} \dots\dots\dots (2.9)$$

式中 u 與 v 分別為水平方向的流速；

w 為垂直方向的流速；

ρ 為流體密度；

K_M 為動量垂直渦旋混合擴散係數 (vertical eddy viscosity diffusivity of turbulent momentum mixing)；

g 為重力加速度；

f 為科氏力參數；

F_u 為 x 方向之雷諾應力；

F_v 為 y 方向之雷諾應力。

根據模擬地區的潮位觀測資料進行調和分析，以得到該地區的各分潮調和常數，利用這些調和常數作為模式輸入條件，以求得模式起始條件與開放邊界條件。調和分析法乃基於天文潮理論，將潮汐視為各種週期分潮的總和。理論上潮汐包括無限多的分潮成份，但應用上僅能就主要分潮進行分析。其主要原理是利用最小二乘法讓實際潮位與調和潮位誤差值達到最小（Schureman, 1941）。設有 N 組 x_i, y_i 加以線性回歸，而 x 、 y 的關係式為 $y_i = a_0 + a_1 x_i + \varepsilon_i$ ，其中 a_0 、 a_1 為常數係數，利用最小二乘法可求得最小誤差值 ε_i 的解。可計算出振幅與相位，便可得調和分析結果。

調和分析是將上列之關係式代換為：

$$\eta = a_0 + \sum_{i=1}^n [a_i \cos(\omega_i t) + b_i \sin(\omega_i t)] \dots\dots\dots (2.10)$$

其中 η 為調和潮位；

ω_i 為頻率；

t 為時間；

a_0, a_i, b_i 為調和係數。

(二) 水準點連測

臺灣水準點之高程採用正高系統；同時高程基準係參考基隆港之基隆潮位站長期潮位觀測資料而得，起算點為臺灣水準原點 K999 為能獲準確的潮位資料，除潮位儀本身的準確性外，尚需確保潮位站高程基準與國家高程基準一致，海面基準與水深測量關係如圖 2-15，潮位資料係記錄該潮位站當地高程資料（Local data），為將測量資料統合於我國高程基準（TWVD2001）中，需進行潮位站與一等水準點連測作業（內政部國土測繪中心,2007），改算水深資料至國家高程系統。

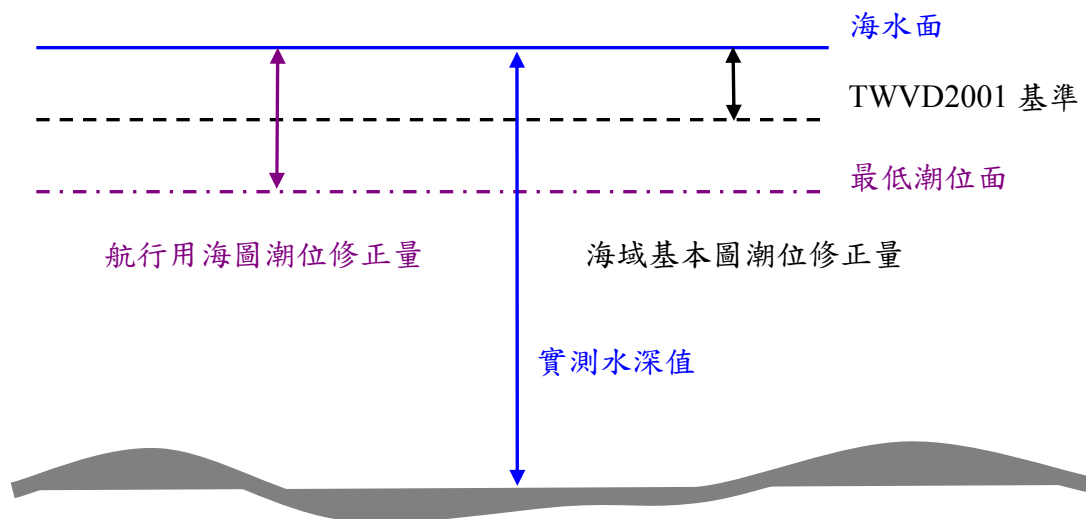


圖 2-15 海面基準與水深測量關係圖

(三) 驗潮

驗潮即潮位觀測，驗潮工作需於水深測量作業期間全程辦理，一般係採用自錄式潮位儀來記錄潮位變化，並輔以人工驗潮。依據

戴益寶（2005）研究發現潮位站設置位置對於驗潮會有影響，潮位儀設置的地點如未設靜水井，會受水波影響，通常水位資料會先進行低通（Lower Pass）處理，以傅利葉函數濾除高頻雜訊（Noise），擷取可用之潮位資訊。辦理水深測量驗潮作業，一般以壓力式潮位計為主，所記錄的資料為水中壓力變化，計算壓力計至水面之高程，獲得相對水位高程，再與該潮位計所在高程計算，可得到潮汐變動的水位絕對高程。

辦理小範圍（岸線長30公里內）水深測量工作，通常會選擇測區範圍最鄰近單一潮位站之潮汐觀測資料，作為潮位修正依據。如辦理較大範圍水深測量，會引用測量範圍最鄰近潮位站之潮汐觀測資料再進行平均潮位計算。平均潮位計算方式依據施測點與各潮位站距離之反比作為權重，計算出平均潮位，亦即測點愈接近某潮位站時，該潮位站之潮位觀測值權重愈高。圖2-16說明水深測量之潮位分區與各分區修正方法，作業範圍屬東西向測區，有A、B與C潮位站，依（2.11）-（2.15）計算式，可將測區劃分為5個區塊（R1~R5）。

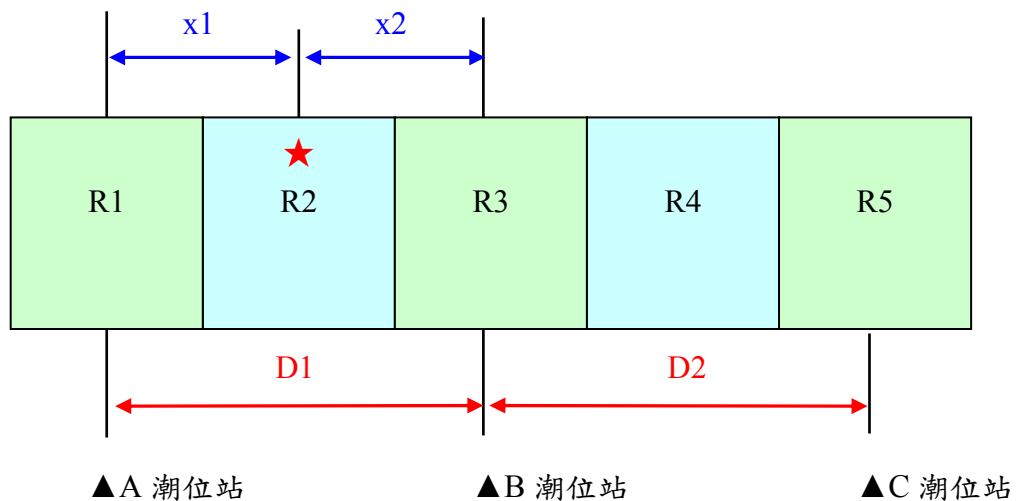


圖2-16 潮位計算示意圖

$$R1: E < E_A + \frac{D1}{4} \dots\dots\dots (2.11)$$

第二章 水深測量原理與技術

$$R2: E_A + \frac{D1}{4} < E < E_B - \frac{D1}{4} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$R3: E_B - \frac{D1}{4} < E < E_B + \frac{D1}{4} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$R4: E_B + \frac{D2}{4} < E < E_C - \frac{D2}{4} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$R5: E > E_C - \frac{D2}{4} \dots\dots\dots (2.15)$$

式中R1~R5為分區；

E_A 、 E_B 、 E_C 分別為A、B、C潮位站坐標E值；

D1為A、B潮位距離；

D2為B、C潮位距離。

當辦理R1、R3、R5區塊測量時，直接採用最鄰近潮位站（A、B與C）之潮位資料；當測量A2、A4區塊時，採用平均潮位資料，計算式如（2.16）。

$$\left(\frac{TA}{X1} + \frac{TB}{X2}\right) / \left(\frac{1}{X1} + \frac{1}{X2}\right) \dots\dots\dots (2.16)$$

式中 T_A 、 T_B 分別為A、B潮位站潮位值；

X1為測點與A潮位站距離；

X2為測點與B潮位站距離。

第四節 水深測量成果檢核

水深測量成果是記錄水下地形起伏資料，水下地形因受水體覆蓋，無法如陸域測量有固定地物位置或高程點位可進行檢查，一般以比較重疊區（Overlap Area）資料方式來進行測深成果檢核，再統計檢核結果是否符合規範。因使用設備不同，單音束測深測點係沿航線分佈，為使測線重疊，傳統做法是加測垂直航線之檢核線，如圖 2-17 所示，藍色軌跡為測線、紅色軌跡為檢核線，比較測線與檢核線交錯之測點資料；而多音束測深測點係以測帶方式陳現，因此會如 2-18 所示，除檢核線重疊外，亦會有相鄰測線重疊情形，如此一來，可提供更佳的檢核資料。

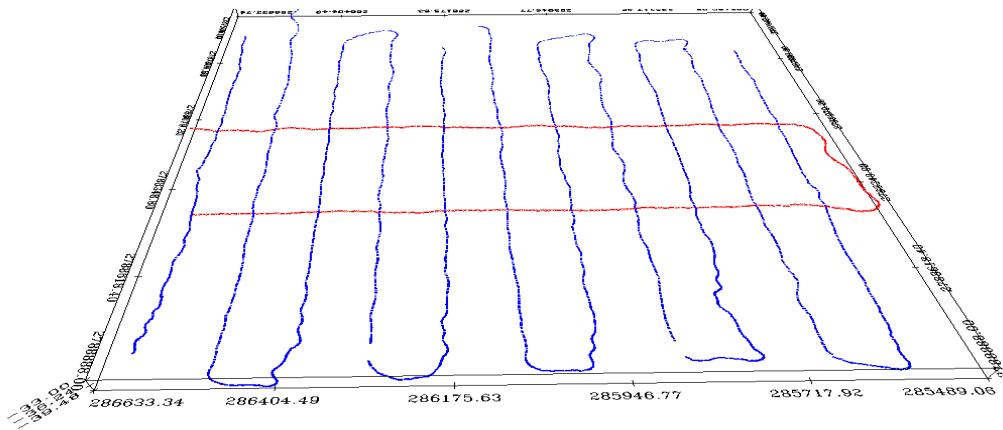


圖 2-17 單音束測深重疊區檢核

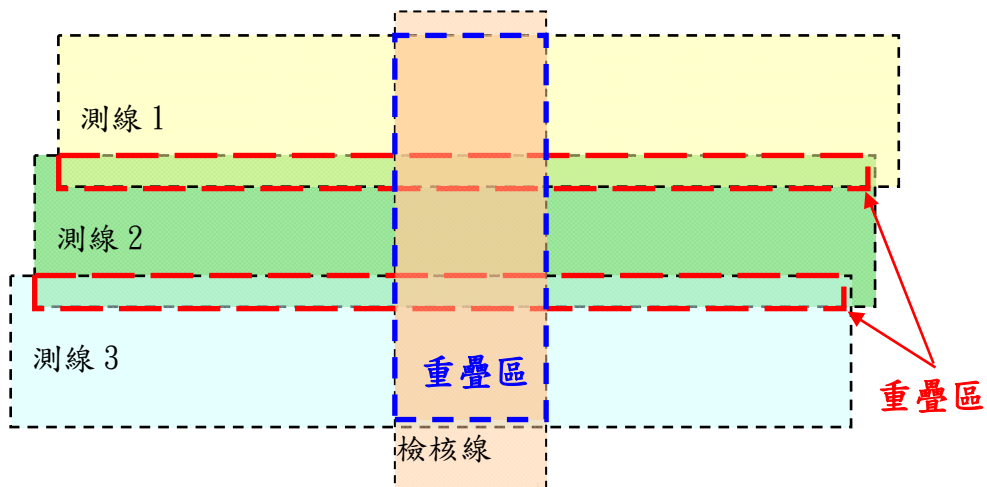


圖 2-18 多音束測深重疊區檢核

水深測量成果檢核方法主要以交叉檢核線辦理，以美國工兵署「交叉線與地形品質控制標準表」(Cross Line and Terrain Quality Control Criteria)為基礎，依據作業要求進行間距修正後辦理檢核工作。而成果檢核精度要求主要是參考國際海事組織(International Hydrographic Organization,IHO)「S-44 國際海洋測量標準」，與美國工兵署「深度量測精度評估表」(Estimated Depth Measurement Accuracy)，相關說明如下。

一、測深檢核線方法

依美國工兵署針對交叉線與地形品質控制標準表(Cross Line and Terrain Quality Control Criteria)，水深測量成果檢核以檢核線辦理，至少必需兩端與中心線正交共 3 條交叉測線，其交叉線區域需要間距 500 英呎，檢核線間距要求如表 2-1。在交叉線間距規範分為橫斷面交叉線測量與縱向交叉線測量 2 項；交叉線或地形模型資料品質估計標準分為交叉線的預期平均偏差與所有誤差的預期平均 2 項。檢核線為目前使用最廣泛的資料品管方式，只是檢核線密度與通過標準視需求另作規範。

表 2-1 美國工兵署交叉線與地形品質控制標準表

需求之交叉線間距	
橫斷面交叉線測量	至少必需兩端與中心線正交共3條交叉測線
縱向交叉線測量	交叉線區域需要間距500英呎
交叉線或地形模型資料品質估計標準	
交叉線的預期平均偏差	± 0.5 英呎
所有誤差的預期平均	± 0.2 英呎

二、測深精度規範

(一) 國際海事組織「Standards for Hydrographic Survey S-44」規範

國際海事組織 (International Hydrographic Organization, IHO) 於 1998 年公佈國際海洋測量標準 S-44 (International Hydrographic Bureau, 1997)，是以船隻航行 (航道) 圖精度需求為主，分 Order Special、Order 1、Order 2 與 Order 3 等水域分類。精度內容分為水平定位精度與水深精度 2 類，水平定位精度依水域分類從 2 m~150m+0.05d (d 為水深)；水深精度依水域分類依規範所列公式計算，S-44 測量精度規範內容如表 2-3。

表 2-2 S-44 測量精度規範

等級	Order Special	Order 1	Order 2	Order 3
典型水域	港區、錨泊區、重要航道	港區、進港航道、建議航道、海岸區域	非特等或一等水域且水深 <200 m 區域	不屬於上述等級之水域
水平定位精度	2m	5m+0.05d	20m+0.05d	150m+0.05d
水深精度	a=0.25m b=0.0075	a=0.5m b=0.013	a=1m b=0.023	a=1m b=0.023
最大測線間距	海床需 100% 完全涵蓋	3 倍測區均深或 25m，取較大者	3-4 倍測區均深或 200m，取較大者	4 倍測區均深
水深精度： $\pm[a^2+(b*d)^2]^{1/2}$ a：固定水深誤差；b：從屬水深誤差因子；d：水深（公尺）				

(二) 海域基本圖測量精度規範

目前國內較具體的水深測量規範係由內政部 2004 年委託國立中山大學海洋科技研究中心參考國際海事組織國際海洋測量標準 S-44，研訂「領海及鄰接區海域基本圖測量規範」（內政部,2004），內容包含近岸海域、領海海域與鄰接區海域的水深測量規範，以供辦理海域基本圖測量規格與驗收參據，如表 2-3。

表 2-3 海域基本圖測量精度規範

等級	特等量測	一等量測	二等量測
典型水域	近岸海域	領海海域	鄰接區海域
水平定位精度	2m	5m+0.05d	20m+0.05d
水深精度	a=0.25m b=0.0075	a=0.5m b=0.013	a=1.0m b=0.023
測圖比例尺	1:5,000	1:25,000	1:50,000
測線間距	50m	250m	500m
水深精度： $\pm[a^2+(b*d)^2]^{1/2}$ a：固定水深誤差；b：從屬水深誤差因子；d：水深（公尺）			

(三) 美國工兵署「Estimated Depth Measurement Accuracy」

深度量測精度評估如表2-4，詳列誤差來源與產生之誤差影響值，說明水深測量誤差來源包括儀器系統（Measurment System）、系統率定（System Calibration）、解析度（Resolution）、載具吃水因素（Draft/Index）、參考基準（Reference Datum）、載具穩定度（Platform Stability）、作業速度（Velocity）、密度/靈敏度（Density/Sensitivity）等，可提供辦理單項誤差評估參考。

表 2-4 美國工兵署深度量測精度評估表

深度量測精度評估 (±ft)				
誤差來源	測量誤差（每一條件）			
	理想狀況	水深平均 <20ft	水深平均 >20ft	海岸
儀器系統	0.05	0.05	0.1	0.2
系統率定	0.05	0.1	0.2	0.3
解析度	0.1	0.1	0.1	0.2
載具吃水因素	---	0.05	0.1	0.2
參考基準：				
高程	0.05	0.05	0.05	0.05
驗潮	0.02	0.2	0.2	0.2
載具穩定度	0.05	0.2	0.3	1
作業速度	---	0.1	0.1	0.2
密度/靈敏度	0.05	0.05	0.1	0.5
均方根誤差	±0.15	±0.3	±0.5	±1.3

第三章 作業流程與人為誤差

由於水深測量作業過程繁複（如圖3-1），若無嚴謹之作業品管，易因一個程序或環節疏忽，影響資料品質。本研究探討水深測量作業過程之人為誤差，水深測量工作科分定位、驗潮、測深與資料處理等階段作業。本章依據實務經驗與相關作業規範彙集整理各階段作業程序與流程圖，並分析各程序易發生人為誤差之原因，據以製作水深測量檢查表格，提供作業人員辦理相關工作參考與應用。

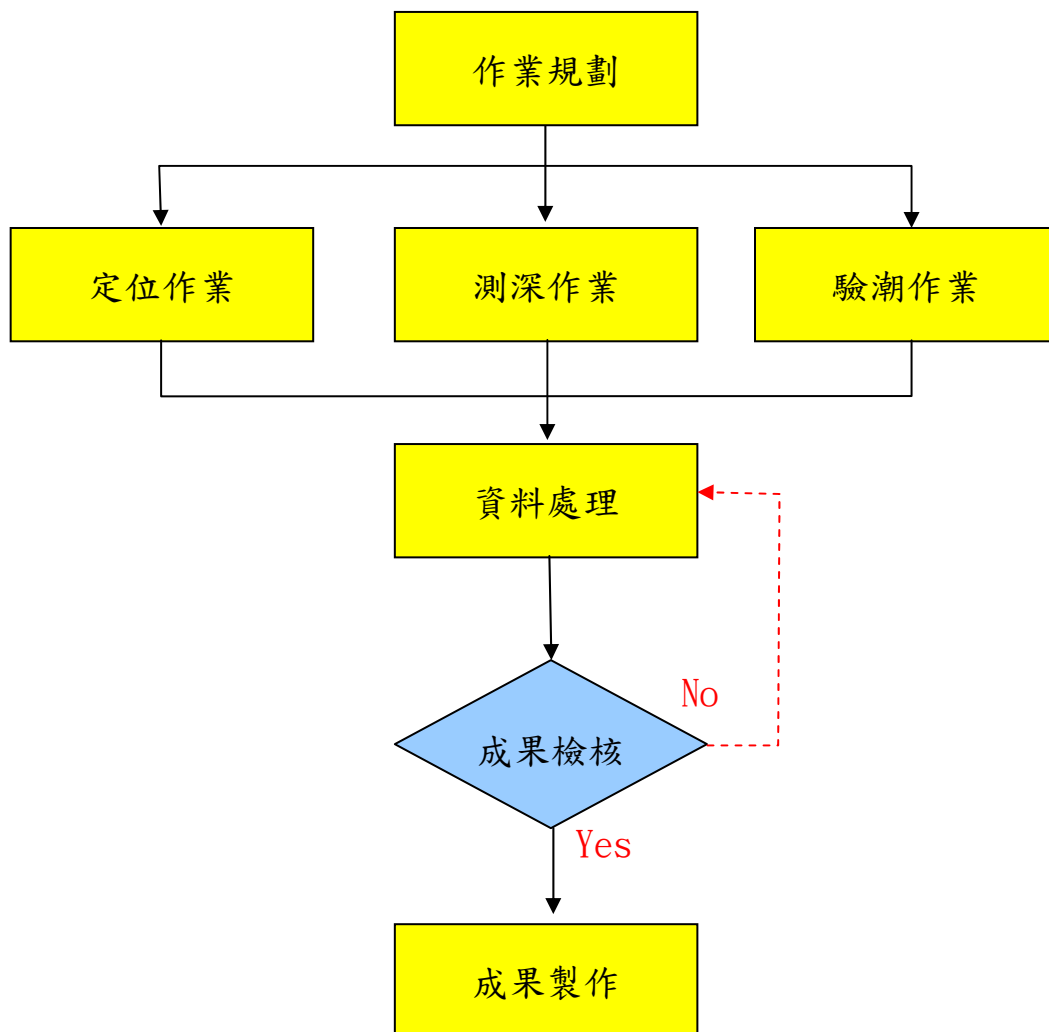


圖 3-1 水深測量作業流程圖

第一節 定位作業

一、定位作業流程與人為誤差

水深測量定位作業可區分為 RTK、DGPS 與 Beacon 等方法，依據內政部土地測量局（內政部國土測繪中心之前身）基本控制點檢測作業規範（內政部土地測量局,2001）與實務作業經驗，整理出定位作業流程圖（如圖 3-2）及作業過程中可能發生之人為誤差。

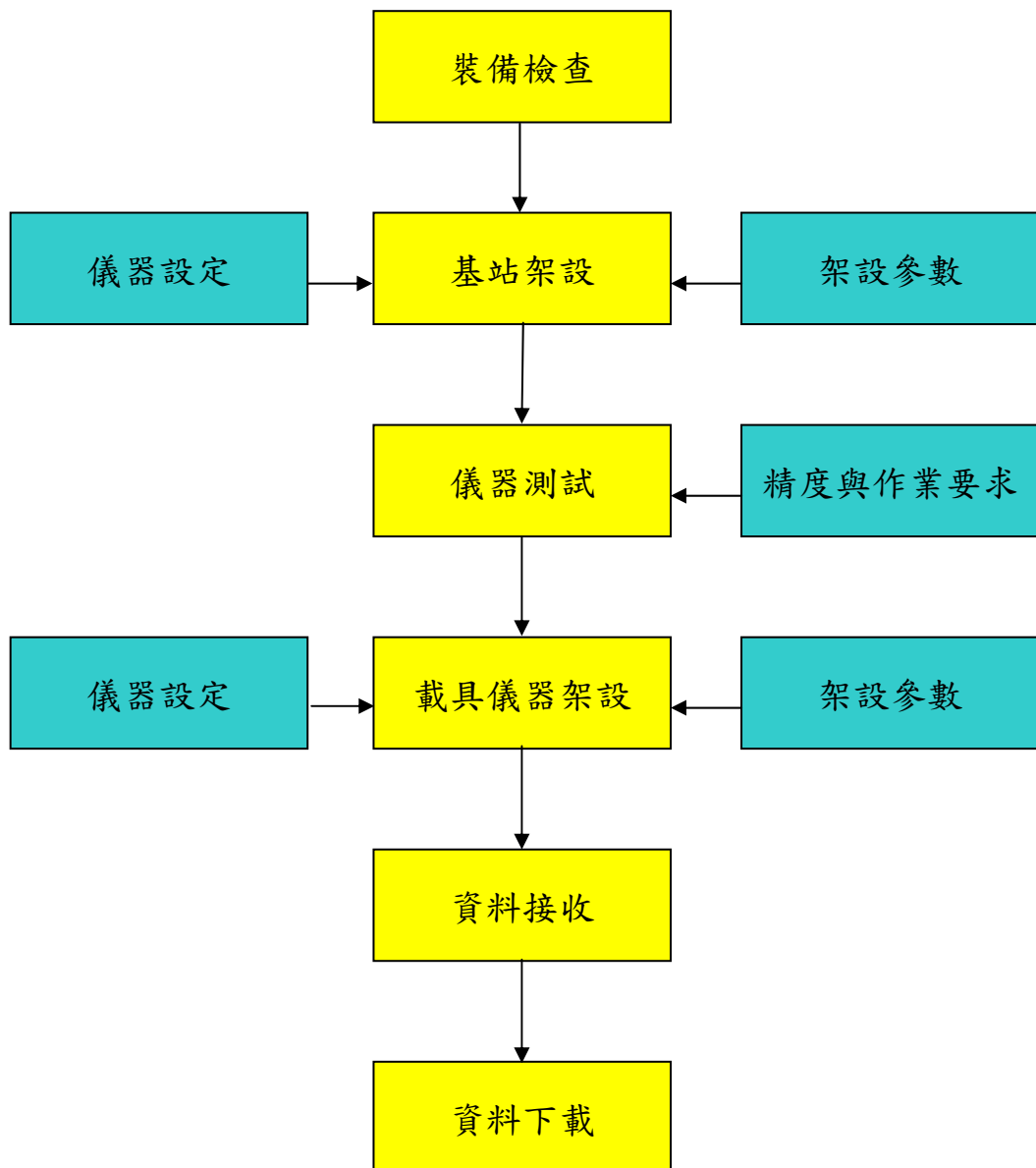


圖 3-2 定位作業流程圖

(一) 裝備檢查

1. 作業內容

- (1) 準備背景資料（如測區地形圖、控制點分布圖、點之記、控制點成果報表）與表單資料（如觀測紀錄表、作業人員聯繫電話）。
- (2) 備齊作業裝備：含接收儀、天線盤、腳架、纜線、基座、電池、量尺等主機與配件。採 RTK 或 DGPS 需另備無線電設備。

2. 可能之人為誤差：裝備（含資料與表單）整備不齊全、電池續電力不足、儀器時間錯誤（GPS 接收儀一段時間未使用，其時間基準會偏移，需讓接收儀運作自動修正）。

(二) 基站架設：圖 3-3 為基站架設 GPS 接收儀器情形。採用 Beacon 作業時，係以無線信標台為基站，故免辦理此程序。另基站位置需勘查附近是否有手機基地台、雷達站或無線電台等干擾源。



圖 3-3 基地站架設 GPS 儀器

1.作業內容

- (1) 至合適控制點上辦理儀器架設與定心定平、儀器架設資訊記錄（如儀器高、基站點名、作業人員、作業時間...）與儀器參數設定（如接收頻率）。
- (2) 無線電架設：無線電測試與頻率調校，並依移動站距離調製無線電功率與天線高度。

2.可能之人為誤差：儀器架設位置或方式不當（儀器架設宜降低高度，並以重物固定，避免因海邊風大造成儀器移動或傾倒）、架設資訊記錄錯誤、無線電功率不足（與移動站距離有關）、天線架設高度不夠（與地球曲率有關）。

（三）儀器測試

- 1.作業內容：採 RTK 或 DGPS 作業需選擇另 1 個（含）以上已知點，辦理移動站定位儀器檢測；如採 Beacon 作業需選擇另 1 個（含）以上已知點，進行長時間連續觀測（海域基本圖測量工作要求進行 24 小時連續觀測），以測試 Beacon 基站之訊號穩定度。所檢測精度數據需符合相關作業精度要求，移動站儀器方能提供作為載具定位使用。
- 2.可能之人為誤差：一般辦理定位作業，常會忽略儀器精度測試程序，直接跳過此程序辦理載具儀器架設，或檢測精度作業未依規定辦理。

（四）載具儀器架設

- 1.作業內容：辦理載具定位儀器架設、架設資訊記錄（如作業人員、天線盤與音鼓之偏移量...，通常併測深作業辦理）與儀器參數設定（如儀器接收頻率），圖 3-4 為載具架設 GPS 儀器情形。



圖 3-4 載具架設 GPS 儀器

- 2.可能之人為誤差：天線安裝不穩固致偏移、架設資訊記錄錯誤。

（五）資料接收

- 1.作業內容：儀器架設完成需於港內先測試定位系統運作情況，測深作業進行中應監控載具路徑、速度與資料接收品質等；於工作範圍內施放聲速剖面儀，需記錄其施放坐標。
- 2.可能之人為誤差：作業時因載具晃動致線體（電線、傳輸線等）脫落或接觸不良，或因 GPS 記憶體不足，導致資料中斷；施放水中聲速剖面儀時，未記錄坐標。

（六）資料下載

- 1.作業內容：水深測量作業完畢後，應立即下載資料並備份，併同相關紀錄表（含基站），彙整提供內業計算使用。
- 2.可能之人為誤差：基站或移動站資料未下載與備份、相關紀錄表遺失。

二、定位檢查表

表3-1 定位檢查表

水深測量定位作業檢查表			
計畫名稱		檢查日期	
廠商名稱		作業人員	
作業地點		作業船隻	
定位方式	☐ RTK ☐ DGPS ☐ Beacon		
檢查項目		檢查情形	說明
控制點 資料	位置範圍： 1.作業範圍圖。 2.控制點位置。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	控制點檢測精度報表。	☐ 合格 ☐ 不合格	
基站	儀器狀態： 1.配件。 2.無線電。 3.電池容量。	☐ 合格 ☐ 不合格	採 Beacon 定位時，本項免辦。
	儀器架設： 1.定心定平。 2.儀器高。 3.參數設定。	☐ 合格 ☐ 不合格	採 Beacon 定位時，本項免辦。
	資料接收： 1.儀器接收情形。 2.儀器測試。 3.資料下載與備份。	☐ 合格 ☐ 不合格	採 Beacon 定位時，本項免辦。
移動站	儀器狀態： 1.配件。 2.電池容量。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	儀器架設： 1.天線與音鼓距離。 2.參數設定。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	資料接收： 1.儀器接收情形。 2.資料下載與備份。	☐ 合格 ☐ 不合格	採 Beacon 定位時，另需在已知控制點辦理儀器測試。
檢查註記：			
檢查結果	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	

第二節 測深作業

一、測深作業流程與人為誤差

測深作業係利用音波量距技術，測量底床與波源距離，結合定位之時間與位置資訊，獲得所需之測深成果，依據實務作業經驗，彙整出測深作業办理流程如圖3-5與內容。

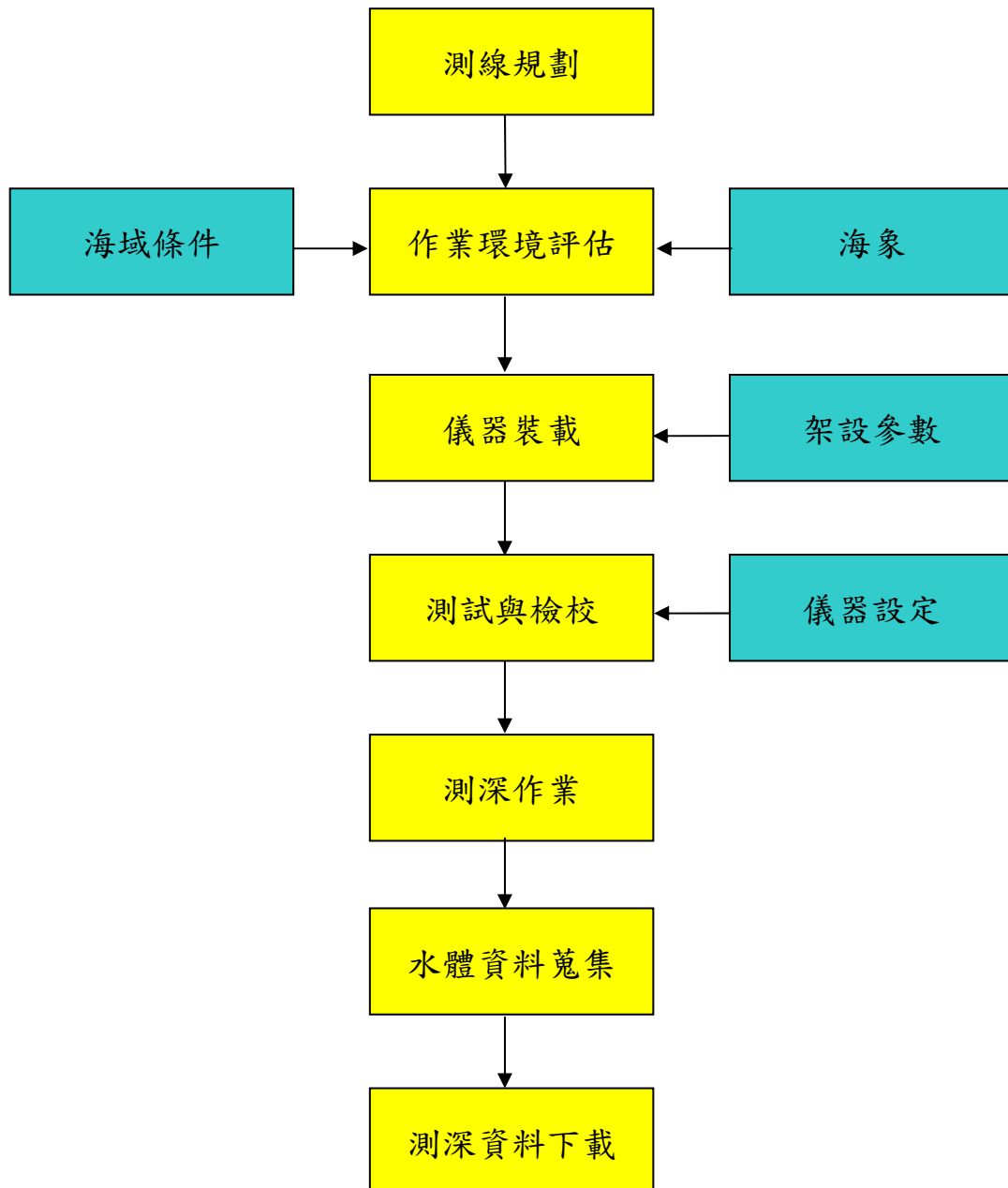


圖 3-5 測深作業流程圖

(一) 作業規劃

1. 作業內容

- (1) 依據計畫作業要求（作業範圍、測線間距、測深儀器能力）進行測線規劃工作，測線需完全涵蓋作業範圍。
- (2) 作業船隻整備、工作人員保險、出海文件申請。

2. 可能之人為誤差

- (1) 規劃測線間距過大，或使用之測深儀器能力不足。
- (2) 作業船隻使用目的不符致無法出港。

(二) 作業環境評估

測深作業與作業環境有關，可否作業得視天候及海氣象狀況決定，如臺灣附近海域在秋冬季節，受強烈的東北季風影響，施測困難（經濟部中央地質調查所,1995）。

1. 作業內容

- (1) 依據海象預報與現場海象情形，進行作業環境評估，決定是否進行測深作業。
- (2) 依據現有圖資與現地之地形條件，進行載具選擇。

2. 可能之人為誤差

- (1) 海象不佳不利海測時仍出海作業，致所測資料精度不佳，甚至無法使用。
- (2) 使用不合適載具測深，致載具、測深儀或作業人員有安全疑慮。

(三) 儀器裝載

1. 作業內容

- (1) 辦理測深儀裝載作業，通常測深儀感測器（音鼓）與 GPS 天線會裝載同一平面上（即 X、Y 值相同），先量測音鼓與天線相位中心距離（圖 3-6），再進行測深儀安裝，其支架應牢固，音鼓需沒入水中。



圖 3-6 測深儀裝載情形

- (2) 填載工作紀錄表，包含作業日期、工作起迄時間、海氣象資訊、工作人員、儀器型號與序號等內容，並將船隻進出港證明附於紀錄表後。
- (3) 記錄儀器裝載偏移量 (Off-Set)，並繪製感測器相對位置配置圖，包括音鼓吃水深、音鼓平面位置、定位儀平面位置、定位儀高程、船隻姿態感測器位置等。多音束測深儀尚需記錄音鼓軸系的安置角度，船隻姿態感測器安置角度亦需歸零及記錄。

2.可能之人為誤差

- (1) 作業人員安裝測深儀支架穩固性不足，載具航行時受波流影響，致測深儀晃動，測深資料不穩定。
- (2) 儀器裝載資訊記錄錯誤，致測深資料產生系統性誤差。
- (3) 定位儀與測深音鼓未裝載在同一方向，而未記錄偏移量、單音束音鼓應未垂直水平面或架設多音束音鼓、船隻姿態收集

器及電羅經感測器未儘量平行船中心線，致產生位置偏差效應（可透過精確量測偏移量與疊合測試求解進行修正）。

（四）測試與檢校

1. 作業內容

- （1）辦理檢校板作業（Bar check）（圖 3-7），設定聲速計參數（音鼓吃水深）與聲速設定調校，並製作檢校紀錄表。



圖 3-7 檢校板作業

- （2）於港區進行儀器測試，檢查各項設備運作情形，並檢視資料之穩定性。
- （3）疊合測試（Patch Test）
採多音束測深時辦理 Patch Test 是為計算音鼓的安置角度與 GPS 時間延遲（Latency）的影響量並予以改正，於測區範

圍選定合適當區域做系統的疊合測試，以求取音鼓安置的前後傾斜（pitch）、左右傾斜（roll）、船向偏差（yaw）之角度及 GPS 的時間延遲量（GPS Latency），並藉由反覆測試與計算求取出最佳的率定值，以修正音鼓安置角度的偏差及 GPS 時間延遲的影響。作法如圖 3-8 所示，於平坦地區，同一測線來回施測，進行左右傾角；傾斜地區，同一測線來回施測，前後傾角；傾斜地區，二條平行線同向施測，指向偏角；傾斜地區，同一測線、同一方向、不同速度施測，時間延遲。

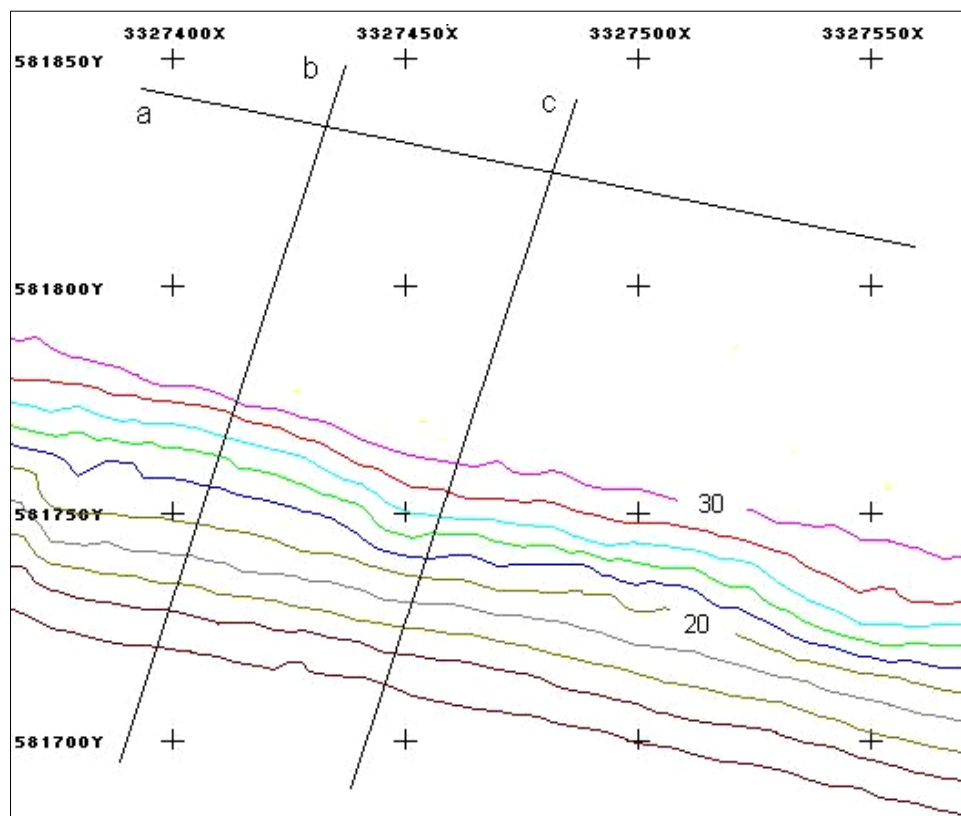


圖 3-8 疊合測試示意圖

2.可能之人為誤差：一般辦理連續性（多日）測深作業，常會簡化檢校板作業，只辦理 1 次，未依要求每日辦理。

（五）測深作業

1.作業內容：載具航行至作業區，依據規劃測線辦理測深作業，

並依測點密度要求進行載具速度調整。

- 2.可能之人為誤差：船長技術或經驗不足，導致實際測線與規劃測線發生較大偏離，造成測點數據不足需補測。

(六) 水體資料蒐集

1.作業內容

- (1) 於作業區域選擇深水區作1次以上之聲速量測（圖3-9），並製作聲速剖面紀錄表，除記載聲速剖面值外，並記錄量測人員、時間及位置坐標等資訊。



圖 3-9 聲速剖面量測

- (2) 如有水溫溫差較大時段或區域（如河口及電廠附近區域），需加測聲速剖面資料。

2.可能之人為誤差

- (1) 未於深水區及水溫溫差較大時段或區域進行聲速剖面，導致聲速剖面資料不足，影響聲速修正，致測深資料產生誤差。
- (2) 工作人員疏忽未記錄時間及位置坐標等資訊。

(七) 資料下載

1.作業內容

- (1) 將水深外業所蒐集電子資料（測深資料、聲速剖面資料）下載與備份。
- (2) 彙整工作紀錄表、檢校紀錄表、儀器安裝偏移量資料、聲速剖面紀錄表，提供資料處理使用。

2.可能之人為誤差

- (1) 水深測量資料、聲速剖面資料未下載與備份。
- (2) 相關紀錄表破損或遺失，導致資料不齊。

二、測深作業檢查表

表 3-2 測深作業檢查表

水深測量測深作業檢查表			
計畫名稱		檢查日期	
廠商名稱		作業人員	
作業地點		作業船隻	
測深儀	☐ 單音束 ☐ 多音束 ☐ 測深光達		
	檢查項目	檢查情形	說明
前置作業	測線規劃： 1.測線間距與數量。 2.涵蓋範圍。 3.檢核線間距與數量。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	海域條件： 1.海象條件符合。 2.潮汐條件符合。	☐ 合格 ☐ 不合格	2.項檢查於潮間帶測量辦理。
	配合作業： 1.定位作業就位。 2.驗潮作業就位。	☐ 合格 ☐ 不合格	
測深儀	儀器能力要求。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	儀器架設： 1.架設穩定性。 2.儀器裝載參數記錄。 3.測深參數設定。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	測試與簡校： 1.檢校板作業。 2.疊合測試。 3.儀器接收情形。	☐ 合格 ☐ 不合格	2.項檢查於採多音束測量時辦理。
測深作業	水體物理： 1.聲速剖面作業。 2.記錄坐標。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	資料下載與備份。	☐ 合格 ☐ 不合格	
檢查註記：			
檢查結果	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	

第三節 驗潮作業

一、驗潮作業流程與人為誤差

水深測量目的是要計算海床高程，需獲取作業時之水面高程資訊，故於水深測量作業期間需全程辦理潮位觀測，於測區周邊設置驗潮站，架設潮位儀辦理驗潮作業，採用自錄式潮位儀自動記錄水面變化，並輔以人工驗潮作業，依據相關資訊與實務作業經驗，整理出驗潮作業流程如圖 3-10。

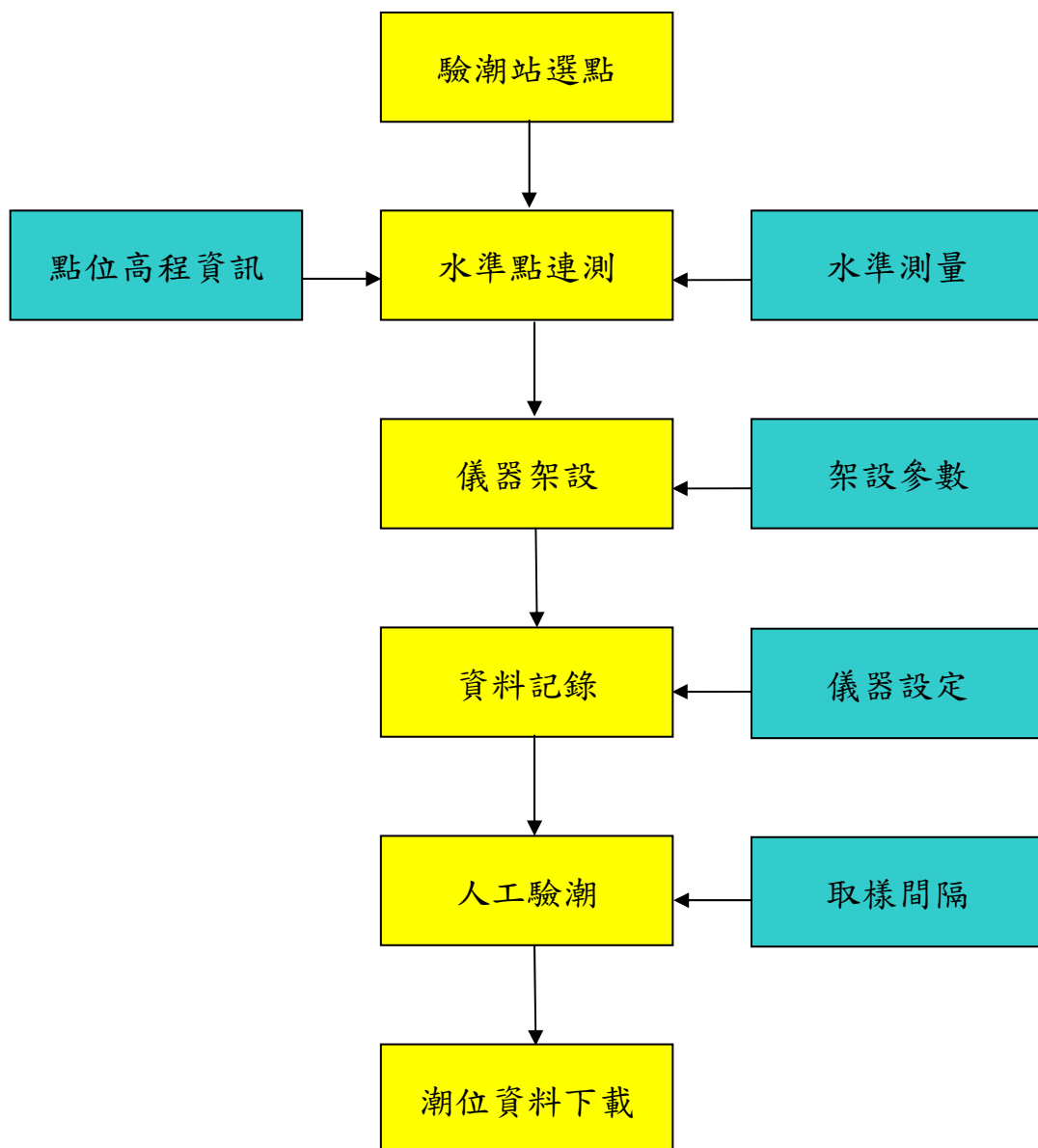


圖 3-10 驗潮作業流程圖

(一) 驗潮站選點

1. 作業內容

驗潮站選點原則如下：

- (1) 驗潮站需選適合長期觀測，且受風、浪、船隻影響較小處，且易於架設潮位儀，及進行人工驗潮。
- (2) 最好選內政部、水利署或氣象局已設立之潮位站附近，以利資料比對。
- (3) 驗潮站需與已知水準點連測，選點應將與已知水準點距離納入考量。
- (4) 若測區範圍較大、潮時及潮位差較大無法以單一潮位站進行修正時，則需再增設潮位站。
- (5) 選擇合適地點埋樁（一般為鋼釘）。

2. 可能之人為誤差：所選驗潮站點位不佳，易受外在因素影響，或驗潮站點位數量不足，造成潮位修正失真。

(二) 水準點連測

1. 作業內容

- (1) 備背景資料（如當地地形圖、水準點分布圖、水準點點之計、水準點成果報表），並辦理測線規劃。
- (2) 備水準測量設備與附件（水準儀、水準尺、電池、量尺與記簿等）。
- (3) 進行水準點與驗潮站連測作業，推算驗潮站高程，作業情形如圖 3-11。



圖 3-11 驗潮站與水準點連測作業情形

2.可能之人為誤差：未備妥背景資料或引用未辦理更新之水準點資料，造成推算出之驗潮站高程錯誤。

（三）儀器架設

1.作業內容

- （1）潮位儀檢查（記憶體容量、電池續航力、儀器運作情形）與參數設定（起迄時間、取樣頻率等），一般需與電腦連線方能檢查與進行設定。
- （2）潮位儀架設：架設時需注意支架穩定性，並記錄架設資訊，提供潮位資料計算使用。採用壓力式潮位儀另需考量水位因素。（考量潮位漲退潮起落因素，在最低低潮時段潮位儀仍能沒入水中，才能有效觀測）

2.可能之人為誤差

- （1）作業時未辦理儀器檢查，致無資料或資料不連續。
- （2）未記錄架設資訊或記錄錯誤。
- （3）採用壓力式潮位儀未考量水位因素，致資料中斷。

(4) 採用壓力式潮位儀未將入水前壓力歸零。

(四) 資料記錄

1. 作業內容

(1) 資料記錄間隔為每6分鐘記錄1筆（配合內政部、氣象局、水利署所設驗潮站資料記錄間隔），便於日後與鄰近潮位站資料比對。

(2) 辦理大範圍或長期水深測量時，建議進行30天以上連續潮位觀測，以了解該區潮位變化情形。

2. 可能之人為誤差：作業期程較長時，未按時檢查電池續航力或記憶體容量，致資料中斷。

(五) 人工驗潮

1. 作業內容：於測深作業同時，指派工作人員配合潮位記錄間隔，以人工現場記錄時間與潮位資料，並記錄天候及海氣象狀況，以供檢查比對，圖3-12為人工驗潮作業情形。

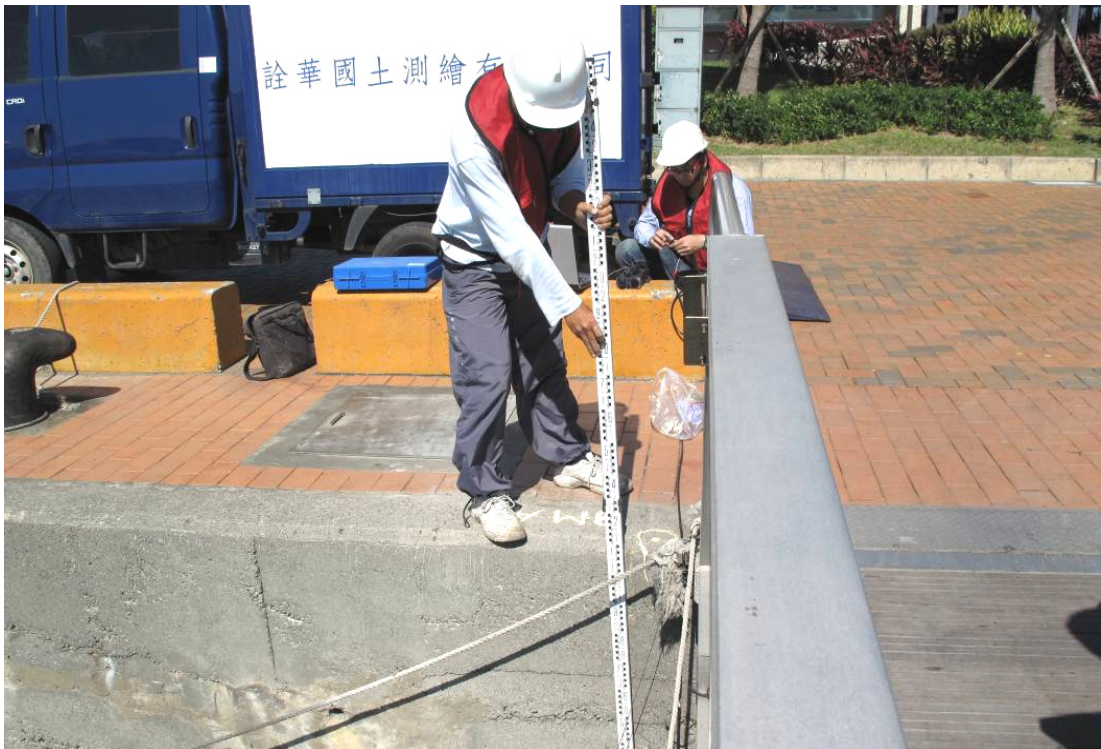


圖 3-12 人工驗潮作業情形

第三章 作業流程與人為誤差

2.可能之人為誤差：工作人員未依規定記錄間隔辦理人工驗潮。

(六) 資料下載

1.作業內容

(1) 下載水準點連測資料，與相關紀錄表建檔。

(2) 驗潮資料下載與備份。

(3) 人工驗潮資料彙整與建檔。

2.可能之人為誤差

(1) 電子資料未下載與備份。

(2) 相關紀錄表破損或遺失，導致潮位資料不齊。

二、驗潮作業檢查表

表3-3 驗潮作業檢查表

水深測量驗潮作業檢查表			
計畫名稱		檢查日期	
廠商名稱		作業人員	
作業地點		作業船隻	
潮位儀	☐ 壓力式 ☐ 音波式 ☐ 浮筒式		
檢查項目		檢查情形	說明
驗潮站	設立位置： 1.位於作業區。 2.驗潮站數量。 2.與海水相連。 3.風浪與船行影響。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	高程連測： 1.水準點檢測報表。 2.參考點測量成果報表。	☐ 合格 ☐ 不合格	
驗潮儀	儀器狀態： 1.配件。 2.電池容量。 3.儲存設備容量。 4.儀器時間。	☐ 合格 ☐ 不合格	2.~4.採電腦連線檢查。
	儀器架設： 1.架設穩定性。 2.高程點與基準面距離。 3.參數設定。	☐ 合格 ☐ 不合格	3.採電腦連線檢查。
	儀器接收情形。	☐ 合格 ☐ 不合格	採電腦連線檢查。
驗潮	自動驗潮間隔。	☐ 合格 ☐ 不合格	採電腦連線檢查。
	人工驗潮： 1.驗潮工具。 2.驗潮間隔。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	資料下載與備份。	☐ 合格 ☐ 不合格	
檢查註記：			
檢查結果	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	

第四節 資料處理作業

一、資料處理作業流程與人為誤差

水深測量資料處理首先需整合定位資料與測深資料得到基礎資料，加入各項修正資料，包含潮位資料、聲速剖面資料、儀器架設偏移參數、船隻姿態資料及率定資料等，經資料篩選後，可得到歸算後的水深資料。資料處理作業流程如圖3-13。

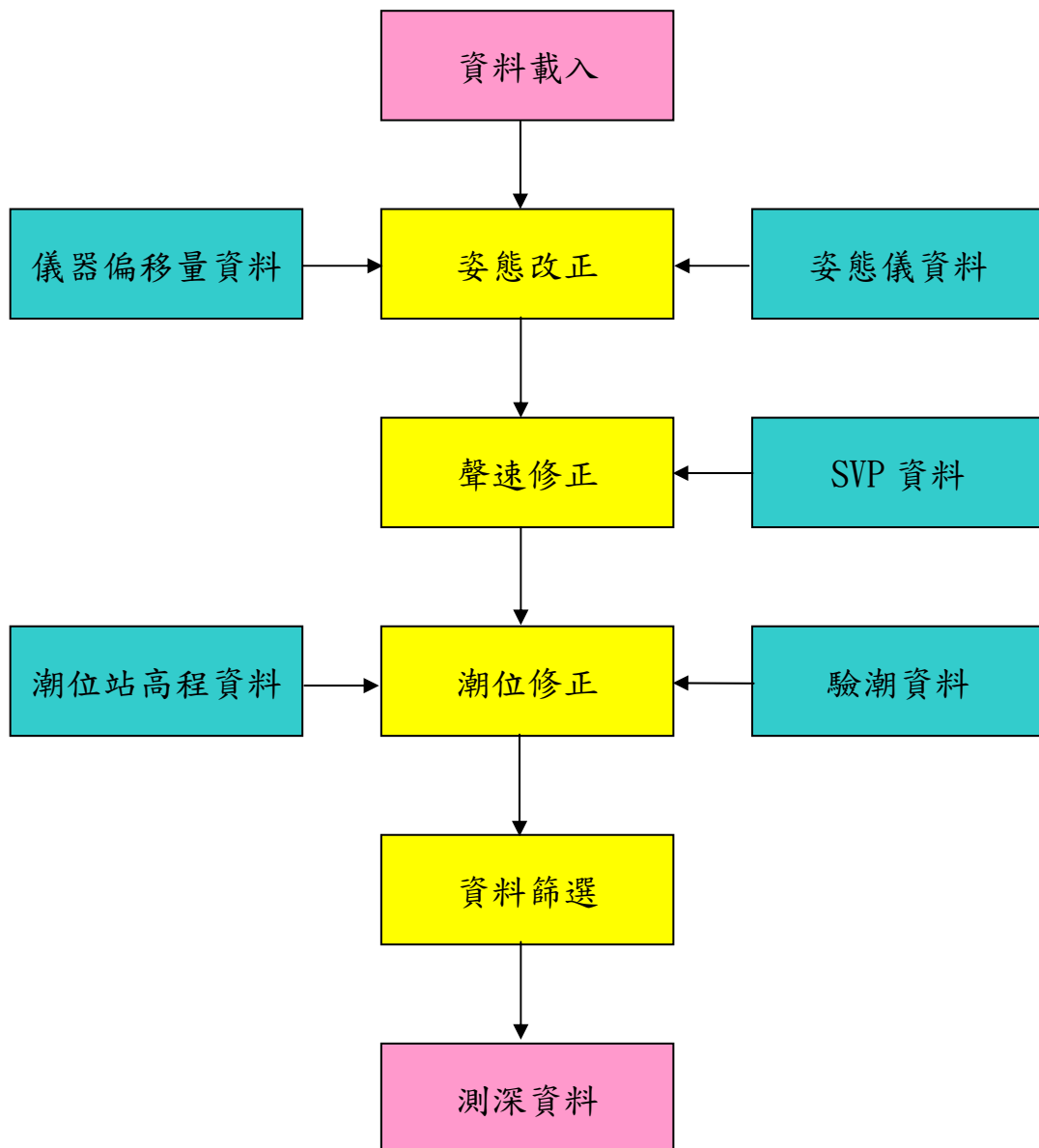


圖 3-13 資料處理作業流程圖

水深測量資料係彙整定位資料、潮汐資料與測深資料而得，其作法是將測深儀器蒐集的測深資料與定位資料，進行船隻姿態改正，及聲速修正，以得到海水面至海床之真正深度值，再利用潮位儀觀測之潮汐資料與潮位站高程資料（與水準點連測），將深度值修正成與陸地高程系統（TWVD2001）一致，經資料篩選程序，獲得初步水深測量成果。國內海測軟體有 HYPACK、PDS2000、SIS、GeoSwath 等，如單處理水深資料之軟體有 Caris HIPS 模組。以 HYPACK_MB MAX 程式為例（圖 3-14），在多音束資料處理過程，軟體可同時監看多音束資料之軌跡、潮位資料、聲速剖面、船隻之即時動態角、指向(Pitch、Roll、Heading)與起伏(Heave) 及多音束所測得之地形面(可以不同視角顯示)。

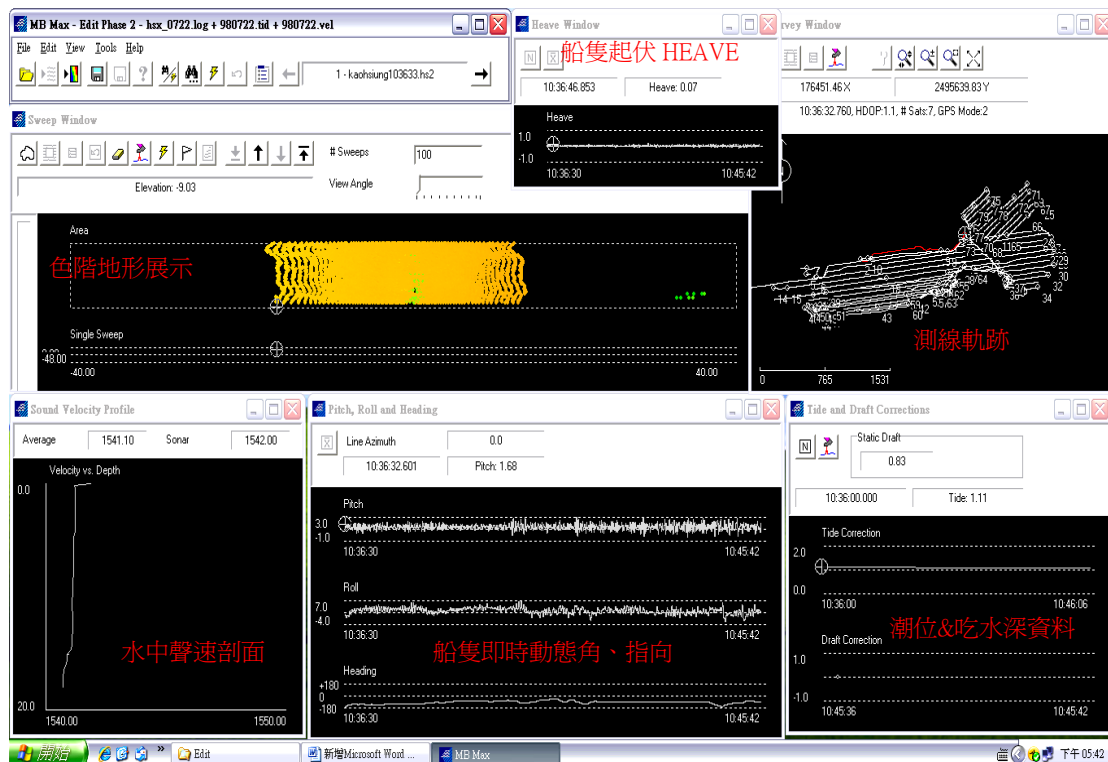


圖 3-14 多音束資料處理畫面

(一) 資料載入

1. 作業內容：將外業所蒐集之資料轉成通用格式，並匯入作業軟體程式中進行處理。

2.可能之人為誤差：資料配對錯誤，將不同時期資料混搭，因此資料分類很重要。

(二) 姿態改正作業

1.作業內容：本階段作業係改正測深時載具姿態（Attitude）與儀器安裝偏移量，以修正計算出音束之深度（水面下垂直距離）與位置。

2.可能之人為誤差：因儀器安裝偏移量資料一般以紙本手抄方式記錄，工作人員易因對數字判讀錯誤，造成系統誤差發生。

(三) 聲速修正作業

1.作業內容：將水中聲速剖面儀所記錄之聲速剖面資料，匹配測深值進而修正測深值。圖 3-15 為聲速剖面展示畫面，其橫軸為水深值，縱軸為聲速值，可發現水中聲速在紅圈範圍有極大變化。

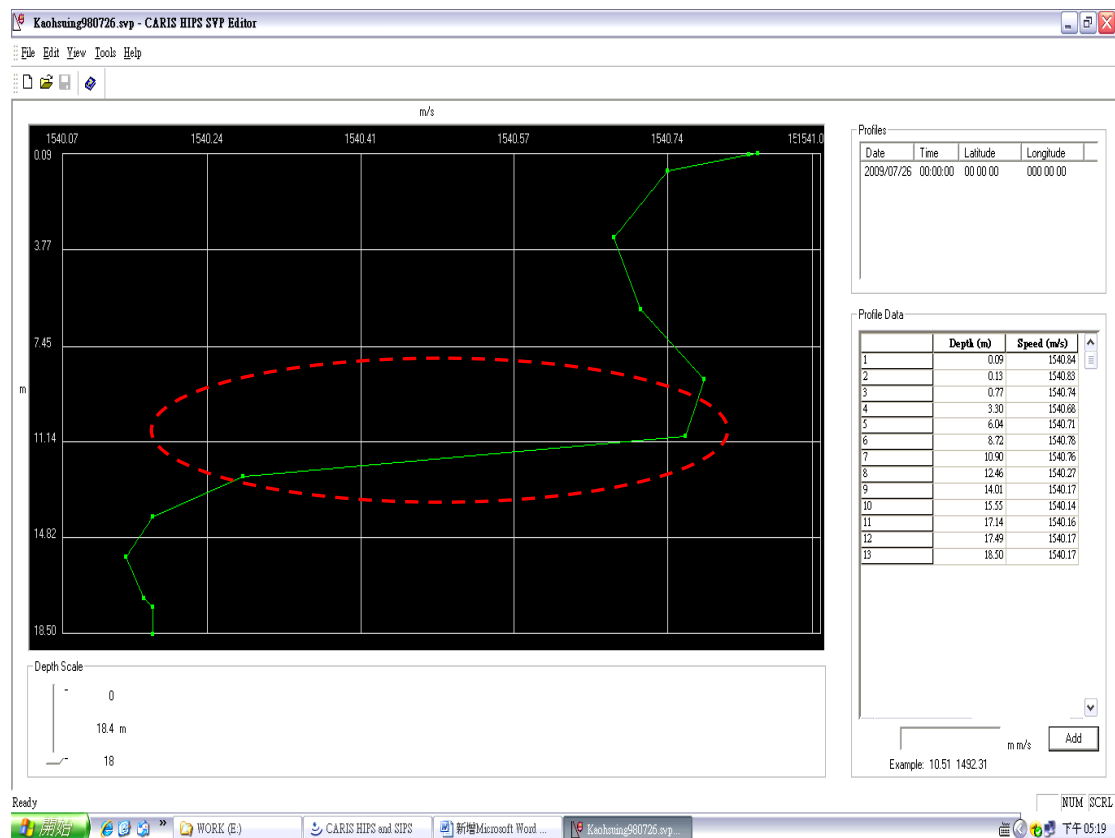


圖 3-15 聲速剖面展示畫面

2.可能之人為誤差：SVP 資料未分類（依觀測時間、位置或區域特性等），致資料引用錯誤。

（四）潮位修正作業

1.作業內容：潮位觀測資料可藉由潮位曲線圖，預測潮位資料或鄰近驗潮站之潮位資料來檢視其之正確性，確認資料允用，則匹配時間資料，進行潮位修正作業，以獲取實際水深值。圖 3-16 為 Caris 軟體展現之潮位曲線畫面，其橫軸為時間，縱軸為潮位值，記錄潮位隨時間變化所產生之潮位差值。

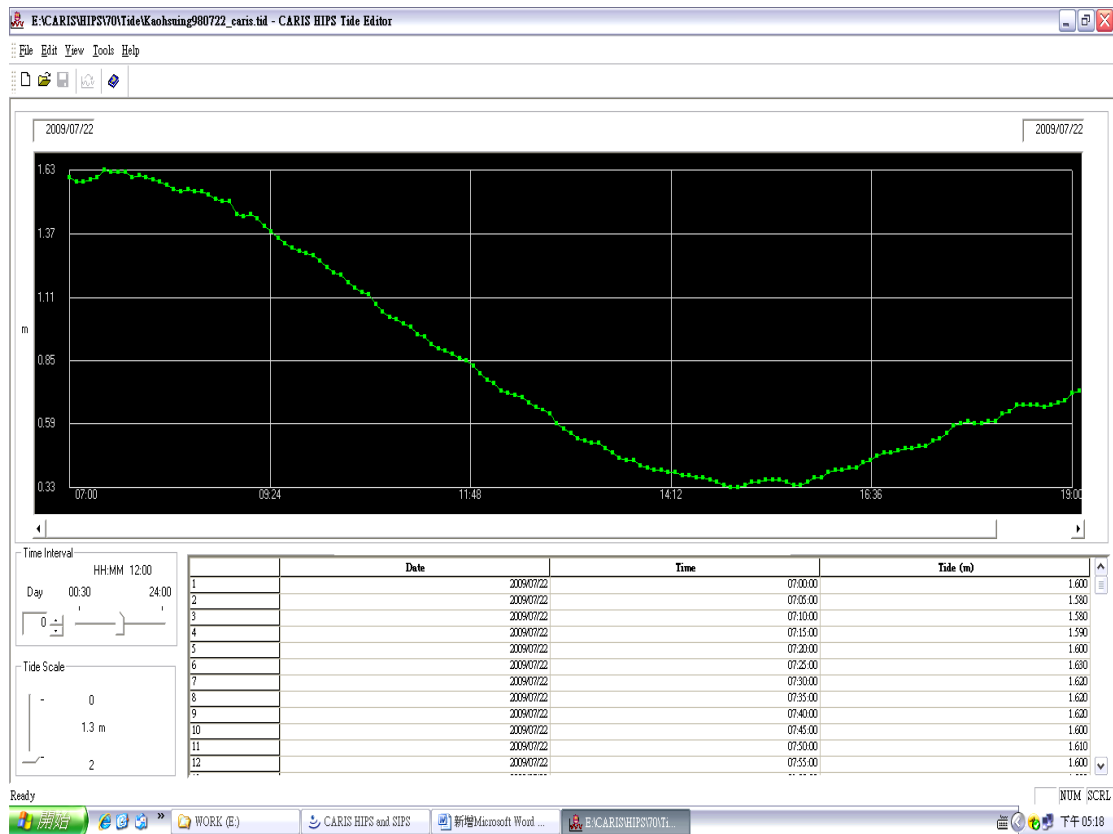


圖 3-16 潮位曲線畫面

2.可能之人為誤差

- （1）潮位資料未比對人工驗潮與自動驗潮之趨勢是否一致，直接引用精度不佳錯誤資料。
- （2）潮位資料時間基準與測深資料時間基準不一致，造成匹配錯誤。

(3) 同時進行多潮位站觀測，潮位站資料引用錯誤。

(五) 資料篩選作業

資料篩選是測深內業資料處理中最為費工費時的流程，傳統的資料篩選都是逐一篩選測線的方法，所費時間較長效率較差。目前較先進的程式有以面為主的篩選方式，可進行較大範圍資料篩選。依作業方式又可分為條件式過濾器與三維人工篩選 2 種，其中條件式過濾器係利用已知的條件來過濾資料，例如設定最大水深及最小水深為條件，如資料不符合所設定之條件則自動濾除；而三維人工篩選作業，係框選一編輯區，在此範圍內以人工判讀，進行資料篩選作業。圖 3-17 為三維人工篩選畫面，藉由軟體提供之三維視覺功能，可對編輯區資料旋轉，以不同視角進行資料篩選作業，其中圖下為平面（俯視）圖，綠色線條為航跡，方框為編輯區(Subset)；圖右上為三維點雲圖，圖中灰色點雲為已刪除之資料，不同顏色點雲代表不同測線資料；圖左上為編輯區中的一斷剖面，不同顏色點雲代表不同測線資料。

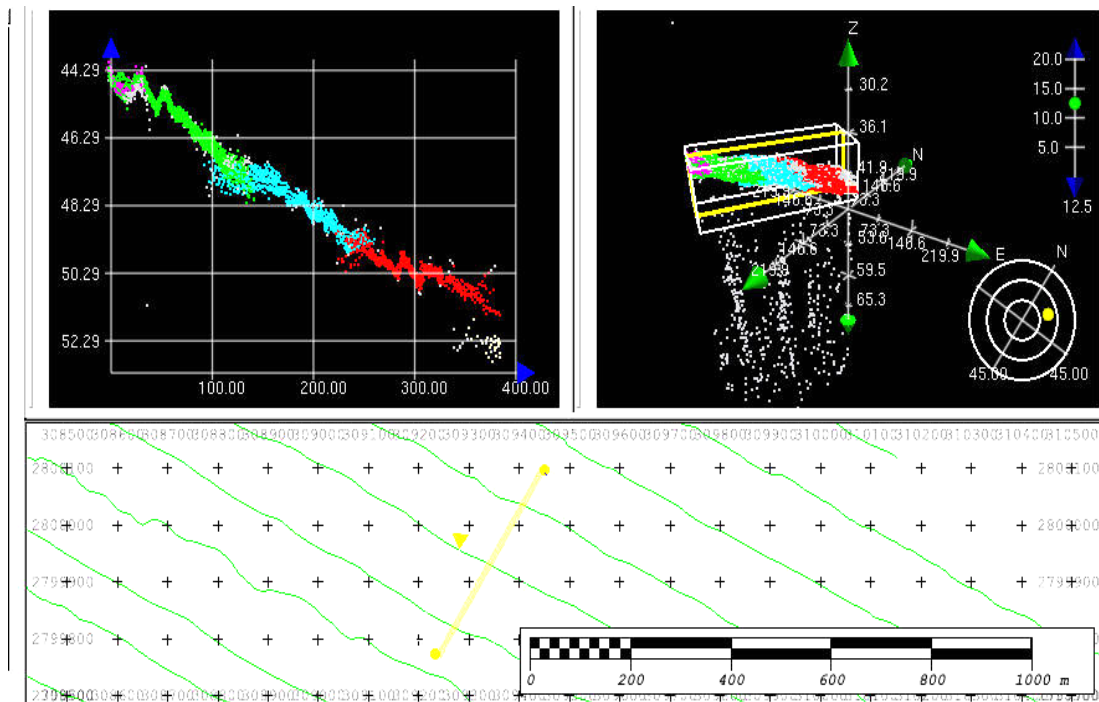


圖3-17 三維人工篩選畫面

1.作業內容：測深資料會因為作業當時情況，如受風、浪、儀器、載具…等因素，而產生部分錯誤資料，這些資料通稱為雜訊（Noise），資料篩選作業就是執行雜訊濾除，保留堪用資料的工作，資料篩選一般需進行定位資料篩選、姿態資料篩選及水深資料篩選3部分。

（1）定位資料篩選：尋找是否有異常定位值及異常航速，並進行異常資料剔除作業。圖 3-18 定位資料畫面，右側畫面為定位精度，中央畫面為測線軌跡，可從 2 個畫面來判斷航線定位精度之好壞。

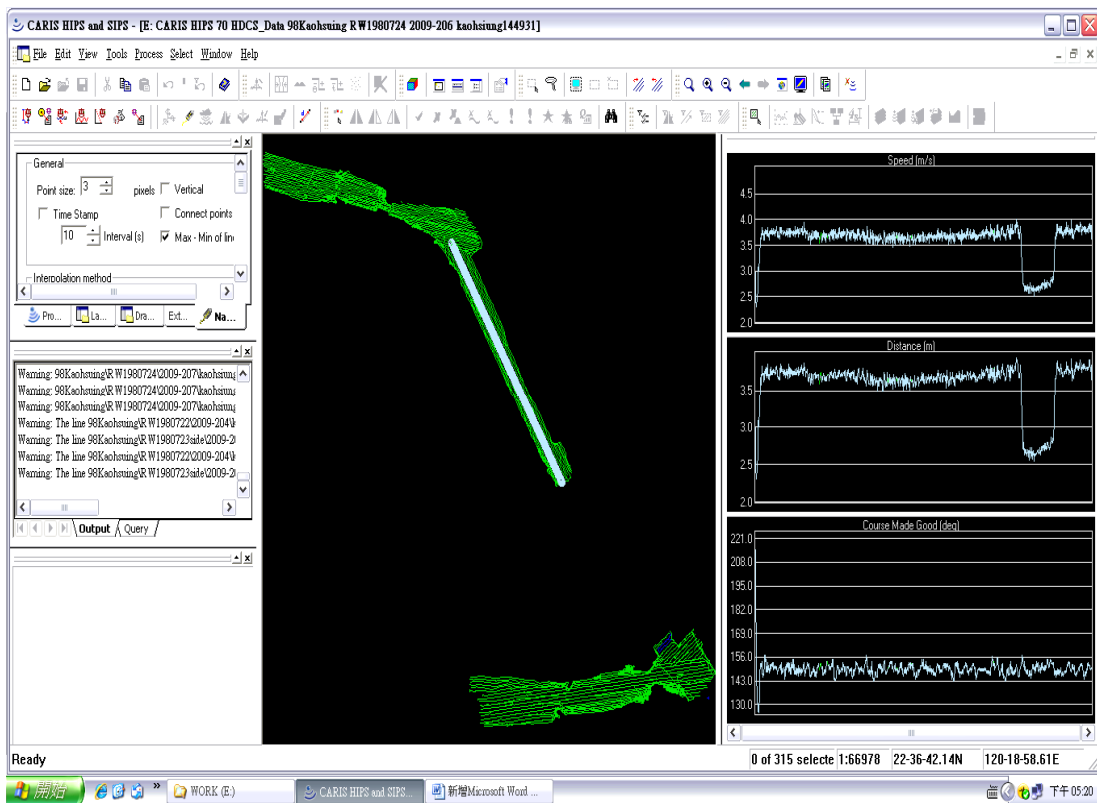


圖 3-18 定位資料篩選畫面

- (2) 姿態資料篩選：判斷船隻各方向振幅是否合理，逐一檢查並刪除錯誤的姿態數值，圖 3-19 為姿態資料篩選畫面，其中右側畫面為船隻即時動態(Pitch、Roll、Gyro)值與起伏(Heave)值。

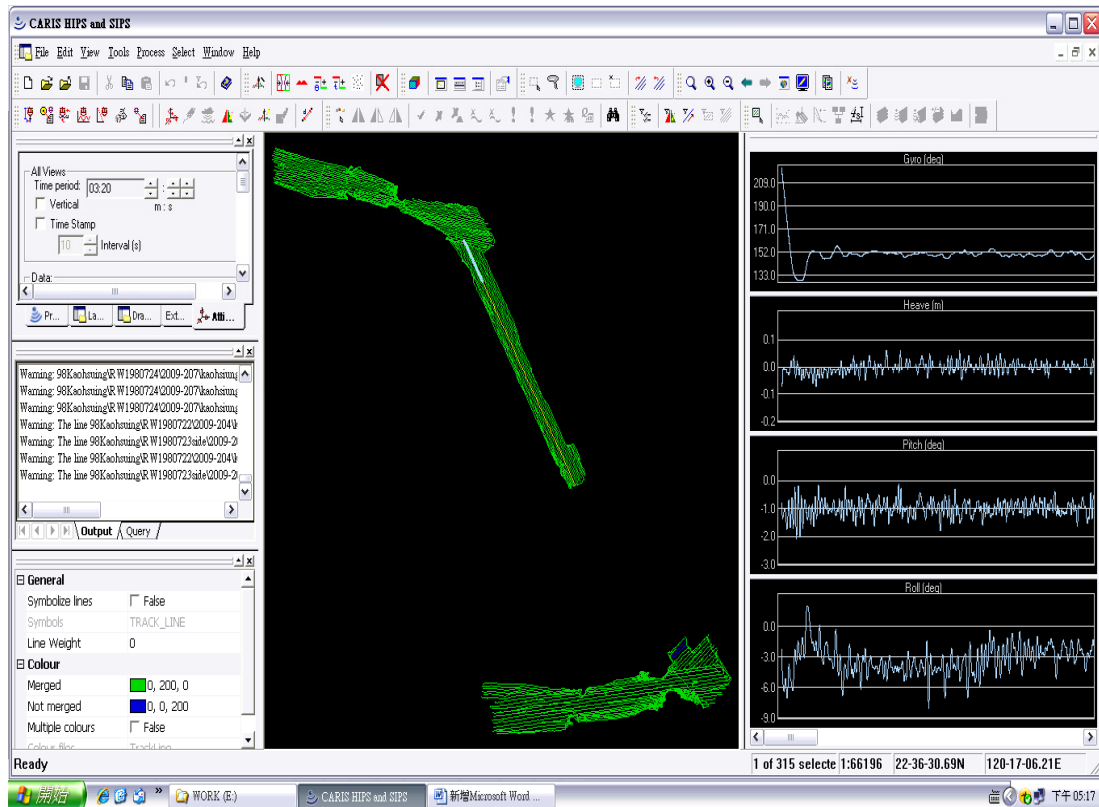


圖 3-19 姿態資料篩選畫面

(3) 水深資料篩選：透過以各維視角進行資料編修，去除錯誤水深資料，如圖3-20。

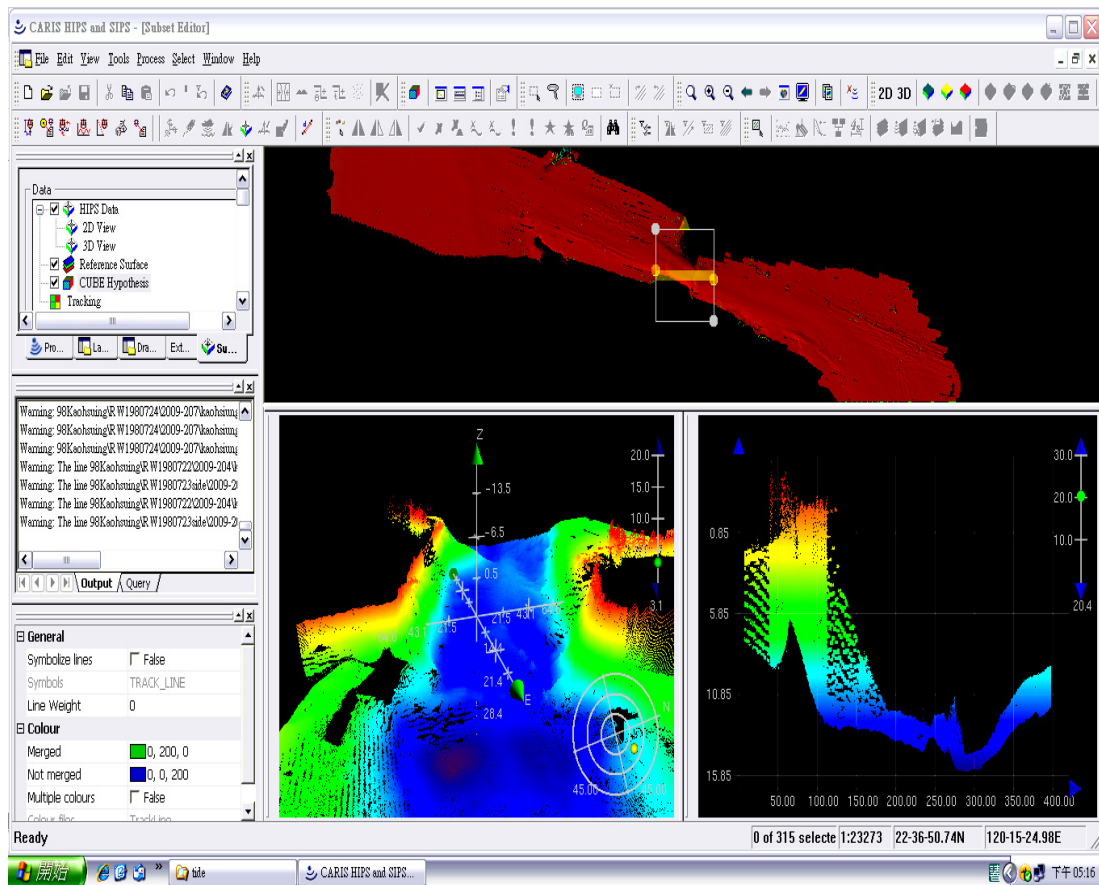


圖 3-20 以 3D 視角編修多音束水深資料

2.可能之人為誤差：資料篩選有許多判讀工作，需要具經驗之工作人員辦理，如指派不具經驗或新進員工，極易發生資料篩選失誤情形發生。

(六) 資料檢核作業

- 1.作業內容：藉由檢核線或測線重疊區域的疊合檢核及精度計算
以圖 3-21 為例，利用 HYPACK_MB MAX 同時將多條測線輸入
以比較其疊合度好壞，分別將測深及檢核線資料(X,Y,Z)內插為
網格 DEM，並比較二者差值，來確保資料之正確性。

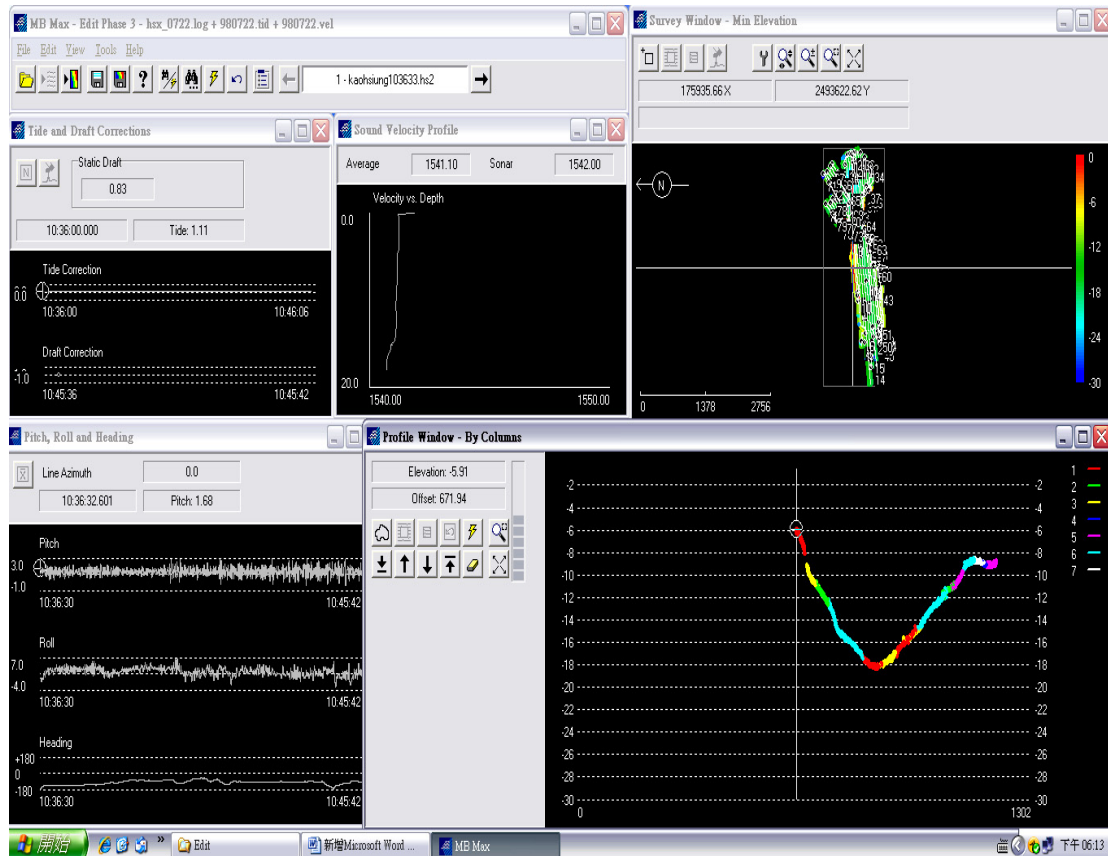


圖 3-21 疊合檢核畫面

- 2.可能之人為誤差：工作人員選取的檢核線或測線重疊區域範圍
不精確，致檢查結果無法判定精度。

二、資料處理作業檢查表

表 3-4 資料處理作業檢查表

水深測量資料處理作業檢查表			
計畫名稱		檢查日期	
廠商名稱		作業人員	
作業地點		作業船隻	
作業軟體	☐ CARIS ☐ HYPACK ☐ OTHER		
檢查項目		檢查情形	說明
資料載入與修正	資料載入與轉檔： 1.定位資料。 2.測深資料。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	姿態改正。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	聲速改正。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	潮位修正。	☐ 合格 ☐ 不合格	
資料篩選	定位資料篩選。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	姿態資料篩選。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	測深資料篩選。	☐ 合格 ☐ 不合格	
資料檢核	檢核資料比對。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	重疊區資料比對。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	特徵點資料比對。	☐ 合格 ☐ 不合格	
計算成果	成果輸出。	☐ 合格 ☐ 不合格	
檢查註記：			
檢查結果	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	

第四章 研究成果

第一節 水深測量作業檢查系統

因應水深測量工作量日益龐大，對於相關工作檢查以紙本方式進行工作檢查，效率較低，紙本資料除易於遺失外，亦會因工作環境等因素造成檢查資料污損、不易辨識及儲存，因此發展電子化的檢查方法，將是未來的作業趨勢，除可解決紙本表單所衍生之問題外，更可提升檢查效率。檢查系統提供外業人員使用，設計概念以讓使用者感覺簡單、易上手為基礎理念。

因水深測量工作區域為環境嚴苛的海岸或海上，本研究自行開發的作業檢查系統，建置於可攜式電腦（圖 4-1），建構成一個行動辦公室，方便於野外現地進行檢查工作。本系統具備互動式架構，使用者能依所選工作項目、方法與其他因子組合，透過系統自動匹配的過程回應使用者一個已標準化且定義好的表單，提供使用者可即時進行檢查工作並儲存相關檢查資訊。

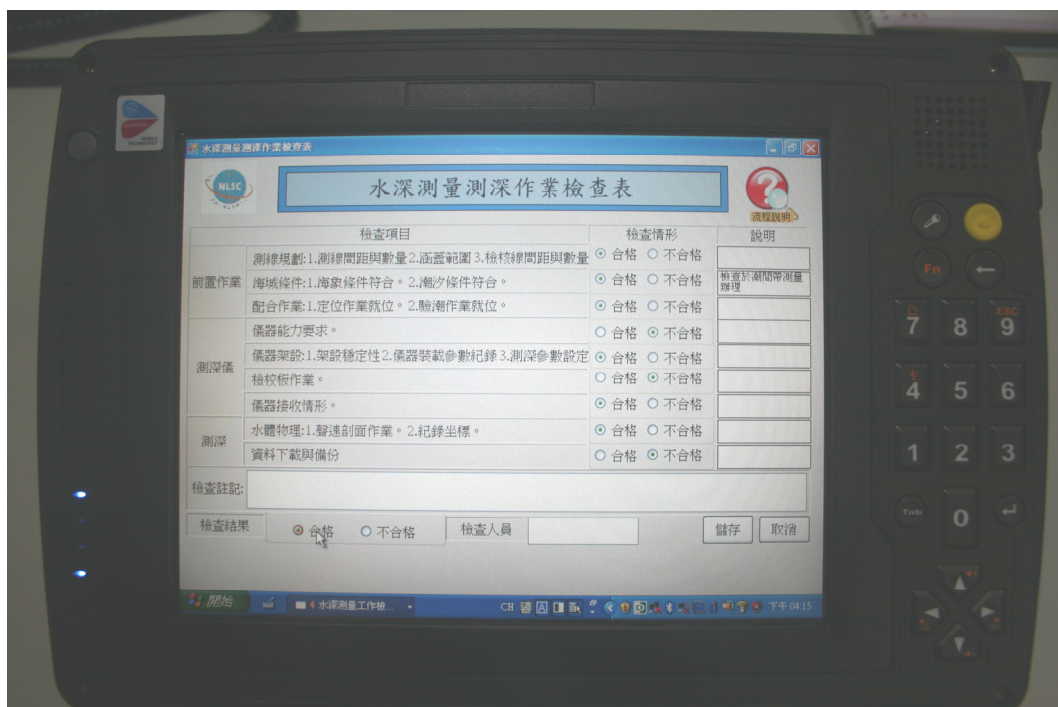


圖 4-1 水深測量作業檢查系統

一、檢查程式

檢查程式以V.B.語言撰寫，計有1個主程式（附錄二）與4個副程式，節錄如下：

```
Imports System.Data
Public Class frm主表單
Dim PrjAdd As Boolean = False
Private Sub Button5_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles Butt_AddForms.Click
FormsAdd = True
If RadioButton1.Checked = True Then
CheckTable = "定位作業檢核表"
If Com_定位方式.Text = "" Then
MsgBox("請選擇定位方式", MsgBoxStyle.OkOnly + 32, "新增表
單")
Exit Sub
End If
CheckToolName = Com_定位方式.Text
Dim m_frm定位作業檢查 As New frm定位作業檢查
m_frm定位作業檢查.Show()
ElseIf RadioButton2.Checked = True Then
CheckTable = "驗潮作業檢核表"
If Com_潮位儀.Text = "" Then
MsgBox("請選擇潮位儀", MsgBoxStyle.OkOnly + 32, "新增表單")
Exit Sub
End If
CheckToolName = Com_潮位儀.Text
Dim m_frm驗潮作業檢查 As New frm驗潮作業檢查
m_frm驗潮作業檢查.Show()
```

```
ElseIf RadioButton3.Checked = True Then
    CheckTable = "測深作業檢核表"
    If Com_測深儀.Text = "" Then
        MsgBox("請選擇測深儀", MsgBoxStyle.OkOnly + 32, "新增表單")
    Exit Sub
End If

CheckToolName = Com_測深儀.Text
Dim m_frm測深作業檢查 As New frm測深作業檢查
m_frm測深作業檢查.Show()

ElseIf RadioButton4.Checked = True Then
    CheckTable = "資料處理作業檢核表"
    If Com_作業軟體.Text = "" Then
        MsgBox("請選擇作業軟體", MsgBoxStyle.OkOnly + 32, "新增表單")
    Exit Sub
End If

CheckToolName = Com_作業軟體.Text
Dim m_frm資料處理作業檢查 As New frm資料處理作業檢查
m_frm資料處理作業檢查.Show()
End If
End Sub
```

二、檢查表填載設計

檢查表係依據水深測量各階段作業流程圖與易生人為誤差項目所設計，主要分 3 區塊，以圖 4-2 水深測量定位作業檢查表圖為例，最上層為基礎資料欄位，提供基本資料匯入與展現；中間層為檢查欄位，提供檢查者進行各項工作檢查；最下層為註記欄位，可

記錄檢查情形、是否合格與檢查人員。系統資料庫負責儲存水深測量各階段檢查文件，檢查系統設計概念可依使用者所選擇之資訊與檢查項目進行匹配，從資料庫中找出最合適表單，進行各階段作業檢查。

水深測量測深作業檢查表			基礎資料欄位
計畫名稱		檢查日期	
廠商名稱		作業人員	
作業地點		作業船隻	
測深儀	☐ 單音束 ☐ 多音束 ☐ 測深光達		
檢查項目		檢查情形	說明
前置作業	測線規劃： 1.測線間距與數量。 2.涵蓋範圍。 3.檢核線間距與數量。	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查欄位 2.項檢查於潮間帶測量辦理。
	海域條件： 1.海象條件符合。 2.潮汐條件符合。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	配合作業： 1.定位作業就位。 2.驗潮作業就位。	☐ 合格 ☐ 不合格	
測深儀	儀器能力要求。	☐ 合格 ☐ 不合格	2.項檢查於採多音束測量時辦理。
	儀器架設： 1.架設穩定性。 2.儀器裝載參數紀錄。 3.測深參數設定。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	測試與簡校： 1.檢校板作業。 2.疊合測試。 3.儀器接收情形。	☐ 合格 ☐ 不合格	
測深作業	水體物理： 1.聲速剖面作業。 2.記錄坐標。	☐ 合格 ☐ 不合格	
	資料下載與備份。	☐ 合格 ☐ 不合格	
檢查註記：			註記欄位
檢查結果	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	

圖 4-2 檢查表設計圖

三、系統操作說明

首頁主要為基礎資料輸入欄位、檢查項目選單與作業方法選單等區塊，如圖 4-3，其相關說明如下：

圖 4-3 檢查系統首頁

(一) 計畫基本資料欄位：用以輸入作業資訊，包含計畫名稱、廠商名稱、作業地點、檢查日期及相關資訊（作業人員、作業船隻等資訊），上開資料已先建置於模組中，於辦理檢查作業時以下拉式選單中選取，資料將藉由與資料庫連結呈現於檢查表單上。

(二) 檢查項目與作業方式選單

- 1.檢查項目：以條列式選單設計，提供使用者選擇檢查項目，計有定位作業檢查、驗潮作業檢查、測深作業檢查與資料處理作業檢查等項目。
- 2.作業方法：以下拉式選單設計，提供使用者選擇作業方法，如定位作業可選取 RTK 或 DGPS 或 Beacon，所選取之作業方法會與檢查項目自動匹配，並結合基礎資料資訊，呈現完整檢查表單。

(三) 流程說明：畫面右上角設計流程說明，連結作業流程與流程圖資訊，點選後畫面將自動切換至流程說明頁，如圖 4-4。

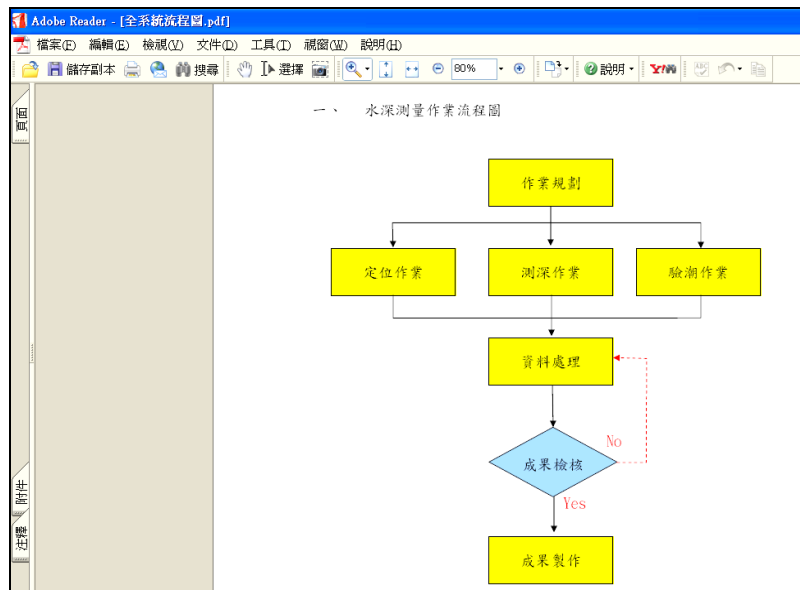


圖 4-4 流程說明頁

(四) 檢查表頁

圖 4-5~4-8 為檢查表畫面，系統資料庫儲檢查表，包含定位、驗潮、測深與資料處理。檢查表單欄位分為檢查項目、檢查情形、說明、檢查註記、檢查結果與檢查人員等欄位。檢查情形可直接進行勾選，檢查註記可以文字表述檢查過程或結果說明。

水深測量定位作業檢查表

檢查項目	檢查情形	說明
控制點資料	位置範圍: 1.作業範圍圖。 2.控制點位置。 控制點檢測精度報表。	☐ 合格 ☐ 不合格
基站	儀器狀態: 1.配件。 2.無線電。 3.電池容量。	☐ 合格 ☐ 不合格
	儀器架設: 1.定心定平。 2.儀器高。 3.參數設定。	☐ 合格 ☐ 不合格
	資料接收: 1.儀器接收情形。 2.儀器測試。 3.資料下載與備份	☐ 合格 ☐ 不合格
移動站	儀器狀態: 1.配件。 2.電池容量。	☐ 合格 ☐ 不合格
	儀器架設: 1.天線與音鼓距離。 2.參數設定。	☐ 合格 ☐ 不合格
	資料接收: 1.儀器接收情形。 2.資料下載與備份。	☐ 合格 ☐ 不合格
檢查註記:		
檢查結果	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查人員:

儲存 取消

圖 4-5 定位作業檢查表頁

第四章 研究成果

水深測量驗潮作業檢查

 **水深測量驗潮作業檢查表** 

檢查項目	檢查情形	說明
驗潮站	設位位置: 1.位於作業區。 2.驗潮站數量。 3.與海水相連。 4.風浪與船行影響。	☐ 合格 ☐ 不合格
	高程精度: 1.水準點檢測報表。 2.參考點測量成果報表。	☐ 合格 ☐ 不合格
驗潮儀	儀器狀態: 1.配件 2.電池容量。3.儲存設備容量。4.儀器時間	☐ 合格 ☐ 不合格 2.~4.採電腦連線檢
	儀器架設: 1.架設穩定性。2.高程點與基準面距離。3.參數設定	☐ 合格 ☐ 不合格 3.採電腦連線檢
	儀器接收情形。	☐ 合格 ☐ 不合格 採電腦連線檢查。
驗潮	自動驗潮間隔。	☐ 合格 ☐ 不合格 採電腦連線檢查。
	人工驗潮: 1.驗潮工具。 2.驗潮間隔。	☐ 合格 ☐ 不合格
	資料下載與備份。	☐ 合格 ☐ 不合格
檢查註記:		
檢查結果	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查人員 儲存 取消

圖 4-6 驗潮作業檢查表頁

水深測量測深作業檢查表

 **水深測量測深作業檢查表** 

檢查項目	檢查情形	說明
前置作業	測線規劃: 1.測線間距與數量。2.涵蓋範圍。3.檢核線間距與數量	☐ 合格 ☐ 不合格
	海城條件: 1.海象條件符合。 2.潮汐條件符合。	☐ 合格 ☐ 不合格 2.項檢查於潮間帶測量辦理。
	配合作業: 1.定位作業就位。 2.驗潮作業就位。	☐ 合格 ☐ 不合格
測深儀	儀器能力要求。	☐ 合格 ☐ 不合格
	儀器架設: 1.架設穩定性。2.儀器裝載參數紀錄。3.測深參數設定	☐ 合格 ☐ 不合格
	測試與簡校: 1.檢校板作業。 2.疊合測試。 3.儀器接收情形。	☐ 合格 ☐ 不合格 2.項檢查於採多音束測量時辦理。
測深	水體物理: 1.聲速剖面作業。 2.記錄坐標。	☐ 合格 ☐ 不合格
	資料下載與備份	☐ 合格 ☐ 不合格
檢查註記:		
檢查結果	☐ 合格 ☐ 不合格	檢查人員 儲存 取消

圖 4-7 測深作業檢查表頁

水深測量資料處理作業檢查表

NLSC

水深測量資料處理作業檢查表

流程說明

檢查項目	檢查情形	說明
資料載入與修正	資料載入與轉檔: 1.定位資料。 2.測深資料。	☒ 合格 ☐ 不合格
	姿態修正。	☐ 合格 ☐ 不合格
	聲速修正。	☐ 合格 ☐ 不合格
	潮位修正。	☐ 合格 ☐ 不合格
資料篩選	定位資料篩選。	☐ 合格 ☐ 不合格
	姿態資料篩選。	☐ 合格 ☐ 不合格
	測深資料篩選。	☐ 合格 ☐ 不合格
資料檢核	檢核資料比對。	☐ 合格 ☐ 不合格
	重疊區資料比對。	☐ 合格 ☐ 不合格
	特徵點資料比對。	☐ 合格 ☐ 不合格
計算成果	成果輸出。	☐ 合格 ☐ 不合格

檢查註記:

檢查結果 ☐ 合格 ☐ 不合格 檢查人員 儲存 取消

圖 4-8 資料處理作業檢查表頁

檢查結束後進行結果判定，並簽署（Sign）及進行資料儲存，檢查資料為表單格式，可以電子方式顯示（圖 4-9），亦可回首頁後，進行紙本資料列印。

水深測量測深作業檢查表

NLSC

水深測量測深作業檢查表

流程說明

檢查項目	檢查情形	說明
前置作業	測線規劃: 1.測線間距與數量。2.涵蓋範圍。3.檢核線間距與數量	☒ 合格 ☐ 不合格
	海城條件: 1.海象條件符合。 2.潮汐條件符合。	☒ 合格 ☐ 不合格
	配合作業: 1.定位作業就位。 2.驗潮作業就位。	☒ 合格 ☐ 不合格
測深儀	儀器能力要求。	☒ 合格 ☐ 不合格
	儀器架設: 1.架設穩定性。2.儀器裝載參數紀錄。3.測深參數設定	☒ 合格 ☐ 不合格
	測試與簡校: 1.檢校板作業。 2.疊合測試。 3.儀器接收情形。	☒ 合格 ☐ 不合格
測深	水體物理: 1.聲速剖面作業。 2.記錄坐標。	☒ 合格 ☐ 不合格
	資料下載與備份	☒ 合格 ☐ 不合格

檢查註記: 1.目前潮位接近滿潮
2.請作業人員穿救生衣與工作帽

檢查結果 ☒ 合格 ☐ 不合格 檢查人員 蔡季欣 儲存 取消

圖 4-9 完成之測深作業檢查表頁

第二節 成果驗證

驗證工作主要目的是測試水深測量檢查表格的完整性，並比較檢查表與檢核系統在使用上的差異，由本案研究人員謝東發與許吉川 2 人於 98 年 10 月 8 日與 11 月 4 日攜檢查表與檢查系統（平板電腦）前往研究作業區，依據各階段作業程序辦理現場驗證，驗證內容包含定位、驗潮、測深與資料處理等作業項目。

一、研究作業區選定

驗證工作選定於臺北縣淡水第 2 漁港辦理，該漁港又稱漁人碼頭，位於沙崙南濱，內有一情人橋（圖 4-10），為北部著名景點，近年來，休閒漁業及海上觀光遊憩活動之盛行，漁港設施完善，為一處兼具發展休閒漁業及多元使用的漁港，因該港距交通部中央氣象局所設淡水油車口潮位站不遠，且附近控制點保存良好，本研究遂選取該港作為研究作業區。



圖 4-10 研究作業區

淡水油車口潮位站（圖 4-11）為中央氣象局所建置，使用壓力式潮位儀，屬於間接量測儀器裝置，其工作原理是利用感應器感應海水位升降所產生之壓力變化，藉由纜線與資料處理器相連，再將訊號轉換成水位高度。感應器長約 25 公分，應置於最低潮位以下，方不致露出水面。影響海水壓力變化之因素，除了海水面高度、溫度、鹽度外，大氣壓改變亦影響其最終結果，需作水溫及氣壓校正。（<http://marine.cwb.gov.tw/>）



圖 4-11 淡水油車口潮位站

二、現地作業

現地作業依水深測量作業流程，逐一測試與驗證本研究所設計之檢查表格與檢查系統功能，並藉以比較 2 種檢查方式得優缺點，提供使用者可依其需求選擇檢查表或檢查系統，辦理定位、驗潮、測深與資料處理工作檢查作業，檢查相片節錄如圖 4-12~4-19，相關檢查相片如附錄三。

第四章 研究成果

(一) 定位作業檢查

辦理完水深測量定位檢查作業，檢查系統輸出成果如表 4-1。



圖 4-12 現場定位作業檢查（儀器架設）

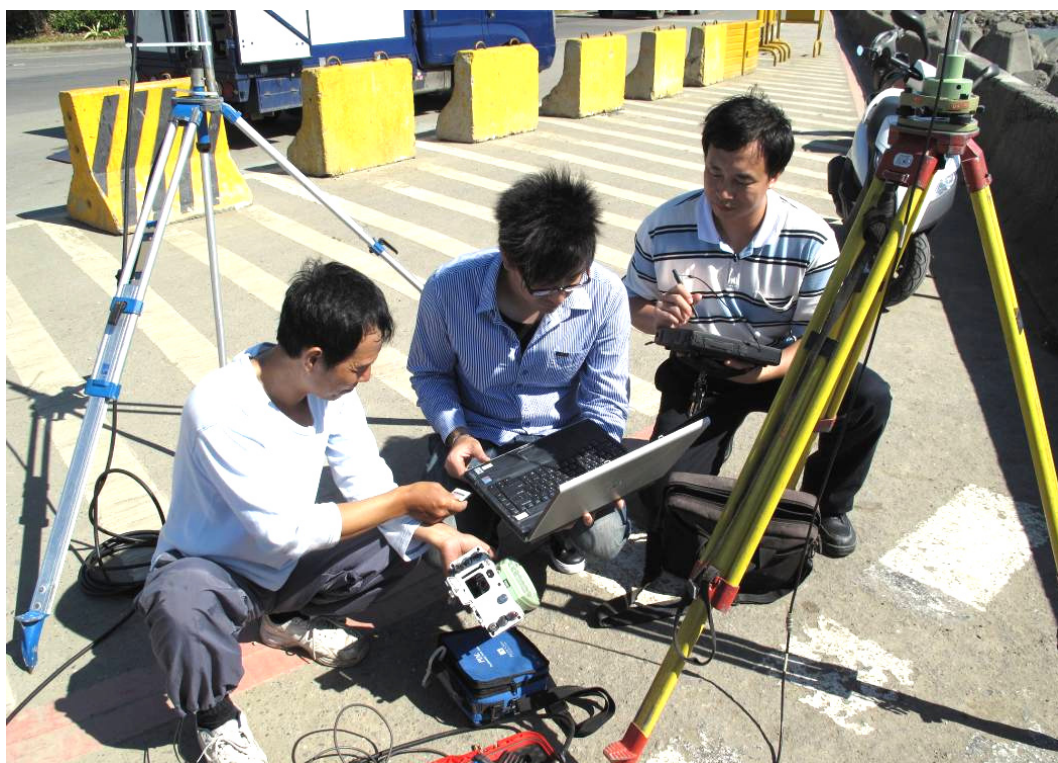


圖 4-13 現場定位作業檢查（資料下載）

表 4-1 完成之定位作業檢查表

水深測量定位作業檢查表			
計畫名稱	98 年自行研究案	檢查日期	Thursday, 8 October
廠商名稱	○○國土測繪公司	作業人員	洪○○
作業地點	淡水第二漁港	作業船隻	測繪一號
定位方式	☐ RTK ☒ DGPS ☐ Beacon		
檢查項目		檢查情形	說明
控制點 資料	位置範圍： 1.作業範圍圖。 2.控制點位置。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	控制點檢測精度報表。	☒ 合格 ☐ 不合格	
基站	儀器狀態： 1.配件。 2.無線電。 3.電池容量。	☒ 合格 ☐ 不合格	採 Beacon 定位時，本項免辦。
	儀器架設： 1.定心定平。 2.儀器高。 3.參數設定。	☒ 合格 ☐ 不合格	採 Beacon 定位時，本項免辦。
	資料接收： 1.儀器接收情形。 2.儀器測試。 3.資料下載與備份。	☒ 合格 ☐ 不合格	採 Beacon 定位時，本項免辦。
移動站	儀器狀態： 1.配件。 2.電池容量。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	儀器架設： 1.天線與音鼓距離。 2.參數設定。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	資料接收： 1.儀器接收情形。 2.資料下載與備份。	☒ 合格 ☐ 不合格	採 Beacon 定位時，另需在已知控制點辦理儀器測試。
檢查註記：1.控制點點號油漆脫落，建議補漆。 2.儀器接收頻率為 5 秒 1 筆。			
檢查結果	☒ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	謝東發

第四章 研究成果

(二) 驗潮作業檢查

辦理完水深測量驗潮檢查作業，檢查系統輸出成果如表 4-2。

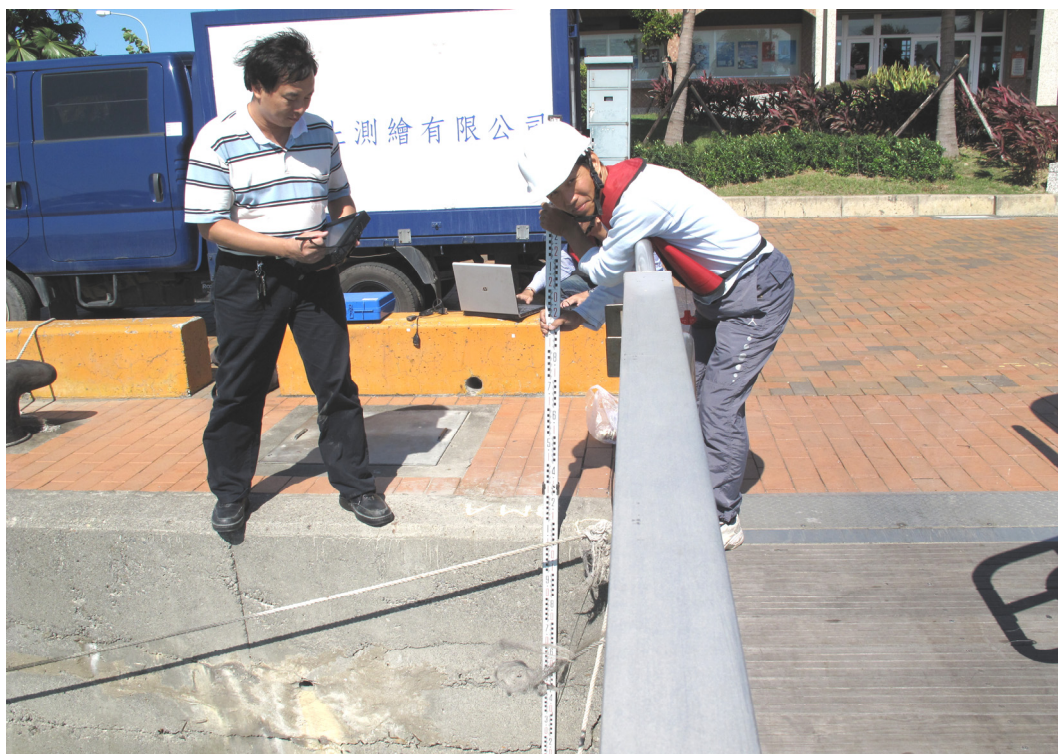


圖 4-14 現場驗潮作業檢查（人工驗潮）



圖 4-15 現場驗潮作業檢查（資料下載）

表 4-2 完成之驗潮作業檢查表

水深測量驗潮作業檢查表			
計畫名稱	98 年自行研究案	檢查日期	Thursday, 8 October
廠商名稱	○○國土測繪公司	作業人員	洪○○
作業地點	淡水第二漁港	作業船隻	測繪一號
潮位儀	☒ 壓力式 ☐ 音波式 ☐ 浮筒式		
檢查項目		檢查情形	說明
驗潮站	設立位置： 1. 位於作業區。 2. 驗潮站數量。 2. 與海水相連。 3. 風浪與船行影響。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	高程連測： 1. 水準點檢測報表。 2. 參考點測量成果報表。	☒ 合格 ☐ 不合格	
驗潮儀	儀器狀態： 1. 配件。 2. 電池容量。 3. 儲存設備容量。 4. 儀器時間。	☒ 合格 ☐ 不合格	2.~4. 採電腦連線檢查。
	儀器架設： 1. 架設穩定性。 2. 高程點與基準面距離。 3. 參數設定。	☒ 合格 ☐ 不合格	3. 採電腦連線檢查。
	儀器接收情形。	☒ 合格 ☐ 不合格	採電腦連線檢查。
驗潮	自動驗潮間隔。	☒ 合格 ☐ 不合格	採電腦連線檢查。
	人工驗潮： 1. 驗潮工具。 2. 驗潮間隔。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	資料下載與備份。	☒ 合格 ☐ 不合格	
檢查註記：人工驗潮自 9:30 分起，記錄間隔為 6 分鐘。			
檢查結果	☒ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	謝東發

(三) 測深作業檢查

辦理完水深測量測深作業檢查，檢查系統輸出成果如表 4-3。



圖 4-16 現場測深作業檢查 (Bar Check)



圖 4-17 現場測深作業檢查 (聲速剖面)

表 4-3 完成之測深作業檢查表

水深測量測深作業檢查表			
計畫名稱	98 年自行研究案	檢查日期	Thursday, 8 October
廠商名稱	○○國土測繪公司	作業人員	洪○○
作業地點	淡水第二漁港	作業船隻	測繪一號
測深儀	☐ 單音束 ☒ 多音束 ☐ 測深光達		
檢查項目		檢查情形	說明
前置作業	測線規劃： 1.測線間距與數量。 2.涵蓋範圍。 3.檢核線間距與數量。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	海域條件： 1.海象條件符合。 2.潮汐條件符合。	☒ 合格 ☐ 不合格	2.項檢查於潮間帶測量辦理。
	配合作業： 1.定位作業就位。 2.驗潮作業就位。	☒ 合格 ☐ 不合格	
測深儀	儀器能力要求。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	儀器架設： 1.架設穩定性。 2.儀器裝載參數記錄。 3.測深參數設定。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	測試與簡校： 1.檢校板作業。 2.疊合測試。 3.儀器接收情形。	☒ 合格 ☐ 不合格	2.項檢查於採多音束測量時辦理。
測深作業	水體物理： 1.聲速剖面作業。 2.記錄坐標。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	資料下載與備份。	☒ 合格 ☐ 不合格	
檢查註記：檢校板作業聲速值為 1540m/sec			
檢查結果	☒ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	謝東發

第四章 研究成果

(四) 資料處理檢查

辦理完水深測量資料處理作業檢查，系統輸出成果如表 4-4。

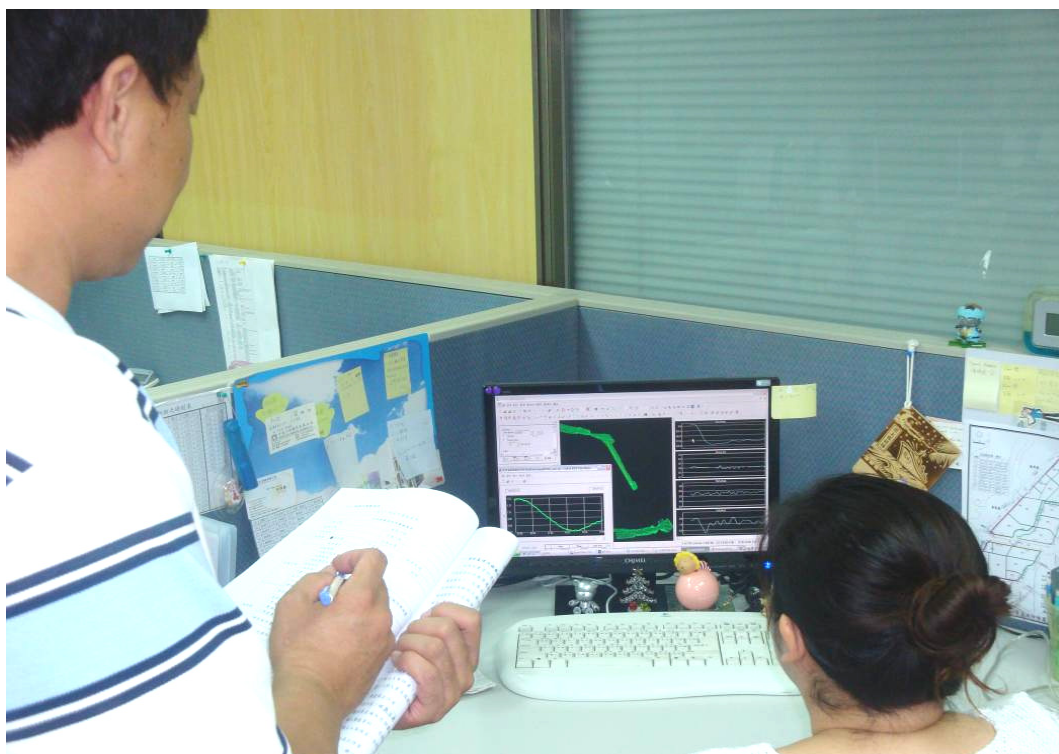


圖 4-18 現場資料處理檢查（採檢查表）

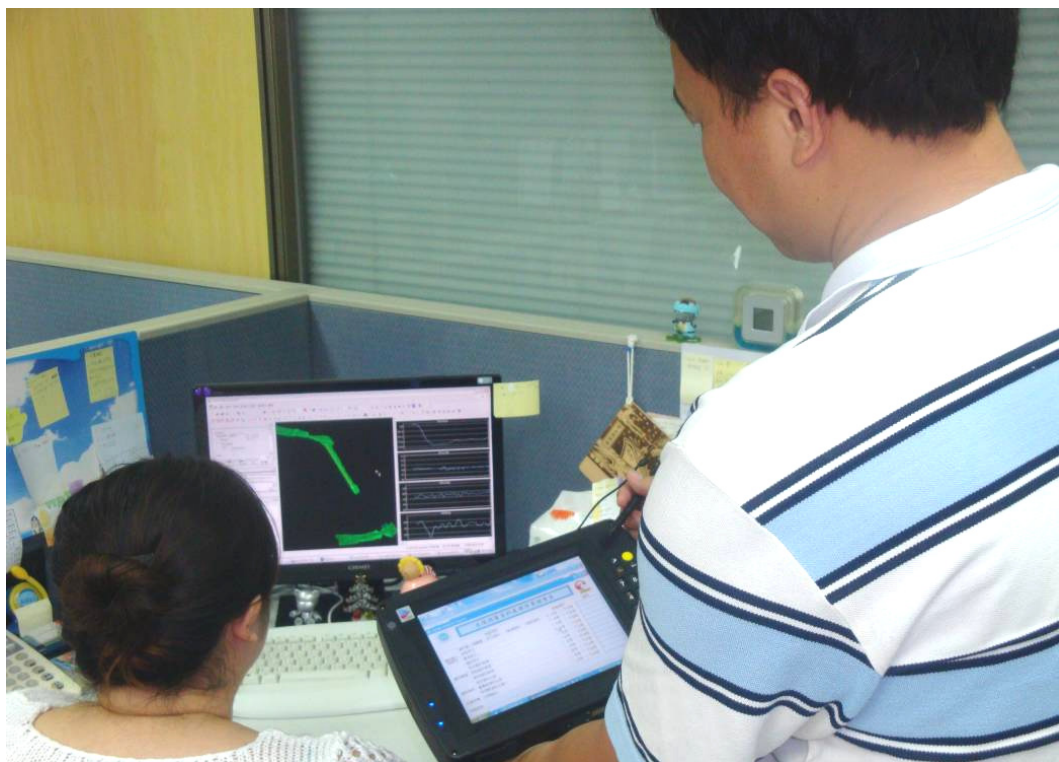


圖 4-19 現場資料處理檢查（採檢查系統）

表 4-4 完成之資料處理作業檢查表

水深測量資料處理作業檢查表			
計畫名稱	98 年自行研究案	檢查日期	Thursday, 8 October
廠商名稱	○○國土測繪公司	作業人員	洪○○
作業地點	○○國土測繪公司	作業船隻	測繪一號
作業軟體	☒ CARIS ☐ HYPACK ☐ OTHER		
	檢查項目	檢查情形	說明
資料載入與修正	資料載入與轉檔： 1.定位資料。 2.測深資料。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	姿態改正。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	聲速改正。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	潮位修正。	☒ 合格 ☐ 不合格	
資料篩選	定位資料篩選。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	姿態資料篩選。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	測深資料篩選。	☒ 合格 ☐ 不合格	
資料檢核	檢核資料比對。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	重疊區資料比對。	☒ 合格 ☐ 不合格	
	特徵點資料比對。	☒ 合格 ☐ 不合格	
計算成果	成果輸出。	☒ 合格 ☐ 不合格	
檢查註記：表層聲速值以 1540m/sec 計算。			
檢查結果	☒ 合格 ☐ 不合格	檢查人員	謝東發

第三節 綜合分析與討論

一、驗證作業成果分析

驗證作業採紙本（水深測量作業檢查表）與平板電腦（水深測量檢查系統）實地辦理，獲致下列分析成果：

（一）水深測量作業程序可避免人為誤差發生

現場測試由作業人員依據水深測量標準作業流程施作，另配合檢查人員以檢查表（或檢查系統）管控作業人員作業內容，因此在執行本次水深測量各階段作業測試時，發現本研究所提出之作業流程與檢查機制可避免人為誤差發生，意謂對人員作業疏忽所造成錯誤可有效預防，對於水深測量成果精度有正面助益。

（二）增加之作業成本有限

檢查工作皆需於作業人員外，增加 1 名檢查員人力來對各階段工作進行檢查作業，可由資深人員兼辦；除人力成本外，以檢查表進行作業檢查，只需負擔檢查表紙張與印刷費用，若以檢查系統辦理，則需另外購置電腦。因此依據本研究成果進行水深測量作業檢查，對於整體作業成本增加有限。

（三）電子化作業效率高於紙本作業

採用紙本檢查表檢查，紙本資料包含檢查表 4 頁、水深測量作業程序 7 頁及流程圖 4 頁，加上備用檢查表，共約 20 頁的紙本，於辦理檢查作業時，如熟練度不足，易發生手忙腳亂情形；另外業時環境較惡劣，風、浪或檢查者汗水容易造成紙本資料污損，造成檢查資料建檔時不易判釋。

採用平板電腦辦理檢查作業，因系統已將檢查表格、水深測量作業程序及流程圖建檔，電腦螢幕可直接進行內容轉換，以電子筆進行檢查作業，不會有資料污損及免辦後續建檔，能以更有效率方法來進行水深測量作業檢查。

二、改善水深測量精度相關作業

本研究係建立水深測量作業程序，並以水深測量作業檢查表或檢查系統來降低人為誤差之影響，然水深測量作業儀器設備與潮汐誤差亦是影響成果精度主要因素，本中心以委外方式辦理測深系統誤差檢校與潮位模式建立工作，藉以對影響水深精度因素進行改善作業，並建立合適成果檢核方式，以提升海域基本圖水深測量成果精度。

（一）潮位模式建立工作

臺灣海域潮汐受太平洋天文潮與海峽內淺水化效應影響，因潮汐變化極大，造成近岸與離岸海域有顯著潮時及潮位的差異。我國海域基本圖測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，測深資料的潮位修正模式係引用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正模式易因近岸與外海潮位不同造成水深測量誤差。本中心為解決上該問題，98 年委外辦理潮位模式建立工作，分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，建立潮位分區，並進行實地測試作業，據以建立水深測量修正模式，提升海域水深測量潮位修正使用。

依據本中心潮位模式建立工作案資料彙整分析報告指出，以等潮位線及等潮時線交錯架構等潮區圖作潮汐分區，再以潮汐分區內之改正參數延伸估計得測區的潮位值，區域內的潮位可由鄰近參考測站觀測到的數值加入該潮汐分區的振幅改正係數及相位差來推算。以等潮區圖之潮汐分區(tidal zone)獲取水深測量時之潮位改正數據，在海圖測繪水深測量之作業上已行之有年（Cisternelli and Gill,2005），分區的作用是将具有相同潮汐特性的區域以及參考潮位站(Reference tidal station)作區塊的劃分，應用於水深測量時可以確定作業區域在某潮位站的有效潮汐分區內，故對照該參考潮位站的改正值即可從事潮位修正（李孟霖,2007），圖 4-20 為臺灣海域等潮區圖。

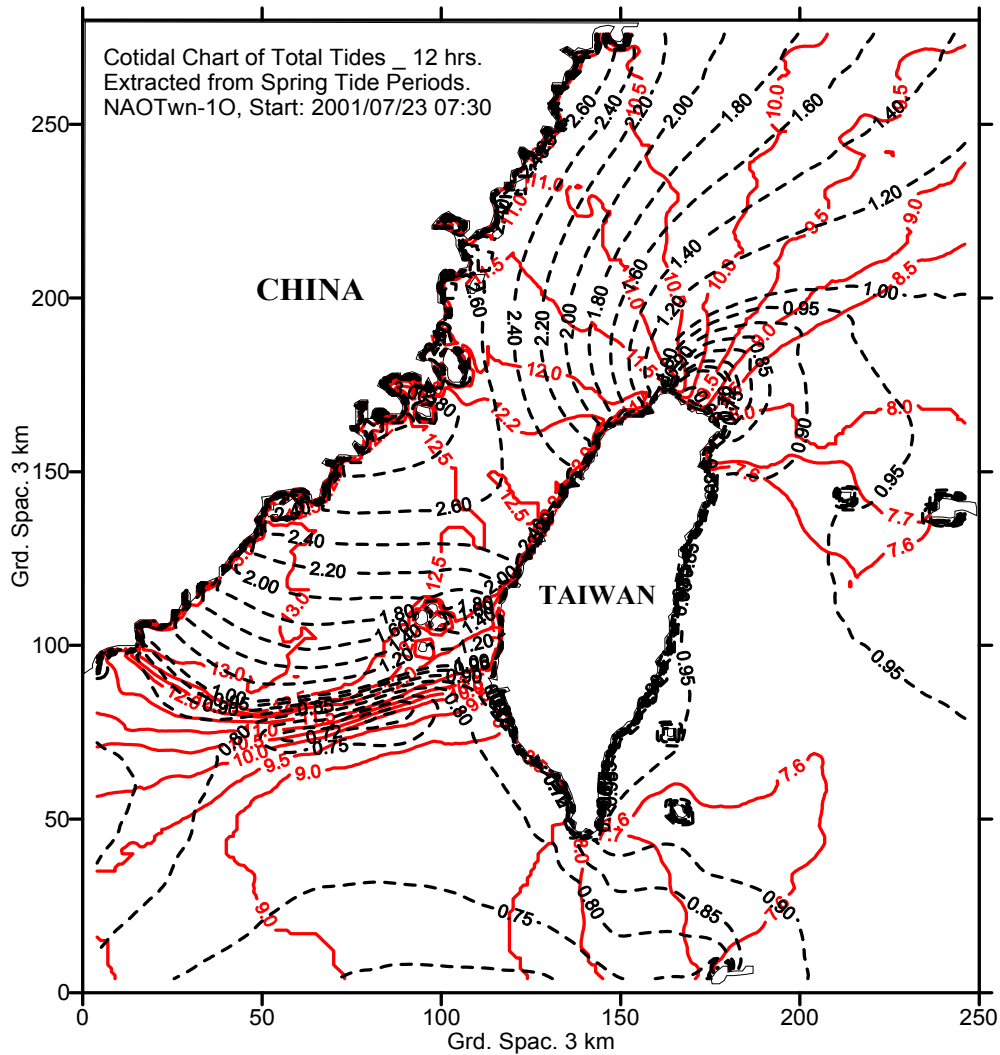


圖 4-20 臺灣海域等潮區圖(莊文傑等,2006)

(二) 辦理測深系統誤差檢校

以檢核線方式辦理資料檢核，係比較重疊區之測量數據，判定測量成果是否符合精度要求，惟此方法無法偵測設備之系統誤差，對於成果的可靠度尚待利用其他方法進行驗證，導致測量資料解算發現錯誤時無法找尋問題癥結，需建立前置的檢查機制，避免或減少上該錯誤發生。本中心辦理海域基本圖測量工作實，建一個測試區，將所有使用之測深儀在此測試區辦理測試作業，進行測深系統誤差檢校作業。測試成果所有使用之測深儀符合 IHO 一等規範精度，以此方法可辦理測深系統誤差檢校，避免誤用系統誤差較大設備。

（三）建立成果檢核方式

水深測量以比較重疊區（Overlap Area）資料方式來進行測深成果檢核，再統計檢核結果是否符合規範，辦理檢核線測量應考量時間因素。海域地形會因浪、流、暴雨、颱風、季風...等外在因素影響而產生巨大變化，因此進行實地檢核線作業時需考量時間因素，為避免時間因素影響驗收作業，最佳方式是測量時同時辦理檢核線測量，並下載儲存，供日後與成果比對，以避免資料取樣時間不同所產生之差異，尤其在出海口或漂砂嚴重而易導致地形改變地區，而海流流速小、出海口深、堅硬底質地區則影響較小。

檢核線檢查可有效的且直接對原測量數據進行檢驗，惟仍有些許事項不可忽略，如作業前檢核儀器精度、實測時監辦過程與時間點等，避免外在條件與原測量條件不一而產生差異影響準確性。本中心執行海域基本圖工作，已考慮此問題，併納入規格書中，避免檢核爭議發生。

第五章 結論與建議

第一節 結論

- 一、水深測量成果需整合定位與測深資料，並進行載具姿態、水體聲速改正與潮位修正，其中除載具姿態資料外，其他資料皆具時間特質，如因作業過程出錯，需重新辦理測量，除增加巨額成本支出外，亦會對工作期程產生延遲，產生之影響牽涉廣泛，本研究所建立水深測量作業程序，為降低或避免人為錯誤發生之可行方法。
- 二、本研究團隊具有多年海域基本圖測量及潮間帶地形圖測量工作實務經驗，依據實務經驗與所蒐集資料，彙整研擬水深測量各分項工作之作業步驟，並建立水深測量作業程序（附錄一）。該作業程序透過實地測試與驗證，其架構完整且可行，可提供辦理海域水深測量工作使用，讓作業人員有所依循，亦對於水深測量成果品質有正面效益。
- 三、以水深測量作業程序為基礎，本研究分析工作人員於作業過程可能發生之人為誤差項目與內容，條列式說明其會造成之影響，並據以建立水深測量定位、驗潮、測深及資料處理各階段作業檢查表。該檢查表設計概念為將可能發生之作業人員錯誤列為檢查項目，檢查人員可輕易藉由檢查表對作業人員進行工作檢查，可有效預防人為錯誤發生。
- 四、水深測量作業檢查表與水深測量作業程序相結合，可建立雙重檢查（Double Check）機制。作業人員參照水深測量作業程序，依步驟執行各流程工作，屬自我檢查機制；另檢查人員依水深測量作業檢查表之檢查項目，逐一檢查作業人員工作情形，屬外部檢查機制，二者合一的雙重檢查機制，能有效提升水深測量成果可靠度。

五、檢查工作之主要目的是排除人為誤差，確保水深測量成果品質，避免因工作過程出錯，需重新測量，增加作業成本支出，所以檢查工作成本因素應予考量。本研究所提出之水深測量作業檢查方式（檢查表或檢查系統）經實地測試，只需具備可攜式電腦設備，且單人即可輕易操作，無需投入大量人力或設備投資，即可快速有效辦理檢查作業。

六、水深測量工作受海氣象影響，作業環境不佳，以紙本檢查表單辦理檢查工作，會產生表單保存不易、污（破）損、判讀錯誤等問題，為克服上開難題，本研究開發一套水深測量檢查系統。該系統將水深測量作業程序與檢查表電子（e）化，藉電子化表單與手持式電腦結合，讓檢查者可於電腦上直接進行檢查工作，經與紙本檢查表單比較，水深測量檢查系統具備環保、便利與效能提升等優點。

第二節 建議

- 一、近年來國內水深測量設備有大幅度的進步，多音束測深儀（Multi-beams Sounder）、慣性量測單元（Inertial measurement unit, IMU）、測深光達（Bathymetric LiDAR）等高科技設備陸續被引進與應用，精進的設備可大幅提高測量資料精度，前提是作業人員需熟練儀器架設與操作，並對儀器功能與能力充分了解。建議相關單位於展辦水深測量工作時，於工作項目加入教育訓練課程，訓練現場作業人員，熟練作業技能，將有助降低人為誤差，提升水深測量成果精度。
- 二、水深測量定位作業採即時動態定位測量（RTK）方式，一般係用於近岸與潮間帶測量定位，惟此定位方式會受基站與移動站距離、載具速度、無線電訊號傳遞及衛星幾何分布條件狀況等條件限制，致相位訊號無法收斂，接收模式會轉為 DGPS 模式，造成解算精度為公尺級，其高程精度無法使用於測量成果，所以本研究建議採 RTK 定位時，仍需加辦驗潮作業。
- 三、本研究所建立之水深測量作業程序、水深測量作業檢查表及所開發之水深測量檢查系統之程式碼，開放並提供各界辦理相關工作使用，相關作業單位可以此為基礎，延續並建立適合之水深測量作業檢查表，或開發適合之水深測量作業檢查工具，作為辦理相關水深測量工作檢查使用。
- 四、建議水深測量檢查系統硬體需採用防水、防震等級較高之可攜式電腦（如軍規平板電腦），因水深測量作業區通常位於近岸、潮間帶或海上，作業環境受天候及海象影響，工作條件較陸域測量嚴苛，相對水深測量檢查系統硬體需配合作業環境提升，以利檢查工作順利展辦。
- 五、目前近岸及海域圖資係由各目的單位依其管轄或需求各自辦理

測繪與建置，易造成資料重複建置、測繪成果精度不一、及無法提供他人使用等問題，基於提供使用者合宜資料，建議海域水深測量主管機關邀集學者專家、相關單位與業界，針對辦理區域規劃與辦理原則、測繪內容、成果需求等議題進行討論，以利後續圖資使用與維護。

附錄一、水深測量作業程序

(一) 定位作業程序

水深測量定位係記錄測深瞬間感應器位置資訊。

1. 裝備檢查

(1) 準備背景資料（如測區地形圖、控制點分布圖、點之記、控制點成果報表）與表單資料（如觀測紀錄表、作業人員聯繫電話）。

(2) 備齊作業裝備：含接收儀、天線盤、腳架、纜線、基座、電池、量尺...等主機與配件。採 RTK 或 DGPS 需另備無線電設備。

2. 基站架設：採用 Beacon 作業時，係以無線信標台為基站，故免辦理此程序。另基站位置需勘查附近是否有手機基地台、雷達站或無線電台等干擾源。

(1) 至合適控制點上辦理儀器架設與定心定平、儀器架設資訊記錄（如儀器高、基站點名、作業人員、作業時間...）與儀器參數設定（如接收頻率）。

(2) 無線電架設：無線電測試與頻率調校，並依移動站距離調製無線電功率與天線高度。

3. 儀器測試：採 RTK 或 DGPS 作業需選擇另 1 個（含）以上已知點，辦理移動站定位儀器檢測；如採 Beacon 作業需選擇另 1 個（含）以上已知點，進行長時間連續觀測（海域基本圖測量工作要求進行 24 小時連續觀測），測試 Beacon 基站之訊號穩定度。所檢測精度數據需符合作業精度，移動站儀器方能作為載具定位使用。

4. 載具儀器架設：辦理載具定位儀器架設、架設資訊記錄（如作業人員、天線盤與音鼓之偏移量...，通常併測深作業辦理）與儀器

參數設定（如儀器接收頻率）。

5. **資料接收：**儀器架設完成需於港內先測試定位系統運作情況，測深作業進行中應監控載具路徑、速度與資料接收品質等；於工作範圍內施放聲速剖面儀，記錄其施放坐標。
6. **資料下載：**水深測量作業完畢後，應立即下載資料並備份，併同相關紀錄表（含基站），彙整提供內業計算。

（二）測深作業程序

測深作業係利用音波量距技術，測量底床與波源距離，結合定位之時間與位置資訊，獲得所需之測深成果。

1. 作業規劃

- （1）依據計畫作業要求（作業範圍、測線間距、測深儀器能力）進行測線規劃工作，測線需完全涵蓋作業範圍。
- （2）作業船隻整備、工作人員保險、出海文件申請。

2. 作業環境評估

- （1）依據海象預報與現場海象情形，進行作業環境評估，決定是否進行測深作業。
- （2）依據現有圖資與現地之地形條件，進行載具選擇。

3. 儀器裝載

- （1）辦理測深儀裝載作業，通常測深儀感測器（音鼓）與 GPS 天線會裝載同一平面上（即 X、Y 值相同），先量測音鼓與天線相位中心距離，再進行測深儀安裝，其支架應牢固，音鼓需沒入水中。
- （2）填載工作紀錄表，包含作業日期、工作起迄時間、海氣象資訊、工作人員、儀器型號與序號...等內容，並將船隻進出港證明附於紀錄表後。

- (3) 記錄儀器裝載偏移量，並繪製感測器相對位置配置圖，包括音鼓吃水深、音鼓平面位置、定位儀平面位置、定位儀高程、船隻姿態感測器位置等。多音束測深儀尚需記錄音鼓軸系的安置角度，船隻姿態感測器安置角度亦需規零及記錄。

4.測試與檢校

- (1) 辦理檢校板作業 (Bar check)，設定聲速計參數 (音鼓吃水深) 與聲速設定調校，並製作檢校紀錄表。
- (2) 於港區進行儀器測試，檢查各項設備運作情形，並檢視資料之穩定性。
- (3) 疊合測試 (Patch Test)
採多音束測深時辦理疊合測試是為計算音鼓的安置角度與 GPS 時間延遲 (Latency) 的影響量並予以改正，於測區範圍選定合適區域做系統的疊合測試，以求取音鼓安置的前後傾斜 (pitch)、左右傾斜 (roll)、船向偏差 (yaw) 之角度及 GPS 的時間延遲量 (GPS Latency)，並藉由反覆測試與計算求取出最佳的率定值，以修正音鼓安置角度的偏差及 GPS 時間延遲的影響。作法於平坦地區，同一測線來回施測，進行左右傾角；傾斜地區，同一測線來回施測，前後傾角；傾斜地區，二條平行線同向施測，指向偏角；傾斜地區，同一測線、同一方向、不同速度施測，時間延遲。

5.測深作業：載具航行至作業區，依據規劃測線辦理測深，並依測點密度要求進行載具速度調整。

6.水體資料蒐集

- (1) 於作業區域選擇深水區作1次以上之聲速量測，並製作聲速剖面紀錄表，除記載聲速剖面值外，並記錄量測人員、時間及位置坐標等資訊。

- (2) 如有水溫溫差較大時段或區域（如河口及電廠附近區域）需加量聲速剖面資料。

7. 資料下載

- (1) 將水深外業所蒐集電子資料（測深資料、聲速剖面資料）下載與備份。
- (2) 彙整工作紀錄表、檢校紀錄表、儀器安裝偏移量資料、聲速剖面紀錄表，提供後續資料處理使用。

（三）驗潮作業程序

水深測量目的是要計算海床高程，需獲取作業時之水面高程資訊，故於水深測量作業期間需全程辦理潮位觀測，於測區周邊設置驗潮站，架設潮位儀辦理驗潮作業，採用自錄式潮位儀自動記錄水面變化，並輔以人工驗潮作業。

1. 驗潮站選點

驗潮站選點原則如下：

- (1) 驗潮站需選適合長期觀測，且受風、浪、船隻影響較小處，且易於架設潮位儀，及進行人工驗潮。
- (2) 最好選已設立之潮位站附近，以利資料比對。
- (3) 驗潮站需與已知水準點連測，選點應將與已知水準點距離納入考量。
- (4) 若測區範圍較大、潮時及潮位差較大無法以單一潮位站進行修正時，則需再增設潮位站。
- (5) 選擇合適地點埋樁（一般為鋼釘）。

2. 水準點連測

- (1) 備背景資料（如當地地形圖、水準點分布圖、水準點點之計、水準點成果報表），並辦理測線規劃。
- (2) 備水準測量設備與附件（水準儀、水準尺、電池、量尺與記

簿等)。

(3) 進行水準點與驗潮站連測作業，推算驗潮站高程。

3.儀器架設

(1) 潮位儀檢查(記憶體容量、電池續航力、儀器運作情形)與參數設定(起迄時間、取樣頻率、...等)，一般需與電腦連線方能檢查與進行設定。

(2) 潮位儀架設：架設時需注意支架穩定性，並記錄架設資訊，提供潮位資料計算使用。採用壓力式潮位儀另需考量水位因素。(考量潮位漲退潮起落因素，在最低低潮時段潮位儀仍能漠入水中，才能有效觀測)

4.資料記錄

(1) 資料記錄間隔為每6分鐘記錄1筆，便於日後與鄰近潮位站資料比對。

(2) 辦理大範圍或長期水深測量時，建議進行30天以上連續潮位觀測，以了解該區潮位變化情形。

5.人工驗潮：於測深作業同時，指派工作人員配合潮位記錄間隔，以人工現場記錄時間與潮位資料，並記錄天候及海氣象狀況，以供檢查比對。

6.資料下載

(1) 下載水準點連測資料，與相關紀錄表建檔。

(2) 驗潮資料下載與備份，潮位紀錄表。

(3) 人工驗潮資料彙整與建檔。

(四) 資料處理作業程序

水深測量資料處理首先需整合定位資料與測深資料得到基礎資料，加入各項修正資料，包含潮位資料、聲速剖面資料、儀器架設

偏移參數、船隻姿態資料及率定資料等，經資料篩選過程，可得到歸算後的水深資料。

1. **資料載入：**將外業所蒐集之資料轉成通用格式，並匯入作業軟體程式中進行處理。
2. **姿態改正作業：**本階段作業係改正測深時載具姿態（Attitude）與儀器安裝偏移量，以修正計算出音束之深度（水面下垂直距離）與位置。
3. **聲速修正作業：**將水中聲速剖面儀所記錄之聲速剖面資料，匹配測深值進而修正測深值。
4. **潮位修正作業：**潮位觀測資料可藉由潮位曲線圖，預測潮位資料或鄰近驗潮站之潮位資料來檢視其之正確性，確認資料允用，則匹配時間資料，進行潮位修正作業，以獲取實際水深值。
5. **資料篩選作業：**測深會因為作業當時情況，如受風、浪、儀器、載具…等因素，產生錯誤資料，這些資料稱為雜訊（Noise），資料篩選作業就是執行雜訊濾除，保留堪用資料的工作，資料篩選一般需進行定位資料篩選、姿態資料篩選及水深資料篩選3部分。
 - （1）定位資料篩選：尋找是否有異常定位值及異常航速，並進行異常資料剔除作業。
 - （2）姿態資料篩選：判斷船隻各方向振幅是否合理，逐一檢查並刪除錯誤的姿態數值。
 - （3）水深資料篩選：透過以各維視角進行資料編修，去除錯誤水深資料。
6. **資料檢核作業：**藉由檢核線或測線重疊區域的疊合檢核及精度計算，同時將多條測線輸入以比較其疊合度好壞，分別將水深及檢核線資料(X,Y,Z)內插為網格 DEM，並比較二者差值，來確保資料之正確性。

附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）

```
Imports System.Data
Public Class frm主表單
Dim PrjAdd As Boolean = False
Private Sub Button5_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_AddForms.Click
FormsAdd = True
If RadioButton1.Checked = True Then
CheckTable = "定位作業檢核表"
If Com_定位方式.Text = "" Then
MsgBox("請選擇定位方式", MsgBoxStyle.OkOnly + 32, "新增表單")
Exit Sub
End If
CheckToolName = Com_定位方式.Text
Dim m_frm定位作業檢查 As New frm定位作業檢查
m_frm定位作業檢查.Show()
ElseIf RadioButton2.Checked = True Then
CheckTable = "驗潮作業檢核表"
If Com_潮位儀.Text = "" Then
MsgBox("請選擇潮位儀", MsgBoxStyle.OkOnly + 32, "新增表單")
Exit Sub
End If
CheckToolName = Com_潮位儀.Text
Dim m_frm驗潮作業檢查 As New frm驗潮作業檢查
m_frm驗潮作業檢查.Show()
ElseIf RadioButton3.Checked = True Then
CheckTable = "測深作業檢核表"
If Com_測深儀.Text = "" Then
MsgBox("請選擇測深儀", MsgBoxStyle.OkOnly + 32, "新增表單")
Exit Sub
End If
CheckToolName = Com_測深儀.Text
Dim m_frm測深作業檢查 As New frm測深作業檢查
m_frm測深作業檢查.Show()
ElseIf RadioButton4.Checked = True Then
CheckTable = "資料處理作業檢核表"
If Com_作業軟體.Text = "" Then
```

```
MsgBox("請選擇作業軟體", MsgBoxStyle.OkOnly + 32, "新增表單")
Exit Sub
End If
CheckToolName = Com_作業軟體.Text
Dim m_frm資料處理作業檢查 As New frm資料處理作業檢查
m_frm資料處理作業檢查.Show()
End If
End Sub

Private Sub Button8_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_Exit.Click
Me.Close()
End Sub

Private Sub Butt_AddPrj_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_AddPrj.Click
PrjAdd = True
Com_PrjName.Text = ""
Com_Manufacturers.Text = ""
Com_OperatingPlace.Text = ""
DateTime_CheckTime.Value = Now
Com_OperatingStaff.Text = ""
Com_OperatingShip.Text = ""
Butt_SavePrj.Enabled = True
Butt_Cancel.Enabled = True
End Sub

Private Sub ListBox1_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles ListBox1.SelectedIndexChanged
If ListBox1.SelectedItems.Count > 0 Then
'load PrjId content
Dim item As itemEx = DirectCast(ListBox1.SelectedItem, itemEx)
PrjID = item.Tag
Dim tempConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
tempConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection(My.Settings.水深測
量資料庫ConnectionString)
tempConnection.Open()
Dim strSQL As String = "SELECT * FROM [專案表] WHERE PrjID=" & item.Tag
```

附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）

```
& ""
Dim Command As OleDb.OleDbCommand = New OleDb.OleDbCommand(strSQL,
tempConnection)
Dim tempReader As OleDb.OleDbDataReader = Command.ExecuteReader
Do While tempReader.Read
Com_PrjName.Text = tempReader("PrjName")
Com_Manufacturers.Text = tempReader("Manufacturers")
Com_OperatingPlace.Text = tempReader("OperatingPlace")
DateTime_CheckTime.Value = tempReader("CheckTime")
Com_OperatingStaff.Text = tempReader("OperatingStaff")
Com_OperatingShip.Text = tempReader("OperatingShip")
Loop
RadioButton1.Checked = True
'load 定位作業檢查表
ListBox2.Items.Clear()
strSQL = "SELECT * FROM [定位作業檢核表] WHERE PrjID=" & item.Tag & ""
Command = New OleDb.OleDbCommand(strSQL, tempConnection)
tempReader = Command.ExecuteReader
Do While tempReader.Read
ListBox2.Items.Add(tempReader("CheckName"))
Loop
tempConnection.Close()
Butt_DelPrj.Enabled = True
Butt_SavePrj.Enabled = True
Butt_Cancel.Enabled = True
Butt_AddForms.Enabled = True
Else
Butt_DelPrj.Enabled = False
End If
End Sub

Private Sub Butt_SavePrj_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_SavePrj.Click
'check data
If Com_PrjName.Text = "" Then
MsgBox("請輸入計劃名稱!", MsgBoxStyle.OkOnly + 43, "編輯專案資料")
Exit Sub
End If
```

附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）

```
If Com_Manufacturers.Text = "" Then
MsgBox("請輸入廠商名稱!", MsgBoxStyle.OkOnly + 43, "編輯專案資料")
Exit Sub
End If
If Com_OperatingPlace.Text = "" Then
MsgBox("請輸入作業地點!", MsgBoxStyle.OkOnly + 43, "編輯專案資料")
Exit Sub
End If
If Com_OperatingStaff.Text = "" Then
MsgBox("請輸入作業人員!", MsgBoxStyle.OkOnly + 43, "編輯專案資料")
Exit Sub
End If
If Com_OperatingShip.Text = "" Then
MsgBox("請輸入作業船隻!", MsgBoxStyle.OkOnly + 43, "編輯專案資料")
Exit Sub
End If

Dim tempConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
tempConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection(My.Settings.水深測量資料庫ConnectionString)
tempConnection.Open()
Dim strSQL As String
If PrjAdd = True Then 'New
strSQL = "INSERT INTO [專案表]
(PrjName,CheckTime,Manufacturers,OperatingStaff,OperatingPlace,OperatingShip)
Values (" & _
Com_PrjName.Text & ",#" & Format(DateTime_CheckTime.Value, "yyyy/MM/dd")
& "#," & Com_Manufacturers.Text & "," & Com_OperatingStaff.Text & "," &
Com_OperatingPlace.Text & "," & Com_OperatingShip.Text & ")"
ElseIf PrjAdd = False Then 'Update
Dim item As itemEx = DirectCast(ListBox1.SelectedItem, itemEx)
strSQL = "UPDATE [專案表] SET PrjName=" & Com_PrjName.Text &
",CheckTime=#" & Format(DateTime_CheckTime.Value, _ "yyyy/MM/dd") &
"#,Manufacturers=" & Com_Manufacturers.Text & ",OperatingStaff=" &
Com_OperatingStaff.Text &
",OperatingPlace=" & Com_OperatingPlace.Text & ",OperatingShip=" &
Com_OperatingShip.Text & " WHERE PrjId=" & item.Tag & ""
End If
```

附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）

```
'MsgBox(strSQL)
Dim Command As OleDb.OleDbCommand = New OleDb.OleDbCommand(strSQL,
tempConnection)
Command.ExecuteNonQuery()
'get new PrjId
If PrjAdd = True Then 'New
strSQL = "SELECT PrjID FROM [專案表] WHERE PrjName='" &
Com_PrjName.Text & "'"
Command = New OleDb.OleDbCommand(strSQL, tempConnection)
Dim tempReader As OleDb.OleDbDataReader = Command.ExecuteReader
Do While tempReader.Read
Dim item As New itemEx(tempReader("PrjID"), Com_PrjName.Text)
ListBox1.Items.Add(item)
Loop
End If
tempConnection.Close()
PrjAdd = False
Butt_SavePrj.Enabled = False
Butt_Cancel.Enabled = False
End Sub
```

```
Private Sub Butt_DelPrj_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_DelPrj.Click
If MsgBox("確定刪除此筆計畫嗎?", MsgBoxStyle.YesNo + 32, "刪除計畫") =
MsgBoxResult.Yes Then
Dim item As itemEx = DirectCast(ListBox1.SelectedItem, itemEx)
Dim tempConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
tempConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection(My.Settings.水深測
量資料庫ConnectionString)
tempConnection.Open()
Dim strSQL As String = "DELETE FROM [專案表] WHERE PrjID=" & item.Tag &
""
Dim Command As OleDb.OleDbCommand = New OleDb.OleDbCommand(strSQL,
tempConnection)
Command.ExecuteNonQuery()
ListBox1.Items.RemoveAt(ListBox1.SelectedIndex)
Butt_SavePrj.Enabled = False
Butt_Cancel.Enabled = False
```


附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）

```
If ListBox1.Items.Count > 0 Then
    ListBox1.SelectedIndex = 0
    Butt_DelPrj.Enabled = True
Else
    Com_PrjName.Text = ""
    Com_Manufacturers.Text = ""
    Com_OperatingPlace.Text = ""
    DateTime_CheckTime.Value = Now
    Com_OperatingStaff.Text = ""
    Com_OperatingShip.Text = ""
    Butt_DelPrj.Enabled = False
End If
End If
End Sub
```

```
Private Sub frm主表單_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
    Dim tempConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
    tempConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection(My.Settings.水深測
量資料庫ConnectionString)
    tempConnection.Open()
    Dim strSQL As String = "SELECT PrjID,PrjName FROM [專案表] "
    Dim Command As OleDb.OleDbCommand = New OleDb.OleDbCommand(strSQL,
tempConnection)
    Dim tempReader As OleDb.OleDbDataReader = Command.ExecuteReader
    Do While tempReader.Read
        Dim item As New itemEx(tempReader("PrjID"), tempReader("PrjName"))
        ListBox1.Items.Add(item)
    Loop
    tempConnection.Close()
End Sub
```

```
Private Sub Butt_Cancel_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_Cancel.Click
    PrjAdd = False
    Butt_SavePrj.Enabled = False
    Butt_Cancel.Enabled = False
End Sub
```

附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）

```
Private Sub RadioButton1_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles RadioButton1.CheckedChanged,
RadioButton2.CheckedChanged, RadioButton3.CheckedChanged,
RadioButton4.CheckedChanged
If RadioButton1.Checked = True Then
CheckTable = "定位作業檢核表"
ElseIf RadioButton2.Checked = True Then
CheckTable = "驗潮作業檢核表"
ElseIf RadioButton3.Checked = True Then
CheckTable = "測深作業檢核表"
ElseIf RadioButton4.Checked = True Then
CheckTable = "資料處理作業檢核表"
End If
If PrjID <> "" Then
RefreshFormsList()
End If
End Sub
```

```
Private Sub ListBox2_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles ListBox2.SelectedIndexChanged
If ListBox2.SelectedItems.Count > 0 Then
CheckName = ListBox2.SelectedItem
Dim tempConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
tempConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection(My.Settings.水深測量資料庫ConnectionString)
tempConnection.Open()
Dim strSQL As String = "SELECT * FROM [" & CheckTable & "] WHERE
CheckName='" & ListBox2.SelectedItem & "'"
Dim Command As OleDb.OleDbCommand = New OleDb.OleDbCommand(strSQL,
tempConnection)
Dim tempReader As OleDb.OleDbDataReader = Command.ExecuteReader
Do While tempReader.Read
If RadioButton1.Checked = True Then
Com_定位方式.Text = tempReader("CheckTool")
ElseIf RadioButton2.Checked = True Then
Com_潮位儀.Text = tempReader("CheckTool")
ElseIf RadioButton3.Checked = True Then
```

```

Com_測深儀.Text = tempReader("CheckTool")
ElseIf RadioButton4.Checked = True Then
Com_作業軟體.Text = tempReader("CheckTool")
End If
Loop
tempConnection.Close()
Butt_EditForms.Enabled = True
Butt_DelForms.Enabled = True
Butt_PrintForms.Enabled = True
Else
CheckName = ""
Butt_EditForms.Enabled = False
Butt_DelForms.Enabled = False
Butt_PrintForms.Enabled = False
End If
End Sub

Public Sub RefreshFormsList()
ListBox2.Items.Clear()
Dim tempConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
tempConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection(My.Settings.水深測量資料庫ConnectionString)
tempConnection.Open()
Dim strSQL As String = "SELECT * FROM [" & CheckTable & "] WHERE PrjID="
& PrjID & ""
Dim Command As OleDb.OleDbCommand = New OleDb.OleDbCommand(strSQL,
tempConnection)
Dim tempReader As OleDb.OleDbDataReader = Command.ExecuteReader
Do While tempReader.Read
ListBox2.Items.Add(tempReader("CheckName"))
Loop
tempConnection.Close()
ListBox2.Refresh()
End Sub

Private Sub Butt_DelForms_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_DelForms.Click
If MsgBox("確定刪除此筆表單資料嗎?", MsgBoxStyle.YesNo + 32, "刪除表單") =

```

附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）

```
MsgBoxResult.Yes Then
Dim tempConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
tempConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection(My.Settings.水深測量資料庫ConnectionString)
tempConnection.Open()
Dim strSQL As String = "DELETE FROM [" & CheckTable & "] WHERE PrjID="
& PrjID & " and CheckName=" & ListBox2.SelectedItem & ""
Dim Command As OleDb.OleDbCommand = New OleDb.OleDbCommand(strSQL,
tempConnection)
Command.ExecuteNonQuery()
ListBox2.Items.RemoveAt(ListBox2.SelectedIndex)
If ListBox2.Items.Count > 0 Then
ListBox2.SelectedIndex = 0
Butt_EditForms.Enabled = True
Butt_DelForms.Enabled = True
Butt_PrintForms.Enabled = True
Else
Butt_EditForms.Enabled = False
Butt_DelForms.Enabled = False
Butt_PrintForms.Enabled = False
End If
End If
End Sub
```

```
Private Sub Butt_EditForms_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_EditForms.Click
If RadioButton1.Checked = True Then
CheckTable = "定位作業檢核表"
Dim m_frm定位作業檢查 As New frm定位作業檢查
m_frm定位作業檢查.Show()
ElseIf RadioButton2.Checked = True Then
CheckTable = "驗潮作業檢核表"
Dim m_frm驗潮作業檢查 As New frm驗潮作業檢查
m_frm驗潮作業檢查.Show()
ElseIf RadioButton3.Checked = True Then
CheckTable = "測深作業檢核表"
Dim m_frm測深作業檢查 As New frm測深作業檢查
m_frm測深作業檢查.Show()
```

附錄二、水深測量作業檢查程式（主程式）

```
ElseIf RadioButton4.Checked = True Then
CheckTable = "資料處理作業檢核表"
Dim m_frm資料處理作業檢查 As New frm資料處理作業檢查
m_frm資料處理作業檢查.Show()
End If
End Sub

Private Sub Butt_PrintForms_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Butt_PrintForms.Click
frm列印表單.定位作業查詢表BindingSource.Filter = "PrjID=" & PrjID & " and
CheckName=" & ListBox2.SelectedItem & ""
frm列印表單.ReportViewer1.RefreshReport()
frm列印表單.ShowDialog()
End Sub

Private Sub PictureBox2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles PictureBox2.Click
System.Diagnostics.Process.Start(System.Windows.Forms.Application.StartupPath &
"\全系統流程圖.pdf")
End Sub
End Class
```

附錄三、實地檢查作業照片

(一) 定位作業檢查相片



(二) 驗潮作業檢查相片



(三) 測深作業檢查相片



(四) 資料處理檢查作業相片



參考文獻

中文部分

- 1.經濟部水利署水利規劃研究所研究報告，2009，海岸基本資料調查及資料庫建置規劃研究。
- 2.內政部國土測繪中心工作報告，2007，高程基準檢測工作報告。
- 3.李孟霖，2007，運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。
- 4.莊文傑、江中權，2006，臺灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖，第28屆海洋工程研討會論文集，pp.325~330。
- 5.李汴軍、范揚泓、董東璟、高家俊，2005，臺灣海域潮汐空間均勻特性之研究，海洋工程學刊(2005)，第5卷，第1期，pp.67-83。
- 6.林志交、王弘基、張坤樹、李彥弘，2005，SHOALS 透水光達系統於臺灣沿海水深測量測試報告，內政部「LIDAR 之高精度及高解析度數值地形測繪、資料庫建置與應用推廣工作案」成果發表暨應用研討會。
- 7.戴益寶，2005，潮位站設置對港灣潮位及水深之影響研究，國立臺灣海洋大學河海工程學系碩士論文。
- 8.涂佑任，2004，率定GPS 接收器時間偏差對高程定位精度提升之研究，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
- 9.陳國華、楊名，2003，整合 TWVD2001 水準/GPS 資料改善臺灣區域性大地起伏模式，兩岸重力及水準面研討會。
- 10.內政部研究報告，2003，研定領海及鄰接區海域基本圖測量規範。

- 11.行政院研究發展考核委員會報告，2001，海洋白皮書。
- 12.內政部土地測量局研究報告，2001，基本控制點檢測作業規範。
- 13.水道圖書目錄，2001，海軍海洋測量局。
- 14.海洋監測質量保證手冊，2000，海洋出版社。
- 15.劉佩琨、宋國士，2000，多音束測深在沿岸淺灘區之量測，第2屆近岸水深技術研討會。
- 16.張功武，1999，海底地形量測之品質管制，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。
- 17.薛憲文，1999，臺灣水深量測發展現況及國際海測組織之水深量測規範新發展研討，近岸水深量測技術研討會論文集，pp.5-1~5-12。
- 18.交通部研究報告，1996，水深測量技術發展與施測規範之研究。
- 19.經濟部中央地質調查所研究報告，1995，臺灣西部海岸變遷調查研究計畫。
- 20.王昆杰、王躍虎、李征航，1992，衛星大地測量學，測繪出版社。

英文部分

1. Cisternelli, M. and Gill, S., 2005, Implementation of TCARI into NOS Hydrographic Survey Operations. U. S. Hydrographic Conference 2005.
2. U.S. AMRY Corps of Engineers (USAGE) , 2004, Engineering and Design Hydrographic Survey.
3. Ebrite, S., Pope, R.W., and Lillycrop, W.J., 2001, a multi-agency solution for coastal surveys –SHOALS in the Pacific, Proc. Oceans 2001, MTS/IEEE, Nov. 5-8, Honolulu, Hawaii, (in press).
4. Internatuonal Hydrographic Bureau, 1997, IHO Standards for Hydrographic Surveys, 4rd.
5. Han, S. W., 1997, Carrier Phase-Based Long-Range GPS Kinematic positioning, The University of New South Wales.
6. B.Hofmann-Wellenhof, H.Lichtenegger, and J.Collins, 1992-1993, GPS Theory and Practice. Springer-Verlan Wien, New York.
7. DMA Technical Report, 1987, Department of Defense World Geodetic System 1984, Its Definition and Relationships with Local Geodetic System, DMA TR 8350.2, Defense Mapping Agency, U.S.A.
8. Edward, M. M. and Gordon, G., 1981, Analysis and Adjustment of Survey Measurments. Van Mostrand Reinhold Company Inc, New York.
9. Schureman, P., 1941, Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides, Special Publication No.98 (1940) , U.S. Coast and Geodetic Survey, U.S. Govt. Printing Offic, revised.