



內政部國土測繪中心

99年「水深測量技術發展先期研究」

工作總報告書



委託單位：內政部國土測繪中心

執行單位：捷連科技有限公司

中華民國99年12月

摘要

海洋資源是我國能夠持續繁榮發展的重要元素，為求永續經營海洋的目標，與配合未來海域基本圖測量工作的辦理，內政部國土測繪中心透過本案之先期研究辦理以下工作：

- 一、海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析：蒐集國內外先進水深測量技術及系統資訊，與國際電子海圖基準與基準計算相關資料，提出海域基本圖測量作業方法改善建議，並提出海域基本圖之參考基準建議。
- 二、研擬海域基本圖測量作業手冊草案：由內政部「領海及鄰接區海域基本圖測量規範草案」延伸，蒐集與參考國內各機關近年年度計畫成果與海洋測繪相關規範，並召開 2 次專家會議討論手冊內容，彙整產官學界結論辦理作業手冊修訂。作業手冊內並附上比較分析文件，討論其與現有規範草案不一致之處；以及圖示建議文件，說明圖層規劃與圖示建議。
- 三、規劃海洋測繪訊息交流平台：針對國內海洋測繪相關機關，設計國內海洋測繪資訊調查問卷，以調查各機關工作辦理情形、測繪方法、成果管理與流通方式，經統計 29 份回覆問卷與彙整 3 處機關訪談意見，進行海洋測繪訊息交流平台規劃，內容包括海洋測繪訊息交流平台架構設計、軟硬體規劃及建議，並完成海洋測繪訊息交流平台成本分析。
- 四、開發最低潮位面計算工具：完成臺灣沿岸潮位站潮位資料計算分析，分析臺灣海域潮汐特性，同時建議可供建立深度基準參考之潮位站與硬體設備建議。另外並開發網格解析度為 1 分之最低潮位面計算工具，提供水深資料可由 TWVD2001 改算至最低潮位面。
- 五、投稿文件：將計畫成果彙整成期刊投稿文件「國內外先進水深測量技術探討與發展現況」與研討會投稿文件「台灣海域最低天文潮位面之推算」。

關鍵字：海域基本圖測量作業手冊、海洋測繪訊息交流平台、最低潮位面計算工具。

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
圖目錄.....	IV
表目錄.....	X
壹、前言.....	1
一、計畫名稱.....	1
二、計畫背景.....	1
三、計畫目標.....	1
四、預期成果.....	2
貳、作業期程.....	3
參、作業內容及方法.....	7
一、作業內容.....	7
二、作業方法.....	9
三、成果交付.....	19
肆、使用儀器及設備.....	21
伍、作業執行與成果.....	24
一、需求訪談.....	24
二、海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析.....	29
三、研擬海域基本圖測量作業手冊.....	75
四、規劃海洋測繪訊息交流平台.....	91
五、開發最低潮位面計算工具.....	118
陸、工作進度與品質管控.....	163
一、工作預定進度.....	163

二、工作預定控管.....	163
三、品質管控.....	164
柒、投稿文件.....	165
一、期刊投稿論文.....	165
二、研討會投稿論文.....	165
捌、結論與建議.....	167
一、結論.....	167
二、建議.....	167
參考文獻.....	169
其他相關資料及附件（參見附錄光碟）	
附錄一	海洋測繪技術與成果管理相關文獻
附錄二	國內海洋測繪資訊調查問卷回覆
附錄三	潮位站資訊一覽表
附錄四	潮位站資料品管概況
附錄五	潮位站一等水準點之高程檢測表
附錄六	高程基準檢測往返閉合差檢測結果表
附錄七	各潮位站潮汐分析結果表
附錄八	潮位站 2009 年調和常數表
附錄九	雷達波潮位儀相關硬體規格文件
附錄十	期刊投稿論文
附錄十一	研討會投稿論文
附錄十二	期中審查意見回覆
附錄十三	工作總報告審查意見回覆
附錄十四	海域基本圖測量作業手冊草案

圖目錄

圖 2-1 專案工作流程圖	3
圖 2-2 專案管制時程甘特圖	6
圖 3-1 研擬海域基本圖測量作業手冊之流程圖	11
圖 3-2 規劃海洋測繪訊息交流平台之流程圖	12
圖 3-3 長期潮位資料計算分析之流程圖	14
圖 3-4 Arakawa C 格點分佈圖	16
圖 3-5 查詢介面之運作流程示意圖	18
圖 3-6 開發最低潮位面計算工具之流程圖	19
圖 4-1 龍王子壹號測量船載具圖	22
圖 4-2 EM-3002 淺海多音束測深儀與施測成果示意圖(©Kongsberg)	22
圖 4-3 EdgeTech 4200 側掃聲納組成裝置與成像示意圖	23
圖 4-4 Applied Microsystems 水中聲速剖面儀圖(©AML Oceanographic)	23
圖 4-5 Sea Bird SBE 26plus 潮位儀圖(©Sea-Bird Electronics)	23
圖 4-6 POS MV 320 GPS 慣性導航系統圖(©Applanix)	23
圖 5-1 需求訪談會議簽到簿掃描圖	24
圖 5-2 BEASAC IV(左)和 BEASAC VI(右)氣墊測量船圖(©EuroSense, 2010)	30
圖 5-3 整合測深系統與地球物理調查之測量船 EB2 圖(©EuroSense, 2010)	31
圖 5-4 PWC 系統硬體整合圖 (MacMahan,2001)	33
圖 5-5 PWC 系統設置示意圖 (MacMahan,2001)	33
圖 5-6 Planet Ocean Ltd 開發之 PWSS 圖(© 2005 Planet Ocean Ltd)	34
圖 5-7 改裝水上摩托車示意圖(曾宏斌, 2009).....	34
圖 5-8 OAURS 作業示意圖(D. Farrant,2010).....	36
圖 5-9 MBARI AUV D. Allan B.結構示意圖(Caress,2008)	37

圖 5-10 MBARI AUV 排程規劃圖(Caress,2008)	38
圖 5-11 REMUS AUV 圖 (Shcherbina,2008)	39
圖 5-12 環礁測區測線規劃圖 (Shcherbina,2008)	39
圖 5-13 第 1 測區實際測點與水深示意圖 (Shcherbina,2008)	40
圖 5-14 SHOALS 空載光達系統示意圖 (Smith,2000)	41
圖 5-15 CASI 運作示意圖 (Smith,2000)	41
圖 5-16 資料同化測試區攝影與鑲嵌處理圖 (Monfort,2008)	42
圖 5-17 資料同化修正示意圖 (Monfort,2008)	42
圖 5-18 Fundy 測區歷來成果與重點區域圖 (Parrott,2008)	44
圖 5-19 光達、多音束測深與海圖資訊整合判釋圖 (Parrott,2008)	46
圖 5-20 近岸高密度點雲資料圖 (賴澄漂, 2008)	47
圖 5-21 基隆深澳雷射掃描成果圖 (賴澄漂, 2008)	48
圖 5-22 墾丁南灣測區位置示意圖 (呂黎光, 2004)	51
圖 5-23 各測區分析示意圖 (呂黎光, 2004)	51
圖 5-24 0 至 10 米水深迴歸分析成果圖 (呂黎光, 2004)	51
圖 5-25 現地測站樣本點與推估成果圖 (F. Houma,2006)	52
圖 5-26 非監督式分類與水深推估成果圖 (熊同中, 2008)	52
圖 5-27 船體龍骨處嵌掛音鼓圖 (Robert Mason Hare,2008)	54
圖 5-28 音鼓斜掛示意圖 (Robert Mason Hare,2008)	54
圖 5-29 龍骨側邊安裝示意圖 (Robert Mason Hare,2008)	55
圖 5-30 輔以整流片包覆圖 (Robert Mason Hare,2008)	55
圖 5-31 莢艙方式安裝圖 (Robert Mason Hare,2008)	55
圖 5-32 船側架設式裝載示意圖 (Robert Mason Hare,2008)	56
圖 5-33 船頭架設式裝載示意圖 (Robert Mason Hare,2008)	56
圖 5-34 隱藏式圖 (Robert Mason Hare,2008)	57
圖 5-35 基本防護設施圖 (Robert Mason Hare,2008)	57

圖 5-36 可加裝防護架圖 (Robert Mason Hare,2008)	58
圖 5-37 安裝位置擾流分析圖 (Robert Mason Hare,2008)	58
圖 5-38 GPS 及通信設備架設圖 (Robert Mason Hare,2008)	59
圖 5-39 各潮位面與深度基準面之空間關係圖 (李孟霖, 2007)	63
圖 5-40 臺灣沿岸之潮差特性圖 (中央氣象局, 2002)	68
圖 5-41 臺灣西海岸平均海水面高度比較圖 (吳祥雲等, 1998)	69
圖 5-42 海圖基準轉換示意圖	72
圖 5-43 第 1 次專家會議(臺北場)現場照片圖	86
圖 5-44 第 1 次專家會議(臺中場)現場照片圖	87
圖 5-45 第 1 次專家會議(臺南場)現場照片圖	88
圖 5-46 第 2 次專家會議現場照片圖	90
圖 5-47 國內海洋測繪資訊調查問卷圖 (頁 1, 目的說明)	93
圖 5-48 國內海洋測繪資訊調查問卷圖 (頁 2, 海域測繪工作藍圖)	94
圖 5-49 國內海洋測繪資訊調查問卷圖 (頁 3, 問卷填寫說明)	95
圖 5-50 海洋測繪工作辦理情形問題設計圖	96
圖 5-51 所使用之測繪方法問題設計圖	97
圖 5-52 成果管理方式問題設計圖	98
圖 5-53 成果流通供應問題設計圖	99
圖 5-54 未來辦理海洋測繪計畫問題設計圖	100
圖 5-55 對「海洋測繪訊息交流平台」意見與建議問題設計圖	100
圖 5-56 高雄港務局測量工作船圖	105
圖 5-57 測繪工作辦理情形與相關領域統計圖	106
圖 5-58 整體系統架構圖	110
圖 5-59 交流平台網站功能架構圖	112
圖 5-60 系統軟硬體整合運作圖	115
圖 5-61 交流平台硬體規劃圖	116

圖 5-62 潮位測站位置圖 (© 2010 Tele Atlas, © 2010 Google, Map Data)..	118
圖 5-63 淡水測站潮位時序分佈圖	119
圖 5-64 澎佳嶼測站潮位時序分佈圖	120
圖 5-65 潮位及潮差示意圖	122
圖 5-66 箔子寮潮位站長期潮位分析	123
圖 5-67 成功潮位站長期潮位分析	123
圖 5-68 東石潮位站長期潮位分析	124
圖 5-69 後壁湖潮位站長期潮位分析	124
圖 5-70 新竹潮位站長期潮位分析	125
圖 5-71 花蓮潮位站長期潮位分析	125
圖 5-72 麟山鼻潮位站長期潮位分析	126
圖 5-73 竹圍潮位站長期潮位分析	126
圖 5-74 富岡潮位站長期潮位分析	127
圖 5-75 高雄潮位站長期潮位分析	127
圖 5-76 基隆潮位站長期潮位分析	127
圖 5-77 澎湖潮位站長期潮位分析	128
圖 5-78 衛歐拉颱風路徑圖(圖片來源：中央氣象局網站)	128
圖 5-79 東港潮位站時序圖	131
圖 5-80 蘇澳潮位站時序圖	131
圖 5-81 音波式潮位基準示意圖(摘自經濟部水利署，2008)	132
圖 5-82 壓力潮位儀潮位基準示意圖	132
圖 5-83 臺灣附近海域海底地形圖	133
圖 5-84 各潮位站之分潮振幅比	137
圖 5-85 箔子寮測站各分潮振幅比較圖	137
圖 5-86 成功測站各分潮振幅比較圖	137
圖 5-87 東石測站各分潮振幅比較圖	138

圖 5-88 富岡測站各分潮振幅比較圖	138
圖 5-89 後壁湖測站各分潮振幅比較圖	138
圖 5-90 新竹測站各分潮振幅比較圖	138
圖 5-91 花蓮測站各分潮振幅比較圖	138
圖 5-92 高雄測站各分潮振幅比較圖	138
圖 5-93 基隆測站各分潮振幅比較圖	138
圖 5-94 麟山鼻測站各分潮振幅比較圖	138
圖 5-95 澎湖測站各分潮振幅比較圖	139
圖 5-96 竹圍測站各分潮振幅比較圖	139
圖 5-97 各潮位站 Q_1 分潮振幅比較圖	139
圖 5-98 各潮位站 O_1 分潮振幅比較圖	139
圖 5-99 各潮位站 P_1 分潮振幅比較圖	139
圖 5-100 各潮位站 K_1 分潮振幅比較圖	139
圖 5-101 各潮位站 N_2 分潮振幅比較圖	139
圖 5-102 各潮位站 M_2 分潮振幅比較圖	139
圖 5-103 各潮位站 S_2 分潮振幅比較圖	140
圖 5-104 各潮位站 K_2 分潮振幅比較圖	140
圖 5-105 各潮位站 Q_1 分潮相位角比較圖	140
圖 5-106 各潮位站 O_1 分潮相位角比較圖	140
圖 5-107 各潮位站 P_1 分潮相位角比較圖	140
圖 5-108 各潮位站 K_1 分潮相位角比較圖	140
圖 5-109 各潮位站 M_2 分潮相位角比較圖	140
圖 5-110 各潮位站 N_2 分潮相位角比較圖	140
圖 5-111 各潮位站 S_2 分潮相位角比較圖	141
圖 5-112 各潮位站 K_2 分潮相位角比較圖	141
圖 5-113 1976 年至 1996 年最大潮差分區圖	141

圖 5-114 潮汐模式範圍.....	145
圖 5-115 模式結果與實測資料全日潮振幅比對	152
圖 5-116 模式結果與實測資料半日潮振幅比對	153
圖 5-117 模式結果與實測資料全日潮相位角比對	154
圖 5-118 模式結果與實測資料半日潮相位角比對	155
圖 5-119 箔子寮模式與實測相關散佈圖	156
圖 5-120 成功模式與實測相關散佈圖	156
圖 5-121 東石模式與實測相關散佈圖	156
圖 5-122 富岡模式與實測相關散佈圖	156
圖 5-123 後壁湖模式與實測相關散佈圖	156
圖 5-124 新竹模式與實測相關散佈圖	156
圖 5-125 花蓮模式與實測相關散佈圖	157
圖 5-126 基隆模式與實測相關散佈圖	157
圖 5-127 高雄模式與實測相關散佈圖	157
圖 5-128 麟山鼻模式與實測相關散佈圖	157
圖 5-129 澎湖模式與實測相關散佈圖	157
圖 5-130 竹圍模式與實測相關散佈圖	157
圖 5-131 最低天文潮位面分佈圖	158
圖 5-132 最低潮位面查詢系統介面	159
圖 5-133 單點計算—分別輸入度、分範例圖	160
圖 5-134 單點計算—直接輸入度範例圖	160
圖 5-135 批次計算—設定檔案路徑範例圖	161
圖 5-136 批次計算—設定檔案輸出位置範例圖	161
圖 5-137 最低天文潮位面分布圖瀏覽與查詢示意圖	162
圖 6-1 Web-Based ERP 系統圖.....	164
圖 6-2 風險管理流程圖	164

表目錄

表 2-1 計畫辦理時程表	4
表 3-1 潮汐模式使用之變數及參數表	16
表 3-2 各階段工作交付成果表	20
表 4-1 支援本案之硬體設備表	21
表 4-2 資料處理與計算軟體表	21
表 5-1 需求訪談紀錄表	25
表 5-2 BEASAC 相關文獻表	30
表 5-3 PWC 參考文獻表	32
表 5-4 OAURS 參考文獻表	35
表 5-5 水下載具參考文獻表	37
表 5-6 空載光達與光譜感測整合系統參考文獻表	40
表 5-7 空載光達與多音束測深整合系統參考文獻表	43
表 5-8 3D 雷射掃描參考文獻表	47
表 5-9 衛星遙測於水深測量應用參考文獻表	48
表 5-10 近岸小型測船裝置探討參考文獻表	53
表 5-11 海域地形圖測繪技術比較表	61
表 5-12 各國海平面變化及潮位監測之相關文獻表	64
表 5-13 主要國家深度基準面之計算模型表（梁開龍，1995）	67
表 5-14 觀測時間長度決定平均海水面之偏差值表（引自[陳永奇，1996]）	69
表 5-15 三種海圖基準面之特性比較表	73
表 5-16 第 1 次專家會議時間地點表	85
表 5-17 專家會議議程表	85
表 5-18 調查問卷發送單位清冊表	91
表 5-19 水規所近年計畫之測繪方法表	101

表 5-20 水規所可供應項目與內容表	102
表 5-21 港研中心近年計畫之測繪方法表	103
表 5-22 港研中心資料現有項目與內容表	104
表 5-23 交流平台管理者身分列表	114
表 5-24 海洋測繪訊息交流平台成本分析表	117
表 5-25 長期潮位分析之潮位站	121
表 5-26 各潮位站之高程表	130
表 5-27 六十分潮名稱及角頻率表	136
表 5-28 潮型判別式表	137
表 5-29 雷達波潮位站架設及維護保養、資料接收處理估價表	143
表 5-30 潮汐模式使用之變數及參數	147
表 5-31 各測站模式與實測潮位每年最低天文潮位之 RMSE (單位：公分)	149
表 5-32 各測站模式與實測潮位之最低天文潮位比較	149
表 5-33 各潮位站發生最低天文潮位之時間	150
表 5-34 模式與實測潮位之各年最低天文潮水位誤差(單位：公分)	151
表 6-1 各月各項工作預定進度表	163
表 6-2 人力配置及儀器設備調度與運用表	163

壹、前言

一、計畫名稱

本專案為 99 年度「水深測量技術發展先期研究」。

二、計畫背景

臺灣四面環海，內水、領海及鄰接區海域面積廣達 80,000 平方公里，依據行政院研究發展考核委員會「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」，顯示海洋領域業務為政府重要施政項目，舉凡國土調查、國土維護、海洋工程、資源開發、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的海洋地形資料，為求建構永續發展的國家建設基礎，海域基本圖建置及流通供給已刻不容緩。

然過去國內有關海域地形測量調查之工作，早期由國防部海軍大氣海洋局依任務需要而執行，民間部分較無技術能量與缺乏標準作業程序。自 91 年國土測繪中心成立海洋測量專責單位，積極引進海測技術及經驗，分年度委商執行臺灣西部海域潮間帶基本地形圖測量工作，並配合內政部執行海域基本圖測量工作，近年來已獲得豐碩之海洋地形圖資與實作經驗。

三、計畫目標

未來內政部之「基本測量及圖資測製實施計畫」，將辦理海域基本圖測量工作，建構全國性海域測繪成果，同時進行海域測繪成果管理系統開發，建置完整海域基本圖資及多功能資料庫，達到國土永續經營並供各界運用。故為配合海域測量技術之發展、標準化及資訊流通之演進，國土測繪中心期透過本專案之先期研究，完成以下主要目標：

- (一) 彙整分析海洋測繪技術與成果管理等相關文件，提出我國現行海域基本圖測量作業方法改善建議與海域基本圖參考基準建議，以提供辦理海域基本圖測繪作業規劃之參考。

- (二) 進行海洋測繪訊息交流平台規劃，提供未來辦理國內海洋測繪資源整合與海洋測繪資料流通之基礎架構
- (三) 開發最低潮位面計算工具，擴增海域基本圖測量成果應用面
- (四) 研擬海域基本圖測量作業手冊，確保測量成果品質與精度。

四、預期成果

海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析，可掌握國內外海測相關標準規範，與收錄新式測量技術滿足與時俱進的原則。文件分析成果可作為研擬海域基本圖測量作業手冊之基礎，並藉由廣納國內各機關與產學界之意見，逐步修正為合乎經費、技術與時程可行之作業手冊，以作為後續海域基本圖測繪作業之依據，確保測量成果品質與精度。

本專案另開發之最低潮位面計算工具，可擴增海域基本圖測量成果應用面，並作為海洋測繪於潮位部分一可信之潮差改正方法；而海洋測繪訊息交流平台規劃，則可提供國內各需求單位簡捷搜尋獲取需求之圖資資訊，利於單位間之資料流通的分享交流與增值，減省各機關海測工作重疊性，並大幅提升既有資料的使用效率。除本案之計畫目標達成外，本案成果亦將彙整精華進行期刊投稿，以利各界參考指教，期使國內海域測量技術能量與規範能更臻完善。

貳、作業期程

本專案自決標次日起算 240 個日曆天(99/12/31)分 2 階段辦理。依據專案需求內容，整體作業工作流程圖與 WBS(work breakdown structure，工作分解結構)如圖 2-1 所示：

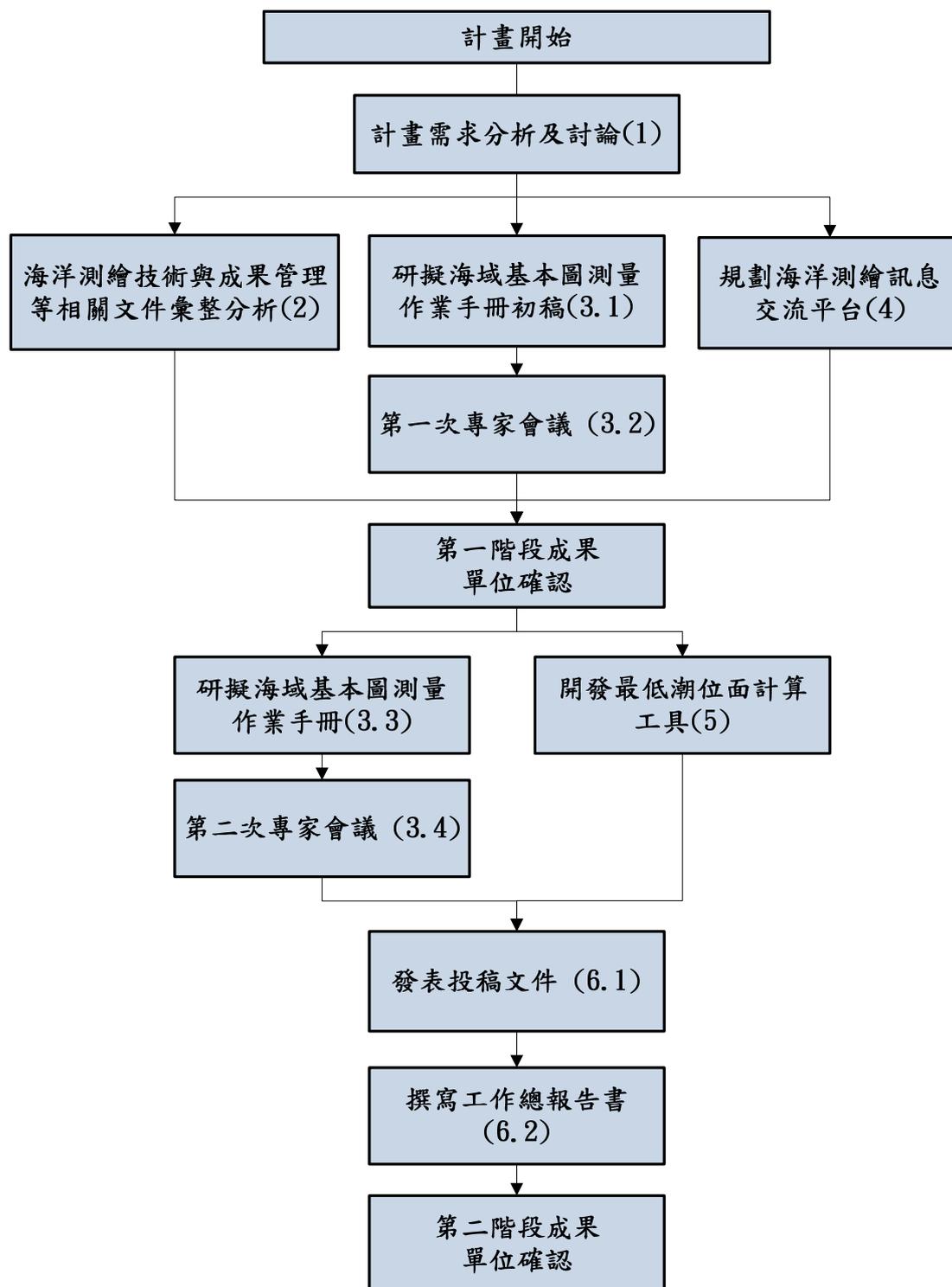


圖 2-1 專案工作流程圖

第一期工作要項與 WBS 註記如下：

- (一) 計畫需求分析及討論(1)
- (二) 海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析(2)
- (三) 研擬海域基本圖測量作業手冊初稿 (3.1)
- (四) 第一次專家會議(3.2)
- (五) 規劃海洋測繪訊息交流平台(4)

第二期工作要項如下：

- (一) 研擬海域基本圖測量作業手冊(3.3)
- (二) 第二次專家會議(3.4)
- (三) 開發最低潮位面計算工具(5)
- (四) 發表投稿文件 (6.1)
- (五) 撰寫工作總報告書(6.2)

上述工作之進度管制，主要是依據作業規劃之工作細項及辦理時程，設計本案之工作進度管制內容及項次。本案自 99 年 5 月 5 日簽約起，依合約要求規劃之各項工作時程依專案管理之 WBS 排序如表 2-1 所示

表 2-1 計畫辦理時程表

WBS	工作項目	工作期程	起始日期	結束日期	備註
0	簽約日		99/05/05		
0	第一階段成果單位確認		99/10/02		
0	第二階段成果單位確認		99/12/31		
1	訪談及工作事項討論	16 工作日	99/05/05	99/05/26	
1.1	啟動會議		99/05/05	99/05/05	
1.2	需求訪談	1 工作日	99/05/17	99/05/17	
1.3	訪談紀錄交付		99/05/26	99/05/26	
2	海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析	50 工作日	99/05/06	99/07/14	
2.1	國內外先進水深測量技術及系統資訊彙整分析	50 工作日	99/05/06	99/07/14	
2.1.1	資料蒐集	20 工作日	99/05/06	99/06/02	
2.1.2	資料分析彙整	30 工作日	99/06/03	99/07/14	
2.2	國際電子海圖基準與基準計算	50 工作日	99/05/06	99/07/14	

WBS	工作項目	工作期程	起始日期	結束日期	備註
	相關資料彙整分析				
2.2.1	資料蒐集	20 工作日	99/05/06	99/06/02	
2.2.2	資料分析彙整	30 工作日	99/06/03	99/07/14	
3	研擬海域基本圖測量作業手冊	160 工作日	99/05/06	99/12/15	
3.1	研擬海域基本圖測量作業手冊初稿	77 工作日	99/05/06	99/08/20	
3.1.1	海域基本圖測量相關資料蒐集	25 工作日	99/05/06	99/06/09	
3.1.2	海域基本圖測量相關資料分析	25 工作日	99/06/10	99/07/14	
3.1.3	撰寫海域基本圖測量作業手冊初稿	27 工作日	99/07/15	99/08/20	
3.2	第一次專家會議	5 工作日	99/08/23	99/08/27	
3.3	研擬海域基本圖測量作業手冊	78 工作日	99/08/30	99/12/15	
3.4	第二次專家會議	1 工作日	99/11/17	99/11/17	
4	規劃海洋測繪訊息交流平台	105 工作日	99/05/06	99/09/29	
4.1	國內海洋測繪資訊調查	105 工作日	99/05/06	99/09/29	
4.1.1	調查對象聯絡資料彙整	30 工作日	99/05/06	99/06/16	
4.1.2	設計問卷	45 工作日	99/06/17	99/08/18	
4.1.3	訪談	30 工作日	99/08/19	99/09/29	
4.2	海洋測繪訊息交流平台規劃	75 工作日	99/06/17	99/09/29	
4.2.1	資料蒐集	20 工作日	99/06/17	99/07/14	
4.2.2	資料分析彙整	20 工作日	99/07/15	99/08/11	
4.2.3	架構設計及規劃	35 工作日	99/08/12	99/09/29	
5	開發最低潮位面計算工具	76 工作日	99/09/01	99/12/15	
5.1	潮位資料計算分析	75 工作日	99/09/01	99/12/14	
5.1.1	資料蒐集	10 工作日	99/09/01	99/09/14	
5.1.2	計算臺灣沿岸潮位站長期記錄資料	20 工作日	99/09/15	99/10/12	
5.1.3	各潮位站潮位資料分析計算	25 工作日	99/10/13	99/11/16	
5.1.4	建議可供建立深度基準參考之潮位站	20 工作日	99/11/17	99/12/14	
5.2	最低潮位面計算工具	76 工作日	99/09/01	99/12/15	
5.2.1	資料蒐集	14 工作日	99/09/01	99/09/20	
5.2.2	開發最低潮位面計算工具	63 工作日	99/09/20	99/12/15	
6	投稿文件與總報告書	75 工作日	99/09/01	99/12/14	
6.1	發表投稿文件	65 工作日	99/09/01	99/11/30	
6.2	撰寫工作總報告書	10 工作日	99/12/01	99/12/14	

而本專案管制時程甘特圖，如圖 2-2 所示：

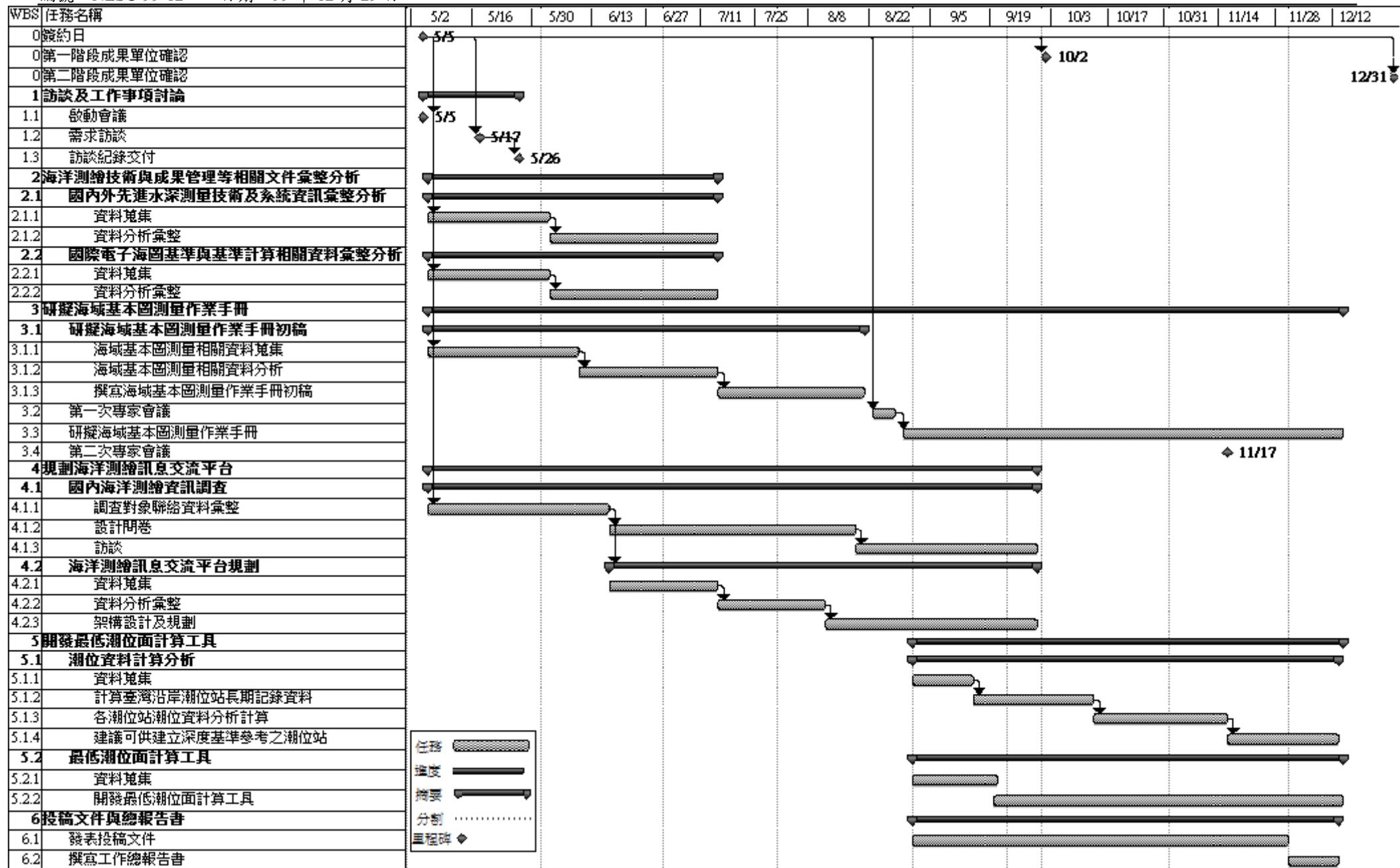


圖 2-2 專案管制時程甘特圖

參、作業內容及方法

一、作業內容

整體專案作業流程參照圖 2-1 專案工作流程圖，茲說明如下：

(一) 需求訪談

於決標次日起 30 個日曆天內，至國土測繪中心辦理本案需求訪談，作為本案相關工作依據，訪談內容作成訪談紀錄，於決標次日起 40 個日曆天內送國土測繪中心確認。

(二) 海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析

1. 蒐集國內外海洋、近岸海域及潮間帶（含碎波區）之先進水深測量技術及系統資訊，並對各系統進行分析，提出我國現行海域基本圖測量作業方法改善建議（現行海域基本圖測量作業方法由國土測繪中心提供）。所蒐集國外文件不得少於 10 篇，國內文件不得少於 5 篇。
2. 蒐集國際電子海圖基準與基準計算相關資料，分析並提出我國海域基本圖-電子海圖前置資料製作之參考基準建議。

(三) 研擬海域基本圖測量作業手冊

1. 參考內政部「領海及鄰接區海域基本圖測量規範草案」與國土測繪中心 96 年度「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」需求規格（規範草案與需求規格由國土測繪中心提供），研擬「海域基本圖測量作業手冊」。
2. 作業手冊內容應詳列包括作業（測繪）項目、作業程序、作業方法、精度要求、成果項目與格式。
3. 廠商須召開 2 次（含）以上專家會議，討論「海域基本圖測量作業手冊」內容，第 1 次會議須在本案決標次日起 120 個日曆天內(99/9/2)召開（會議召開前須完成作業手冊初稿）。會議所需經費（學者專家出席費、交通費、餐費與相關費用）由廠商支付，廠商須依據會議結論辦理作業手冊修訂。
4. 本案研擬「海域基本圖測量作業手冊」內容如與內政部「領海及鄰接區

海域基本圖測量規範草案」內容相關且有差異時，廠商需提出比較分析文件；另由委方提供 95-96 年海域基本圖測量工作成果所使用之圖示資料，廠商需針對海域基本圖圖示提供新增或修正建議文件。本項工作所提出比較分析文件與建議文件置於作業手冊以附錄方式呈現。

(四) 規劃海洋測繪訊息交流平台

1. 國內海洋測繪資訊調查

(1) 調查對象：

- A. 經濟部水利署及所屬機關。
- B. 交通部運輸研究所港灣技術研究中心、中央氣象局、各港務局與分局。
- C. 內政部營建署及所屬國家公園管理處（轄區包含海域機關）。
- D. 交通部觀光局所屬風景區管理處（轄區包含海域機關）。
- E. 縣（市）政府、海岸巡防署、環境保護署等其他相關機關。

(2) 調查方法：採問卷調查，問卷由廠商設計，經國土測繪中心同意後發送調查對象；廠商另須選擇 3 個（含）以上調查對象進行訪談。

(3) 調查項目：調查內容須包括海洋測繪工作辦理情形、所使用之測繪方法、成果管理方式、成果流通供應及未來辦理海洋測繪計畫等項目。

2. 海洋測繪訊息交流平台規劃

規劃內容包括海洋測繪訊息交流平台架構設計、軟硬體規劃及建議，並進行海洋測繪訊息交流平台成本分析。

(五) 開發最低潮位面計算工具

本項工作需進行潮位資料計算分析與開發最低潮位面計算工具，工具環境應適用於 Microsoft Windows XP 及其以後之作業系統版本。

1. 潮位資料計算分析

(1) 由國土測繪中心提供潮位資料與計算程式（計算程式由委方提供為原則，惟因故無法提供時由廠商自行開發或購置，委方不負擔計算程式開發或購置費用），計算臺灣沿岸潮位站長期記錄資料，包含潮位站之

最低潮位、平均低潮位、平均潮位、平均高潮位、最高高潮位。

- (2) 執行各潮位站潮位資料分析計算，分析臺灣海域潮汐特性。
- (3) 根據分析結果評估，建議可供建立深度基準參考之潮位站。

2. 最低潮位面計算工具

本案需開發最低潮位面計算工具，提供 TWVD2001 水深資料改算至最低潮位面。計算範圍應涵蓋我國海域基本圖測量作業範圍，以規則網格計算，網格解析度在經緯度方向均不得大於一浬，另須蒐集公開地形水深資料納入計算，並配合由委方提供之水深資料進行修正。引用之開放邊界條件必須以國際發表之全球天文潮汐資料為基礎設定。計算工具應具備最低潮位面水深計算功能與計算成果輸出功能。

(六) 投稿文件與工作總報告書

1. 本計畫成果需彙整成投稿文件，國內（外）期刊至少 1 篇、研討會論文至少 1 篇。
2. 工作總報告書彙整本案成果（軟體成果除外），內容另需包含：前言、作業期程、作業內容及方法、使用儀器及設備、作業執行與成果、結論與建議、其他相關資料及附件。以 Microsoft WORD 格式編製，版面採 A4 直式橫書、編目錄、章節、頁次、並加封面裝訂成冊。

二、作業方法

(一) 需求訪談

1. 於決標次日起，與國土測繪中心約定本案需求訪談時間，務必於決標次日起 30 個日曆天內完成。
2. 於需求訪談前，就本案內容擬定訪談要點項目與製作簽到表格。
3. 於需求訪談時完成出席人員簽到，並詳細記錄訪談內容，作為本案相關工作依據。
4. 於決標次日起 40 個日曆天內將訪談紀錄送國土測繪中心確認。

(二) 海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析

1. 為了達到海域水深環境調查之需求，目前已發展許多的測量方法，如單音束水深測量、多音束水深測量、空載雷射測深、氣墊船水深測量等。前述方法均應詳實蒐集與討論，並應收錄其他最新技術發展資料。
2. 所蒐集國外文件不得少於 10 篇，國內文件不得少於 5 篇，彙整文獻應作為附件資料，並整理出各篇篇名、作者、摘要及與海測相關要項內容。
3. 並向內政部、經濟部水利相關單位、交通部港務相關單位與國內其他海測相關單位蒐集相關資料，以利本案相關工作內容參考，並透過對各系統的分析，針對臺灣現行海域基本圖測量作業方法提出改善建議（現行海域基本圖測量作業方法由國土測繪中心提供）。
4. 廣泛蒐集國際電子海圖基準與基準計算相關資料，分析並提出我國海域基本圖-電子海圖前置資料製作之參考基準建議。

（三）研擬海域基本圖測量作業手冊

作業手冊內容除評估各項議題之技術可行性，應同時考量經費問題。研擬海域基本圖測量作業手冊之流程請參見圖 3-1。作業手冊內容主要應包含有以下項目：

1. 控制測量：採用控制系統（平面與高程）與作業流程之說明。
2. 水深測量儀器標準檢校作業：預劃一測試區域進行水深測繪整體流程，主要在於確認儀器精度合乎使用。
3. 岸線測繪：含航空攝影流程、空中三角計算與立體製圖等說明。
4. 水深測量：含船舶儀設與人員規劃、水深測量、潮位觀測、資料改正處理與檢核方法。
5. 底質調查：含底質調查流程、預定分類項目與資料處理與檢核方法。
6. 數值高程模型：應分陸域與海域說明製作流程與方法，並說明海陸域資料整合方法。
7. 海域基本圖製作：應包含海域基本圖製作程序，並說明基本圖內容包含項目，如等高（深）線、陸域岸線與海域底質所測得之地物地類等預期

成果。

8. GIS 格式圖資產製：應包含 GIS 資料建置規範與程序，以及圖資檢核項目說明。
9. 電子航行圖前置資料：應包含 S-57 電子航行圖前置資料製作規範、海測清繪圖製作、水深紀錄檔與其他敘述性資料等。

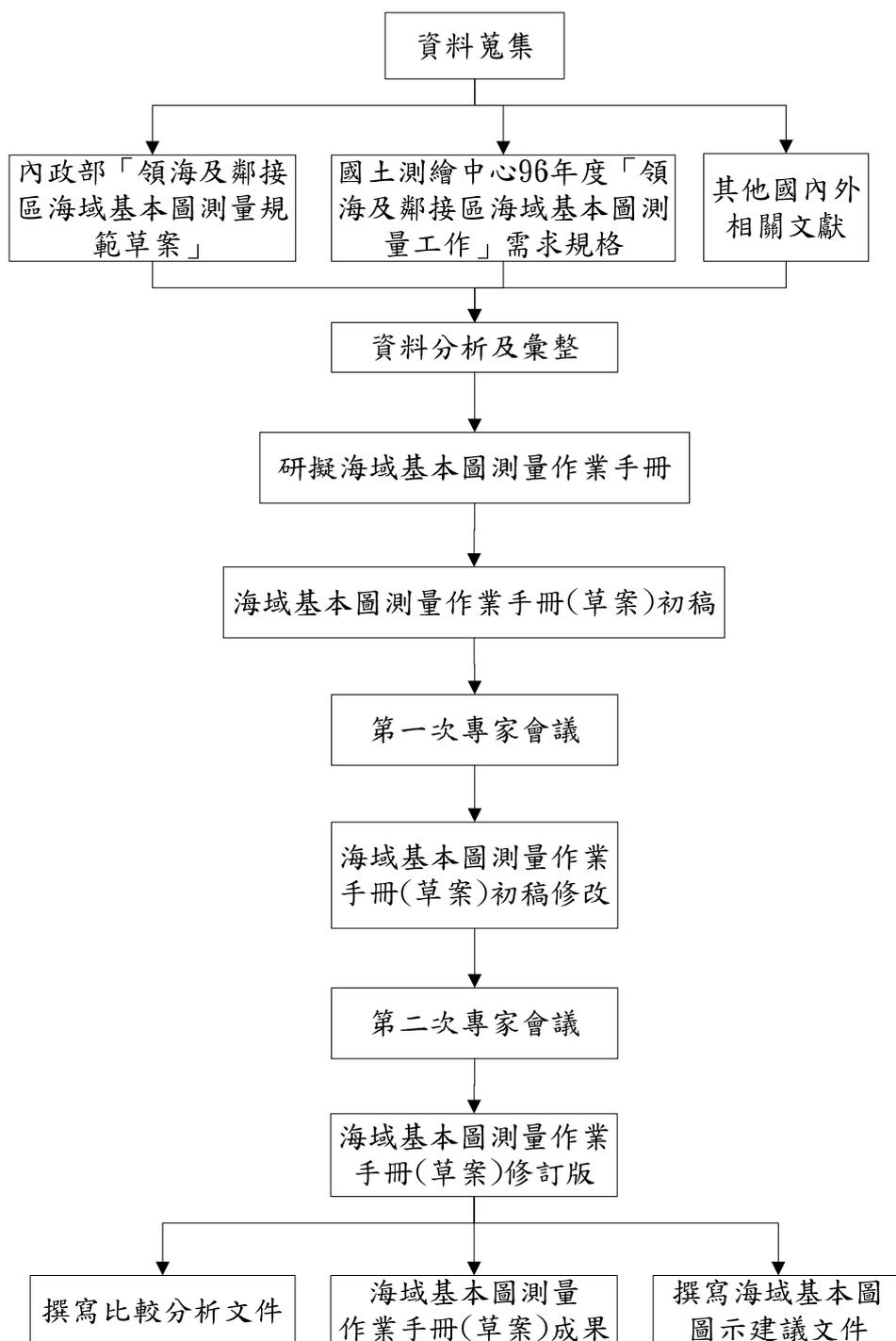


圖 3-1 研擬海域基本圖測量作業手冊之流程圖

(四) 規劃海洋測繪訊息交流平台

目前國內海洋測繪作業以各機關業管項目各自辦理為主，對於測繪成果之交流互通尚未明確建立機制，故本案之平台規劃採機關訪談與問卷發送方式多方蒐集各海洋測繪機關目前海測工作執行與管理狀況，並徵詢各方對於交流平台之意見。經問卷統計分析與意見要項歸納，再進行海洋測繪訊息交流平台之架構設計、軟硬體規劃與成本分析等項目。規劃海洋測繪訊息交流平台之流程請參見圖 3-2：

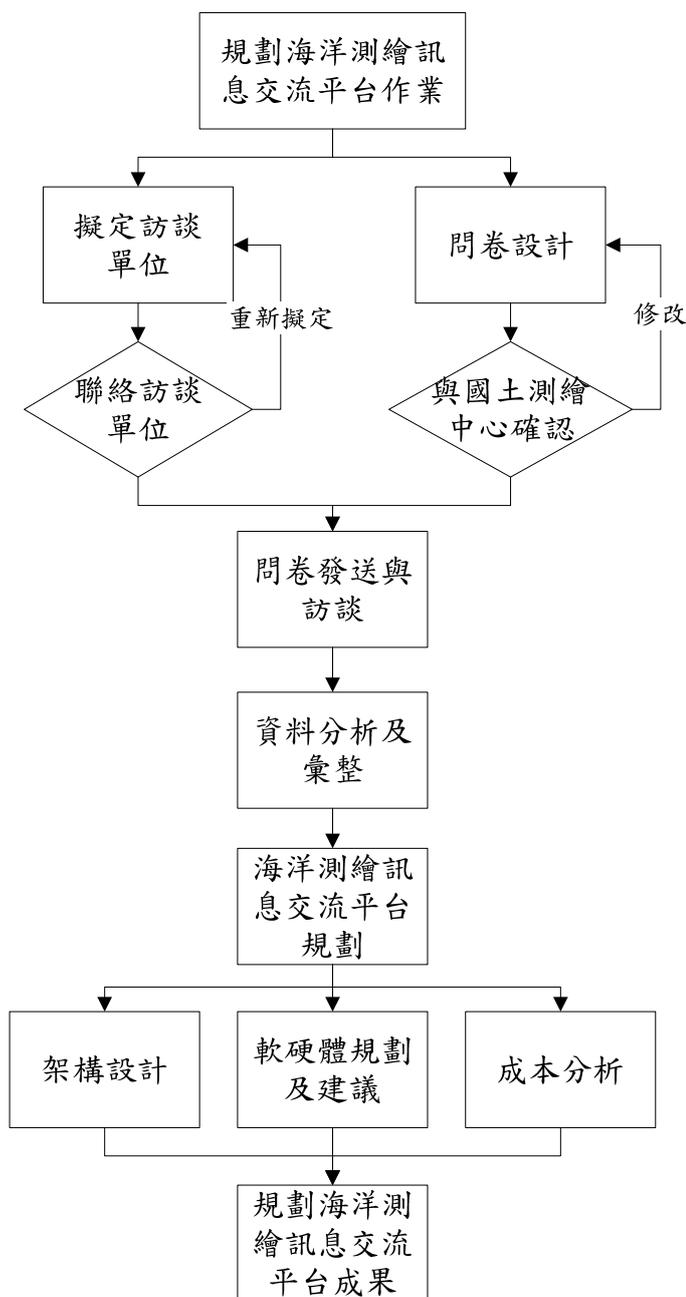


圖 3-2 規劃海洋測繪訊息交流平台之流程圖

(五) 開發最低潮位面計算工具

本項工作需進行潮位資料計算分析與開發最低潮位面計算工具，工具環境應適用於 Microsoft Windows XP 及其以後之作業系統版本。

1. 潮位資料計算分析

臺灣高程基準係定義在 1990 年 1 月 1 日標準大氣環境（1000mbar，20°C，無風，無雨）情況下採用基隆潮位站 1957 年至 1991 年之潮汐資料推算而得，命名為 2001 臺灣高程基準（Taiwan Vertical Datum 2001，簡稱 TWVD 2001）。本專案將根據國土測繪中心提供之長期潮位資料分析結果求得各潮位站之平均海水面，因此可藉由各站之平均海水面與當站之地面高程，得知各測站海陸基準之關係，並以此評估結果建議可供建立深度基準參考之潮位站。

為了瞭解臺灣的潮汐特性，潮位資料的蒐集及分析為重要的工作之一，必須要有固定的觀測設備與連續的潮位紀錄，再經由調和分析、統計分析等方法，以求得所需之資訊。由於潮汐受太陽與月球的引力影響最大，必須以 18.6 年長周期的潮位資料進行分析，才可代表當地重力場決定之基準面，因此由國土測繪中心提供之沿岸潮位資料，至少應有 4 站每站資料時間長度至少有 20 年，如此推算出的資訊才具有相當之代表性。另外，應再取得 8 站每站資料時間長度至少 10 年之沿岸潮位資料，以執行各潮位站之資料分析，以獲得臺灣海域之潮汐特性。

本專案將利用所蒐集之資料，依據國土測繪中心提供之潮位站長期潮位資料，首先將所得之原始資料檔案進行備份，並對資料展開偵錯品管的動作，經篩選處理後，再選用各分析方法，如調和分析或其他分析方法，進行程式之撰寫，以便進行臺灣沿岸潮位站長期記錄資料計算與分析，包含潮位站之最低潮位、平均低潮位、平均潮位、平均高潮位及最高高潮位，並分析臺灣海域潮汐之特性。最後視作業情況將繪出所需成果圖，工作流程如圖 3-3 所示，工作項目如下：

- (1) 計算臺灣沿岸潮位站長期記錄資料，包含潮位站之最低潮位、平均低潮位、平均潮位、平均高潮位、最高高潮位。
- (2) 執行各潮位站潮位資料分析計算，分析臺灣海域潮汐特性。
- (3) 根據分析結果評估，建議可供建立深度基準參考之潮位站。

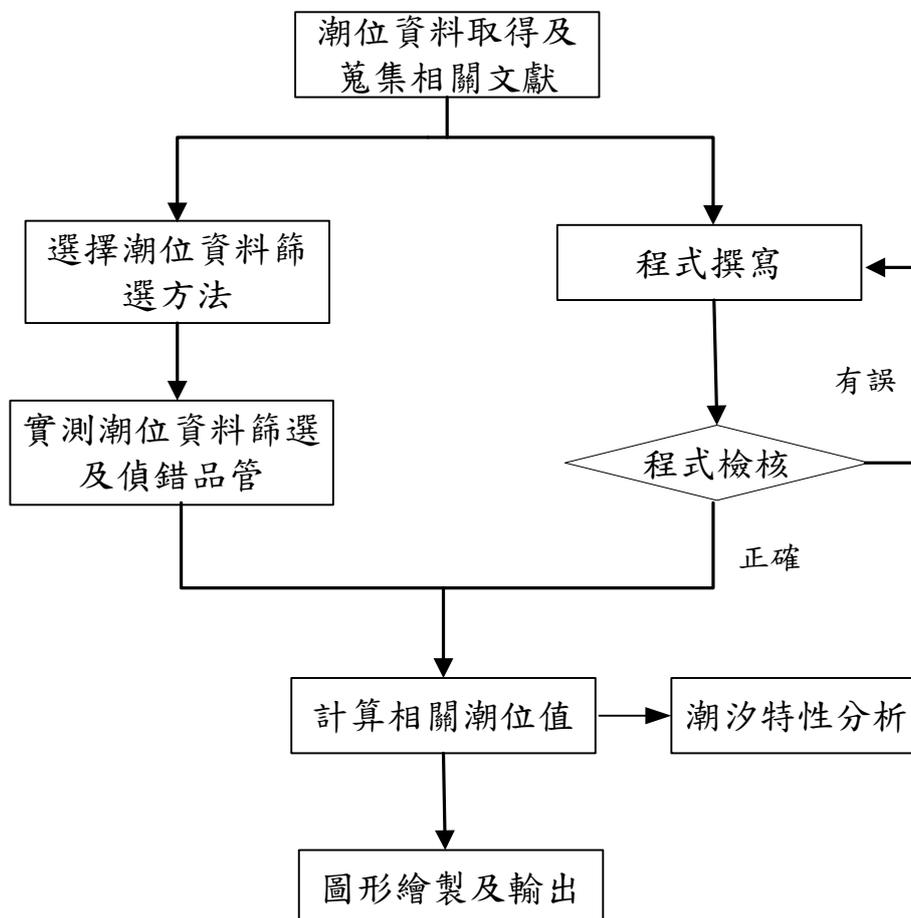


圖 3-3 長期潮位資料計算分析之流程圖

2. 最低潮位面計算工具

本公司將開發最低潮位面計算工具，提供 TWVD2001 水深資料可改算至最低潮位面。最低潮位面計算工具，是應用數值模式推算長期天文最低潮潮位面，其計算範圍涵蓋為臺灣海域基本圖測量作業範圍（東經 117 度到 123 度，北緯 21 度到 26 度），以規則網格計算，網格解析度在經緯度方向均為一弧分（= 1 哩），引用之開放邊界條件為八個分潮之資料為基礎設定，計算之工具將具備最低潮位面水深計算功能與計算成果輸出功能。以下為潮汐模式之相關項目說明：

(1) 模式介紹

本專案採用之潮汐模式，對於不可壓縮流體的基本水動力方程式可分為兩個部分，動量方程式 (momentum equation) 及連續方程式 (continuity equation)，如下：

➤ momentum equation：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_t \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right]$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_t \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_t \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right]$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_t \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_t \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right]$$

➤ continuity equation：

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

由於潮汐運動為海水表面重力波傳遞的現象，水層間的垂直循環並不會嚴重影響水位的計算，故本專案之潮汐模式以建置二維的水動力模式為主；由於垂直流速原本就比水平流速小很多，因此可以忽略不計，將水層間的流速積分後除以水深則可定義水深平均流速計算如下：

$$\bar{u} = \frac{1}{(h+\zeta)} \int_{-h}^{\zeta} u dz ; \bar{v} = \frac{1}{(h+\zeta)} \int_{-h}^{\zeta} v dz \quad (\text{h 為水深，}\zeta \text{ 為水位變化})$$

故，方程式可改寫如下：

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} = f\bar{v} - g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \alpha_x \left(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho(h+\zeta)} + \frac{\tau_{sx}}{\rho(h+\zeta)}$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = -f\bar{u} - g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \alpha_y \left(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{\tau_{bx}}{\rho(h+\zeta)} + \frac{\tau_{sy}}{\rho(h+\zeta)}$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\bar{u}(h+\zeta)) + \frac{\partial}{\partial y} (\bar{v}(h+\zeta)) = 0$$

底層摩擦產生之剪力可表示為：

$$\tau_{bx} = \rho k \bar{u} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}, \quad \tau_{by} = \rho k \bar{v} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2} \quad (\text{k 為底床摩擦係數})$$

風於表層產生之剪力可表示為：

$$\tau_{sx} = C_D \rho_a W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}, \quad \tau_{sy} = C_D \rho_a W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

在實際計算時，網格格點是以經緯度來表示，所以需將卡氏坐標轉換成球面坐標，如此可將方程式改寫如下：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial u}{\partial \chi} + \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial \phi} - \frac{uv \tan \phi}{R} - v(2\omega \sin \phi) = -\frac{g}{R \cos \phi} \frac{\partial \zeta}{\partial \chi} - \frac{1}{\rho R \cos \phi} \frac{\partial p_a}{\partial \chi} - \frac{\tau_{bx} - \tau_{sx}}{\rho(h + \zeta)}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial v}{\partial \chi} + \frac{v}{R} \frac{\partial v}{\partial \phi} - \frac{u^2 \tan \phi}{R} + u(2\omega \sin \phi) = -\frac{g}{R} \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} - \frac{1}{\rho R} \frac{\partial p_a}{\partial \phi} - \frac{\tau_{by} - \tau_{sy}}{\rho(h + \zeta)}$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial}{\partial \chi} (u(h + \zeta)) + \frac{\partial}{\partial \phi} ((h + \zeta)v \cos \phi) \right) = 0$$

以上三式便是二維暴潮水位預報模式的基本控制方程式，表 3-1 為模式所示用的變數及參數。模式網格分配採用 Arakawa C 方式分佈，即水位與流速交錯分佈，如圖 3-4 所示。

表 3-1 潮汐模式使用之變數及參數表

ν_t	垂直渦流 (eddy) 黏滯係數
ρ	水體密度 (kg/m^3)
F	科氏力
G	重力加速度 (m/s^2)
u、v、w	x、y 及 z 方向流速 (m/s)
H	水深 (m)
ζ	水位變化 (m)
T	時間
p_a	大氣壓力 (N/m^2)
τ_{bx}, τ_{by}	底床摩擦產生之剪力
τ_{sx}, τ_{sy}	風於表層產生之剪力
α_x, α_y	水平擴散係數
C_D	風驅係數
ρ_a	空氣密度 (kg/m^3)
W_x, W_y	x 及 y 方向風速 (m/s)
n	時間步
i, j	x 方向及 y 方向網格指標
adv_v	速度 v 之對流擴散項
adv_u	速度 u 之對流擴散項

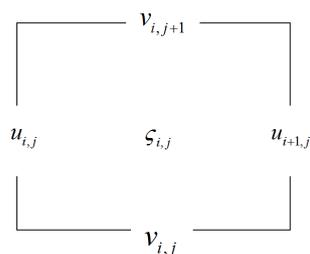


圖 3-4 Arakawa C 格點分佈圖

(2) 模式設定

本專案之模式以經緯度方向均為一弧分 (= 1 哩) 的網格解析度下進行模擬，模擬之範圍為臺灣海域基本圖測量作業範圍，東經 117 度到 123 度，北緯 21 度到 26 度，以期完整解析臺灣附近海域的地形。

利用模式進行潮汐推算時，主要動力為邊界水位之變化，因此必須取得模式計算範圍邊界的實測水位值。然而當邊界區域至於大洋深海或是無法取得實測水位資料時，便可利用另一較大範圍模式的計算結果做為邊界。Egbert et al. (1994) 以全球環流模式進行潮位與海流的模擬，其模式邊界使用全球天文潮模式計算結果並以 T/P 衛星測高系統進行同化。因此，本專案為了解決邊界實測資料難以取得的困難，採用全球天文潮模式計算結果，並在模式的邊界輸入以 8 個分潮的振幅及相位為基礎設定，包含四個全日潮 (Q1、O1、P1、K1) 及四個半日潮 (N2、M2、S2、K2)。

(3) 展示及查詢之介面

模式計算完成，將結果進行分析，則可得到各個網格點的最低潮位面資料，由於此資料數量相當龐大，因此需要透過展示及查詢介面工具讓使用者可經由簡單的輸入當地的經緯度位置，進而查詢到此位置的最低潮位面資訊。此展示介面工具由兩種方式建立，一為透過網頁呈現；另一方式為開發單機工具。以下就兩種方式差異性進行說明。

第一種方式為透過互動式網頁與資料庫連結的查詢最低潮位資訊網頁進行查詢，運作流程如圖 3-5 所示，好處為使用者不需取得相關程式，也不需要考慮電腦使用平台或容量，只需要透過可上網的裝置如個人電腦、智慧型手機、筆記型電腦等，利用瀏覽器與資料主機連結，輸入查詢所需要的資訊，即可查詢到當地的最低潮位面；在管理人員方面，管理者透過資料庫系統管理相關資訊相當方便，僅需進行主機端的資料更新與維護，便可讓使用者查詢到最新資訊。而資料庫系統除了管理方面，另一特性為安全性高，使用者在網頁上使用或查尋相關資料時，資料庫可根據權

限予以使用者相對功能，而不會輕易讓使用者接觸進而修改資料庫中資料。使用網頁查詢介面缺點為若使用者的裝置無法連上主機端，便無法使用此查詢功能。

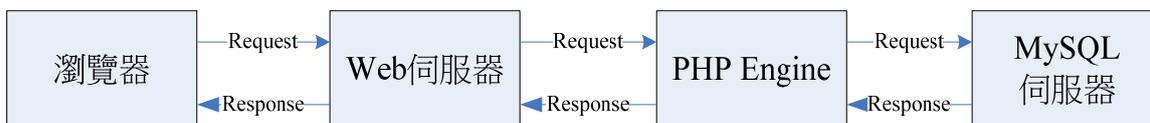


圖 3-5 查詢介面之運作流程示意圖

第二種方式為透過可開發圖形介面的程式語言，如 Java、C++、VB 等，開發單機版程式，直接將資料整合為一種應用程式，使用者下載相關執行檔至自己的電腦執行，透過開發者設計的使用者介面進行查詢，好處為使用者不需連上網路，隨時可在自己的電腦進行查詢，得到所需位置的最低潮位面資料。缺點則為執行程式需考慮使用者使用的電腦平台以及硬碟空間，而使用者若需得到最新版程式資訊，則必須重新下載程式進行更新，對於一般大眾使用的便利性較低。在管理方面，程式開發需考慮電腦平台通用性，讓各種平台的使用者都可使用，因此可能需要開發多種版本的程式提共使用者選擇。目前利用 .NET 程式語言進行開發，其優點僅需要於主機安裝簡單的執行環境，便可於主流主機平台執行。本團隊將於計畫執行期間進行相關開發測試及評估，以得到讓使用者最方便使用的查詢工具。

(4) 執行步驟

本專案將利用所蒐集之資料，依據國土測繪中心提供之潮位站潮位資料，首先將所得之原始資料檔案進行備份，並對資料展開偵錯品管的動作，經篩選處理後，再選用各分析方法，如調和分析或其他分析方法，進行程式之撰寫，以便進行臺灣沿岸潮位站長期記錄資料計算與分析，包含潮位站之最低潮位、平均低潮位、平均潮位、平均高潮位及最高高潮位，並分析臺灣海域潮汐之特性。

除了上述之潮位站長期資料分析，將以數值模式推算 2009 年之潮位，

並根據測站之實測資料進行校驗。利用此校驗結果推算 1976 至 1996 年(共 20 年)之潮位資料，擷取模式每個網格點的結果，即每涅格點位置之最低天文潮位，進行低潮位面推算工具之開發，並製作為可供查詢之系統介面，以供後續使用者應用。整體工作流程如圖 3-6 所示。

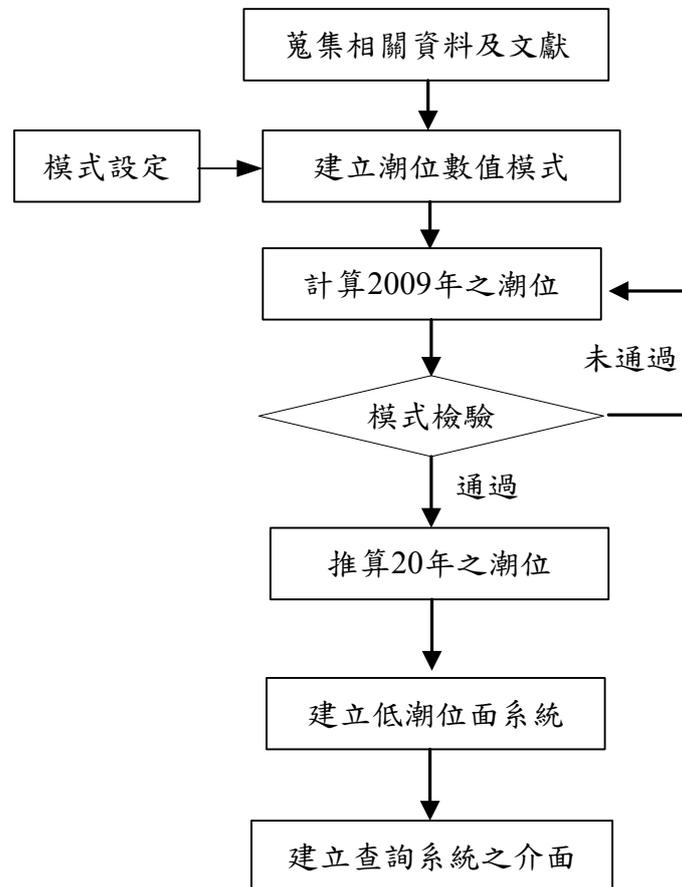


圖 3-6 開發最低潮位面計算工具之流程圖

三、成果交付

本案作業期限為決標次日起 240 個日曆天(99/12/31)，共分 2 階段辦理，於各階段工作完成後應將成果整理彙編，並送交內政部國土測繪中心核校及保管，提交之報告與圖說以中文編纂，單位以公制為原則，各階段成果繳交項目及日期如下：

- (一) 第 1 階段作業應於決標次日起 150 個日曆天(99/10/2)內交付第 1 階段成果：海域基本圖測量作業手冊初稿與期中報告書各 15 份(各含 word 格式電子檔 1 式 2 份)，並配合本國土測繪中心進行期中報告審查。期中報告書內容應包含需求訪談、海洋測繪技術與成果管理文件彙整分析、

海域基本圖測量作業手冊研擬情形及海洋測繪訊息交流平台規劃等內容；章節則應包含前言、作業期程、作業內容及方法、使用儀器及設備、作業執行與成果、未來工作規劃、結論與建議、其他相關資料及附件（可燒錄於光碟附於期中報告書內）。

(二) 第 2 階段作業於決標次日起 240 個日曆天(99/12/31)內交付下列成果：

1. 海域基本圖測量作業手冊 15 份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份）。
2. 最低潮位面計算工具 1 式。
3. 投稿文件 15 份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份）。
4. 工作總報告書：工作總報告書應繳交 15 份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份），並配合國土測繪中心進行工作總報告書審查，工作總報告書內容應整合期中報告書並加入海域基本圖測量作業手冊研擬情形、開發最低潮位面計算工具辦理情形及投稿文件摘要；章節則應包含前言、作業期程、作業內容及方法、使用儀器及設備、作業執行與成果、結論與建議、其他相關資料及附件（可燒錄於光碟附於工作總報告書內）。

(三) 各階段工作交付成果表如下：

表 3-2 各階段工作交付成果表

階段	成果繳交項目	單位	數量		繳交日期
			書面	電子檔	
第 1 階段	海域基本圖測量作業手冊初稿	份	15	2	於決標次日起 150 個日曆天內繳交。
	期中報告書	份	15	2	
第 2 階段	海域基本圖測量作業手冊。	份	15	2	於決標次日起 240 個日曆天內繳交。
	最低潮位面計算工具	式	-	1	
	投稿文件	份	15	2	
	工作總報告書	份	15	2	

(四) 各階段繳交之期中報告書、工作總報告書均為初稿，需再配合國土測繪中心審查意見辦理修正，期中報告書修正本數量為 3 份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份），工作總報告書修正本為 5 份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份），提交之期中報告書、工作總報告書格式採 A4 雙面列印（含書背）。各階段所繳成果需經國土測繪中心審查通過方視為審查合格。

肆、使用儀器及設備

(一) 電腦軟硬體

為求圓滿達成專案與確保專案品質，本公司針對本案之相關工作採用之電腦硬體及軟體列表如表 4-1 與表 4-2 所示，茲說明如下：

1. 伺服器(6 部)：含硬碟陣列，主要是提供大型資料存放的空間，並具備恆溫、備份、版本控管之機能。能讓客戶之資料於執行期，獲得完善之保存，降低資料流失及管控失當造成資料錯亂之情事發生。
2. 桌上型電腦(14 部)：主要提供本案作業執行之電腦設備。
3. GIS 桌上作業軟體：為本公司用於本案海圖圖徵及排版設計之作業平台。
4. 數值圖軟體：為本案執行潮位資料計算分析之軟體。
5. 潮位資料處理語言程式：為本案開發最低潮位面計算工具之作業平台。
6. 海測資料處理軟體：本案以 IVS 3D Fledermaus 及 CARIS HIPS and SIPS 作為海測資料處理軟體，可有助於瞭解將海測資料內業處理、繪製三維地形資料與後續分析、展示之程序，以利本案相關技術內容撰寫。

表 4-1 支援本案之硬體設備表

項次	設備名稱	本公司配置設備	數量
001	伺服器電腦	華碩 RS120-E5/PA4 機架伺服器 Windows Server™ 2008	2 台
002	伺服器電腦	華碩 RS100-E4/PI2 機架伺服器 Windows Server™ 2003	1 台
003	伺服器電腦	HP ProLiant DL180 伺服器 Windows Server™ 2003	1 台
004	伺服器電腦	自行組裝伺服器 Windows Server™ 2003	2 台
006	SATA 硬碟陣列	普樺(Proware) SB-2803SA	3 台
007	個人電腦	一般 Microsoft® Windows XP 電腦	14 台

表 4-2 資料處理與計算軟體表

項次	設備名稱	配置設備	數量
001	資料庫伺服軟體	Microsoft® SQL Server 2005	1 套
002	GIS 函數庫發展軟體	ESRI ArcGIS Engine Developer Kit 9.3	1 套
003	GIS 桌上作業軟體	ESRI ArcGIS ArcView 9.3	3 套
004	程式開發編譯器	Visual Studio 2008	1 套
005	數值圖軟體	Ferret、Matlab	1 套
006	潮位資料處理語言程式	Fortran 77	1 套
007	海測資料處理軟體	IVS 3D Fledermaus	1 套
008	海測資料處理軟體	CARIS HIPS and SIPS	1 套

(二) 海測設備

本案專業顧問趙尊憲先生與協力廠商銓日儀企業有限公司，於本案執行期間可提供銓日儀企業有限公司相關海測軟硬體技術諮詢與服務，以利本案掌握目前海測作業標準程序與海測設備之發展脈動：

1. 龍王子壹號工程載具：40 噸的龍王子壹號，如圖 4-1 所示。龍王子壹號長 18.89M、寬 4.57M，是完全為水下探測所設計建造的測量船載具，可靈活搭配不同儀器的海上載台，目前船上配備世界上一流的海測及慣性導航整合系統設備。



圖 4-1 龍王子壹號測量船載具圖

2. 淺海多音束測深儀：如 Kongsberg EM-3002 淺海多音束測深儀。

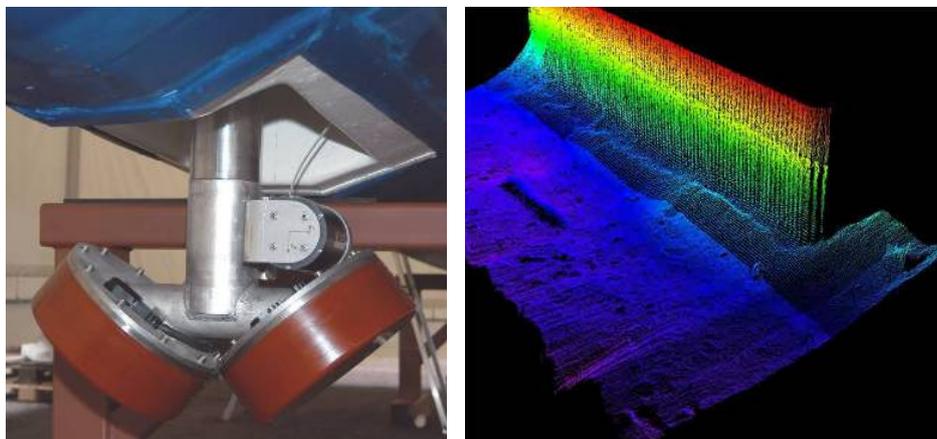


圖 4-2 EM-3002 淺海多音束測深儀與施測成果示意圖(©Kongsberg)

3. 海床底質調查設備：如 EdgeTech 4200 側掃聲納系列。

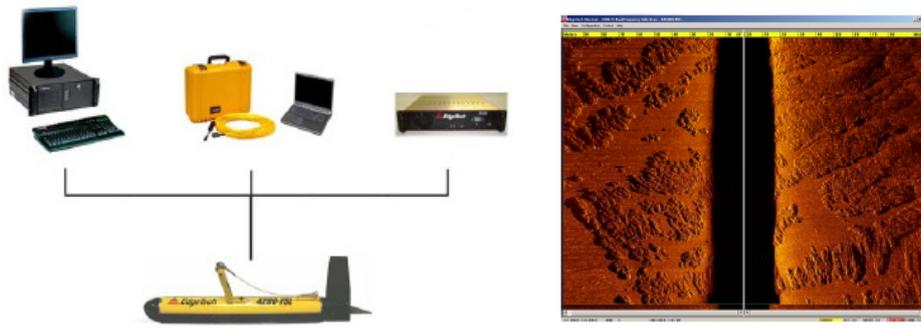


圖 4-3 EdgeTech 4200 側掃聲納組成裝置與成像示意圖

4. 水中聲速剖面儀：如採環鳴法之 Applied Microsystems 水中聲速剖面儀。



圖 4-4 Applied Microsystems 水中聲速剖面儀圖(©AML Oceanographic)

5. 潮位儀：如 Sea Bird SBE 26plus 潮位儀



圖 4-5 Sea Bird SBE 26plus 潮位儀圖(©Sea-Bird Electronics)

6. 慣性導航系統：如內置 IMU(Inertial Measurement Unit)之 POS MV 320。



圖 4-6 POS MV 320 GPS 慣性導航系統圖(©Applanix)

伍、作業執行與成果

一、需求訪談

依據本案契約書工作項目與時程要求，本公司於 99 年 5 月 17 日至國土測繪中心進行需求訪談作業，並於 99 年 5 月 26 日將該需求訪談紀錄送至中心確認。圖 5-1 為會議簽到簿掃描檔，表 5-1 為需求訪談紀錄表。

內政部國土測繪中心

99 年度「水深測量技術發展先期研究」

會議簽到簿

- 一、時間：99 年 5 月 17 日(星期一) 下午 2 時 00 分。
- 二、地點：內政部國土測繪中心地形及海洋測量課。
- 三、出席人員：

捷連科技有限公司	內政部國土測繪中心
李正義	米杏婷
于嘉敏	陳韜敏
林偉昌	蔡季欣
林嘉勳	楊枝子
陳韻如	譚李文
卓恩玲	傅秉綱

圖 5-1 需求訪談會議簽到簿掃描圖

表 5-1 需求訪談紀錄表

內政部國土測繪中心 99 年度「水深測量技術發展先期研究」案
 需求訪談紀錄

訪談名稱：需求訪談	頁次：4
訪談機關：內政部國土測繪中心 訪談對象：朱簡任技正杏修、蔡技正季欣、陳技正鶴欽、楊課員枝安、傅技士秉綱、謝技士東發	訪談時間： 99 年 5 月 17 日下午 2 時 00 分 訪談地點： 內政部國土測繪中心地形及海洋測量課
參考資料：本案規格書、本公司服務建議書	
訪談機關提供相關文件及表單：無	
<p>本次需求訪談係依據內政部國土測繪中心 99 年度「水深測量技術發展先期研究」(案號 NLSC-99-12) 契約書工作項目辦理。</p> <p>工作項目：海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析</p> <p>捷連科技公司：</p> <ol style="list-style-type: none"> 請提供「現行海域基本圖測量作業方法」資料，以便進行海域基本圖作業方法改善建議研擬參考。 <p>國土測繪中心：</p> <ol style="list-style-type: none"> 「現行海域基本圖測量作業方法」於本日需求訪談會後提供。 海洋測繪技術文件蒐集不限儀器設備、系統或測繪方法，主要是能提供未來辦理海域基本圖測繪作業方法參考與改善建議。 本工作需蒐集國際電子海圖基準與基準計算相關資料，資料需包含各基準潮位面之定義，避免因定義不同產生認知差異。 	

工作項目：研擬海域基本圖測量作業手冊。

捷連科技公司：

1. 請提供內政部「領海及鄰接區海域基本圖測量規範草案」、貴中心 96 年度「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」需求規格等資料，以供研擬海域基本圖測量作業手冊參考。
2. 是否可提供海域基本圖樣張、圖層、圖例等資料，以便進行海域基本圖及資料庫製作規劃設計。
3. 海域基本圖測量作業手冊格式與內容，貴中心是否有相關要求？
4. 召開專家會議地點、邀請對象、會議時間與議程，貴中心是否有相關要求？

國土測繪中心：

1. 內政部「領海及鄰接區海域基本圖測量規範草案」、本中心 96 年度「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」需求規格等資料於本日需求訪談會後提供。
2. 海域基本圖樣張、圖層、圖例等資料，於本日需求訪談會後提供。
3. 海域基本圖測量作業手冊格式可參考本中心一千分之一地形圖作業手冊（於本日需求訪談會後提供），作業手冊內容請依契約書規定項目，並參考上開地形圖作業手冊辦理。
4. 專家會議以在本中心召開為原則，惟因本中心場地使用限制或考量專家學者出席便利性，亦可擇其他合適地點辦理。另請捷連公司先行草擬專家會議邀請之專家學者名單後，再與本中心討論。第 1 次專家會議依合約規定須於 9 月 2 日前召開，如會議相關作業已準備完竣，建議可提前於 8 月份召開。有關專家會議各項細節問題，請捷連公司先研擬會議相關作業規劃，再與本中心討論。

工作項目：規劃海洋測繪訊息交流平台。

捷連科技公司：

1. 請確認海洋測繪訊息交流平台之作業環境。
2. 請確認國內海洋測繪資訊調查工作之調查對象與訪談對象。

國土測繪中心：

1. 海洋測繪訊息交流平台之作業環境以本中心之資訊環境進行規劃設計。
2. 問卷調查之發送對象請依契約書要求辦理，並將海軍大氣海洋局與業界納入；訪談對象將視問卷回收情形，選擇合適對象辦理。
3. 契約書調查對象(3)內政部營建署及所屬風景區管理處，修正為內政部營建署及所屬國家公園管理處。

工作項目：開發最低潮位面計算工具。

捷連科技公司：

1. 請提供「潮位資料計算分析程式」、「潮位資料」與「水深資料」，供辦理潮未資料計算分析。

國土測繪中心：

1. 「潮位資料計算分析程式」於本日需求訪談會後提供；另有關「潮位資料」與「水深資料」請捷連公司發文申請，本中心依相關規定提供。
2. 本案所提供之潮位資料除以本中心提供之「潮位資料計算分析程式」計算外，另請于嘉順教授研究團隊以自行開發之程式計算，並進行比較分析。
3. 基於本中心相關業務需要，請研究團隊協助優先計算離島潮位資料。
4. 本項工作需建議可供建立深度基準參考之潮位站，所建議之潮位站不受限於現有潮位站，內容請加入潮位站設立、維護、資料處理等經費估算資料。

工作項目：投稿文件與工作總報告書。

國土測繪中心：

1. 本研究需撰寫投稿文件，國內外期刊至少 1 篇、研討會論文至少 1 篇，國內有關海洋工程領域期刊包括港灣工程、海下技術、海洋工程…等期刊，請捷連團隊依據投稿文件屬性，妥為規劃投稿對象。

其他：有關本公司承諾事項

捷連科技公司：

1. 本公司可安排 貴中心前往銓日儀公司參訪海測船。
2. 本公司於本案加入測試區（墾丁海域）驗證工作，藉由實地之海測作業，取其經驗納入海域基本圖測量作業手冊中，藉以讓作業手冊能與實際作業情形較接合。

國土測繪中心：

1. 中心未來如規劃參訪海測船，再請捷連公司安排。
2. 請捷連公司提供測試區驗證工作詳細時程規劃，以供本中心辦理本案業務查核時納入考量。

二、海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析

(一) 先進水深測量技術及系統資訊文獻蒐集分析

在海洋工程中，海洋地形測量佔有舉足輕重之地位，特別是近海水深。海岸地形的變化、航海航道的規劃與安全、海堤、橋樑基礎的水深及地形監測，海岸遊憩設施以及港口建設的規劃等，均需詳細且週期性的量測，以掌握正確的資訊。目前取得近海水深資料時，多採用測深船進行量測，除成本高昂外，位於海陸交界的近岸礁區或潮間帶地區，受限於水域之水深、礁區航安問題，導致無法進入或船隻容易擱淺，而空載雷達測深儀(Light Detection And Ranging, LIDAR)則受限於水質透視度、近岸碎浪對於訊號衰減破壞問題，使得海域資料難以全面取得。

為了解國外海洋測繪技術發展，同時尋求適合近岸區域之水深測量技術，本案蒐集國內外相關文件進行分析，並依技術類別逐項說明如下：

1. 氣墊船載測深系統 BEASAC

就一般測量船進行水深測量之作業型態而言，其水下探測裝備皆安裝在船底，故當測量船行駛至淺水區時，船體底下的儀器便可能與底床接觸，造成損壞，故在近海潮間帶與碎波帶區域施行測量作業時，一般測船便無法適用，進而造成測量作業無法進行之困境。此時，氣墊測量船的使用，將因其可在淺海及近岸海域自由行動的特性，有效進行較廣水域之水下測量作業，進而擴大水深測量的作業效率。

氣墊測量船的發展歷史始自 1980 年代，當時因比利時 FNRS 科學研究基金會 (Fonds National De La Recherche Scientifique,)，在北海附近的 Zeebrugge 港口進行海底探測作業過程中，遭遇沿海地區地形變化快速的障礙導致調查時間過長。因此 EuroSense 公司即開始發展一套特別設計之氣墊船探測系統，名為 BEASAC (Belfotop Eurosense Acoustic Sounding Air Cushion)，其目的為建立一個能夠快速準確監測海灘和近岸地區的水上調查工具。[Van Twembeke et al., 1989]

其中最先被用來進行測深作業的 BEASAC 測量氣墊船，是一台柴油引擎利用空氣螺旋槳驅動的氣墊船，其優點為移動速度快（大於 20 節），操控性佳利於迴轉，海陸皆可適用。隨後，EuroSense 公司透過在沿海地區所進行之公共建設工程，不斷加以改進[Houthuys et al., 1994] [De Moor, 2002]。目前仍然持續使用的 BEASAC IV 和 BEASAC VI（如圖 5-2），即是可在淺水區及潮間帶進行水上作業的二款氣墊測量船。



圖 5-2 BEASAC IV(左)和 BEASAC VI(右)氣墊測量船圖(©EuroSense, 2010)

有關 BEASAC 緣起與實務應用演進等項目，所蒐集之文獻與摘要詳見表 5-2。

表 5-2 BEASAC 相關文獻表

文獻	摘要	要點
Twembeke, U. Van, A. Muls, G. W. Hein, H. Landau, G. Baustert, K. Hehl, (1989) "Precise differential kinematic positioning for hydrographic surveying tasks," <i>Marine Geodesy</i> , 13, 253-276.	1988 年，比利時法語科學研究基金會(Fonds National De La Recherche Scientifique, FNRS)在比利時澤布呂赫港口(Zeebrugge Port)進行精密動態 GPS 海洋定位，當時採用傳統的無線電測深船隻定位系統進行海底探測，卻因沿海地區之地形變化因素，造成測量成本過高之障礙。因此，採用歐洲遙測公司 EuroSense 於 1983 年發展出來的 BEASAC(Belfotop Eurosense Acoustic Sounding Air Cushion)進行探測，減少時間與人力之耗損，並建立一個能夠快速準確地監測海灘和近岸地區的調查系統。	BEASAC 緣起

文獻	摘要	要點
Houthuys, R., A. Trentesaux and P. De Wolf (1994) "Storm influences on a tidal snadbank's surface (Middelkerke Bank, southern North Sea)," <i>Marine Geology</i> 121, 23-41.	本文著重在 Flemsih 的 Middelkerke bank 在暴風雨期間沙丘的地形變化，故採用了 BEASAC [®] III 進行暴風雨前和暴風雨後進行近岸測深調查，顯示六條主要測線上之水深變化。在此文獻中同時對風向、風速、波浪高與週期等因素整合探討，並製作侵蝕區、穩定區與堆積區之分類。	單音束測深與沙丘變遷偵測。
De Moor, Guy (2002) "Evaluation of sea-floor sediment dynamics in the Flemish Banks (southern North Sea) between 1985 and 1995," <i>Géomorphologie: relief, processus, environnement</i> 2, 179-194. (French)	本研究主要目的為評估與繪製陸緣海底高程動態的變化，特別是海岸上的沙丘，因此利用測深儀、水文圖與沿著固定軌跡測深的地形剖面評估其變動狀況。由於本研究著重於海岸地形形態的準確性，尤其是海拔變化上的趨勢，故提出收集相關數據的技術及處理數據的方法。並使用疊加及序列形式資料可幫助研究員更詳細了解沙丘的位移情況，如侵淤、沙丘兩側的發展與退縮等。本研究以 1985 年至 1995 年應用於北海南邊 Flemish Bank 的作業情況為例，其中技術包含自 90 年代發展的多音束測深儀、當地的立體模式地圖及衛星影像圖，同時針對側掃聲納對剖面測深與超音波回聲進行討論。	搭載多音束測深儀，並配合多項探測系統整合應用。

綜合上述文獻內容，以氣墊船作為載具，可滿足較近岸處船行的安全條件，例如進入近岸區域對船體停止與轉向上較一般船舶容易。發展此系統之公司 EuroSense 長久以來均持續就船體載具上持續精進，依其官方網站關於測量船訊息網頁 (<http://www.eurosense.com/default.aspx?catid=38>)，除音束測深系統，側掃聲納、地球物理和地質技術調查均有持續發展，近年將各式設備模組化整合，發展出吃水極淺之多功能便捷測量船 EB2 (如圖 5-3 所示)。而 EuroSense 公司之感測器部分軟硬體整合亦十分成熟，已含單音束、多音束測深與回波強度分析、側掃聲納成像、底質分析與光達測深之整合。



圖 5-3 整合測深系統與地球物理調查之測量船 EB2 圖(©EuroSense, 2010)

2. 單人船載系統 PWC (Personal Watercraft)

就各類水深測量載具而言，近灘地帶（如衝浪區）最具輕便性與移動效率的水上工具，即係將作業相關之音束測深儀、GPS、個人電腦等設備，裝置在水上摩托車（wave runner）所改裝之個人水上載台 PWC，表 5-3 為 PWC 參考文獻。

表 5-3 PWC 參考文獻表

文獻	摘要	要點
MacMahan, J. (2001), Hydrographic Surveying from Personal Watercraft, Journal of Surveying Engineering, Vol. 172, No. 1, pp. 12-23.	本研究於 Myrtle 海灘進行一週期 3 天的剖面試驗測量，經實作成果與多音束成果比對，顯示除可對抗近灘區域的艱難作業環境外，亦可提供 6 cm 檢核精度之水深測量成果。	PWC 的實作案例，並提供各儀器配置說明。
曾宏斌(2009)，移動載具應用於水深測量之精度分析，國立臺灣海洋大學河海工程學系，碩士論文	本研究係應用水上摩托車搭載單音束測深儀進行水深地形測量，是其在操控上的機動性、相對於使用船筏進行水深測量的成本低及吃水深度較淺等理由。本研究以測深桿搭配全測站經緯儀(Total Station)於國立臺灣海洋大學小艇碼頭規劃測區內(100m 45m)進行水深測量，測得之數據建構為基準地形，再使用水上摩托車搭載單音束測深儀及 DGPS 定位於相同測區內以規劃的航行速度(3 節、4 節、6 節)進行水深測量，並做為驗證地形。 經由基準地形與驗證地形比對並計算其測深誤差，進行精度分析。經分析顯示，水上摩托車航行速度為 3 節，其誤差小於 0.194 公尺；航行速度為 4 節，其誤差小於 0.366 公尺，均符合 IHO 一等規範，但是當航行速度為 6 節時，測深過程會產生雜訊與系統延遲，因此為維持良好的測深品質，建議應將水上摩托車航行速度控制在 4 節以下。並進一步探討影響測深精度的原因，發現航行速度與環境因素為本實驗最大的影響因子，航行速度過快易造成雜訊或者導致音鼓沒水深度不夠無法進行測量等缺點。	國內近年實作案例，航行速度與環境因素為最大的影響因子。

MacMahan, J 之 PWC 整合示意如圖 5-4 所示，基本上含 GPS 定位、個人電腦設備、聲速剖面儀與供電設備。於圖 5-5 系統設置位置中，圖中 A 代表載體、B 代表 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiling)聲速剖面儀、C 處座椅之下則有一防水空間安置 GPS 定位設備、單音束測深儀與即時運

作之電腦設備、D 代表 GPS 天線部分、E 與 F 則為外螢幕與防水箱設備。

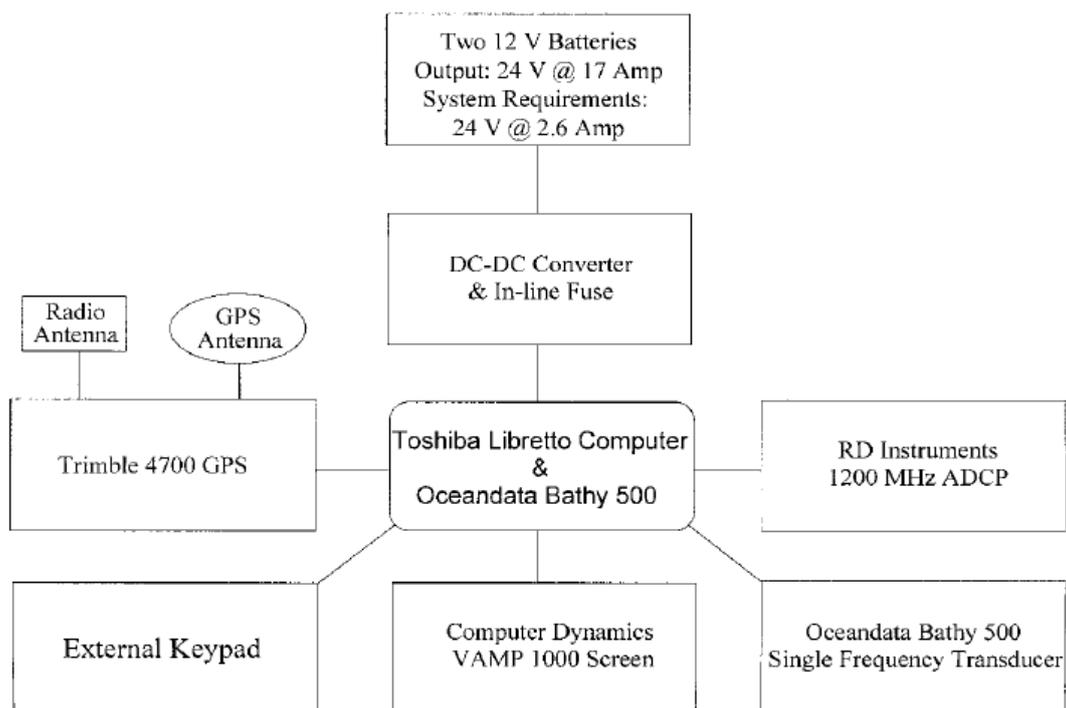


圖 5-4 PWC 系統硬體整合圖 (MacMahan,2001)



圖 5-5 PWC 系統設置示意圖 (MacMahan,2001)

而經由 MacMahan 對水上摩托車之改裝試行成功後，單人測船的概念也被部分廠商重視而進一步開發，如 PWSS (Personal Watercraft Surveying System) 的發展 (如圖 5-6)，除基本 GPS 定位設備外，內置運動補償設備更可提升資料品質。綜言之，以水上摩托車搭配模組化之定位設備、音束測深設備以及聲速修正設備，可提供近岸極淺水域一有效測量方法，且建置成本較低，未來也可能提供其他測量應用需求 (如海底地質相關探測)。



圖 5-6 Planet Ocean Ltd 開發之 PWSS 圖(© 2005 Planet Ocean Ltd)

於國內最近之相關應用研究為曾宏斌之「移動載具應用於水深測量之精度分析」，透過單音束測深儀與 DGPS 定位設備，於碼頭試驗區試驗不同船速下之之測深精度，其採用設備如圖 5-7 所示。經分析發現，水上摩托車航行速度為 3 節，其誤差小於 0.194 公尺；航行速度為 4 節，其誤差小於 0.366 公尺，航行速度與環境因素為本實驗最大的影響因子，航行速度過快易造成雜訊或者導致音鼓沒水深度不夠無法進行測量等缺點，但原則上國內自行改裝水上摩托車所獲得測深成果已符合一般海測需求。



工作電腦與 DGPS 安置



底部鑽洞後安置單音束測深儀

圖 5-7 改裝水上摩托車示意圖(曾宏斌，2009)

3. 雷射波轉換為聲波之整合系統 OAURS

在近年水深測量發展過程中，聲納與光達為兩種各具優勢之技術，然而聲納技術基於音鼓發出音束的方式，受限於音鼓必須在水面之下，如以船載方式於近岸礁區易生危險；而光達技術則不利於混濁水體下作業。為解決此一問題，CSIRO(Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization，為澳洲官方研究機構，專職各項科學技術與產業整合之研究)正在發展一種光能脈衝波轉化為水面振動波之技術 OAURS(Opto-acoustic underwater remote sensing)，表 5-4 為參考文獻說明。

表 5-4 OAURS 參考文獻表

文獻	摘要	要點
D. Farrant, J. Burke, L. Dickinson, P. Fairman1, and J. Wendoloski (2010), Opto-acoustic underwater remote sensing (OAURS) an optical sonar?, Oceans' 10 IEEE Sydney,	CSIRO 進行之光能轉換為水下振動研究，震波可造成與光電效應之波譜變化，可藉由不同波譜感應時間差推算水深，可整合光達與聲納之長處。	OAURS 提供一種新式的光達與聲納整合方式

此技術可產生類似「水面上的音鼓」的效果，其運作程序可參見圖 5-8，OAURS 在運作上首先由空載雷射儀發出雷射光，此時先透過一精密之光學干涉儀，將光一分為二，其一立刻反射被系統的光電偵測器感應到，並記錄感應時間與此光源正常光譜，另一束光則射向水體，使光能之能量轉換為音束，經傳遞到海底再返回水面後，此音束將造成水面產生微小波紋，使得持續射向水體的光因水面振動而閃爍(入射角改變時，光的透射率與反射率改變)，此一閃爍的光即可被另一組光電偵測器感應到，並記錄感應時間與異動光譜，若將感應時間差結合聲速計算即可求得水深值，而經過光譜分析可提供環境因子條件。

由於此一技術仍在試驗階段，仍有許多技術性問題須持續精進，如採用雷射光最適宜之波長與頻率測試、雷射光聚焦點在水面上下之成效差異(影響波紋振動程度與閃爍光明亮度)、水面先天擾動雜訊問題以及光電偵測儀數據快速解算分析等問題須克服，且此一作法目前因能量傳遞衰減

限制，僅測試於淺水域（目前於水槽進行試驗為深度 0.4 公尺至 1.635 公尺間），若未來 OAURS 可成功開發與實際測量，將可望同時發揮光達與聲納兩者優勢。

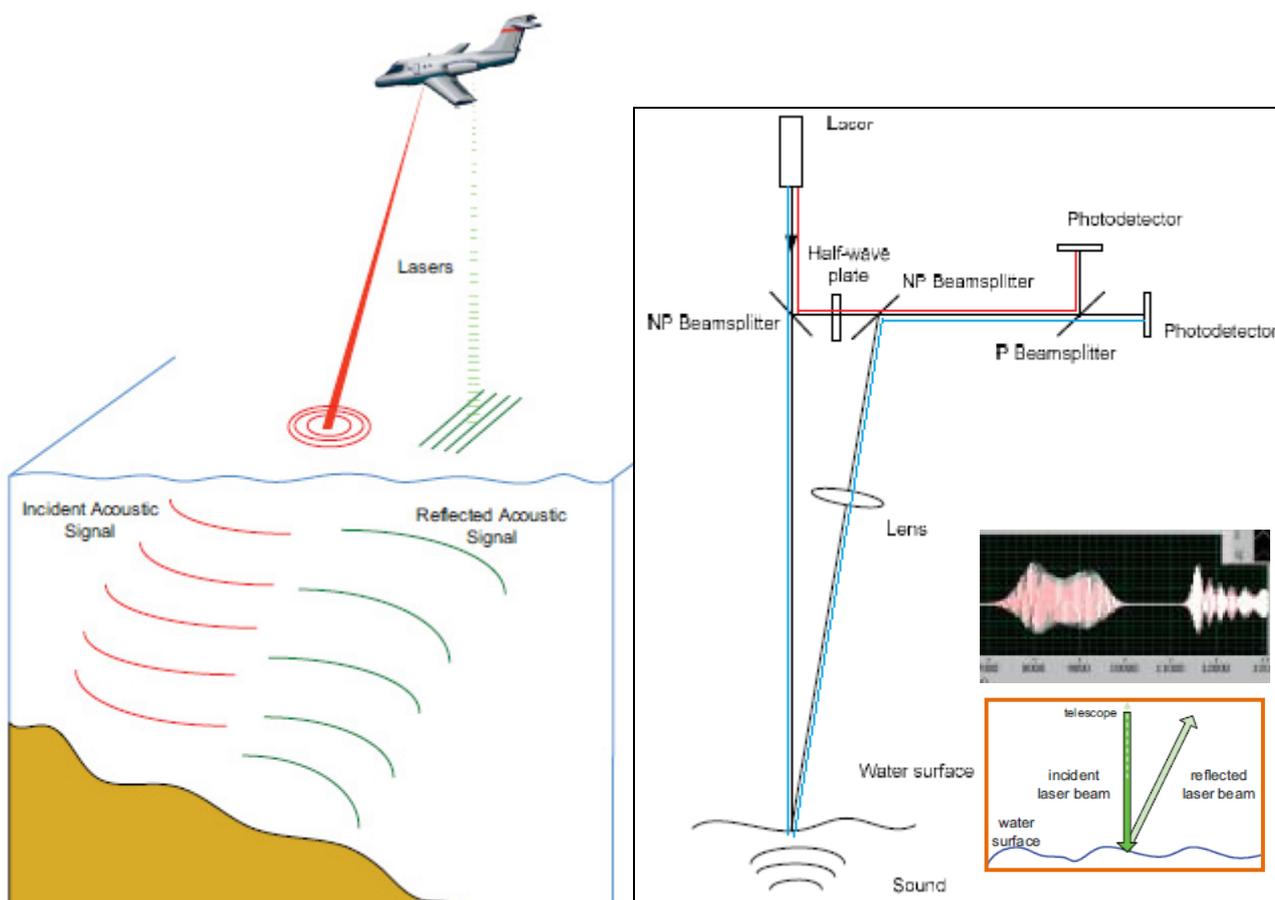


圖 5-8 OAURS 作業示意圖(D. Farrant,2010)

4. 水下載具測量

自 1960 年代開始，即陸續有前蘇聯、美國、加拿大等 10 餘個國家開始使用水下載具來進行廣泛的科學研究工作，其使用時機上多以小範圍水域，如狹窄水道、礁區、淺灘區以及濱岸區海域為主。一般來說，採用水下載具進行水下地形測量工作，與水面船隻所採行的方法大致一樣，只是在水下測量時，需要測定水下載具本身的下沉深度。為此，一般需要使用靜力深度計及向上方向的音束測深儀，而側掃聲納則與水面船隻的使用方法是一樣的，在進行測量時，水下載具的航行坐標採用保護船隻或水下海洋大地控制網來加以確定。表 5-5 為水下載具之參考文獻，David W. Caress 於此第一份文獻中整合多元豐富設備，建構 MBARI AUV D. Allan B. 此一

水下作業機器（全長 5.2 公尺），詳如圖 5-9 所示。

表 5-5 水下載具參考文獻表

文獻	摘要	要點
David W. Caress, Hans Thomas, William J. Kirkwood, Rob McEwen, Richard Henthorn, David A. Clague, Charles K. Paull, and Jenny Paduan (2008), High-Resolution Multibeam, Sidescan, and Subbottom Surveys Using the MBARI AUV D. Allan B., Marine Habitat Mapping Technology for Alaska	利用水下自動或遙控之載具 AUV，配戴多音束測深系統或側掃聲納系統等測深設備，配合水下定位技術，進行水下地形測量的相關技術	多功能海測儀器的整合，更可應用於海底生物棲息地調查部分
Andrey Y. Shcherbina,1 Glen G. Gawarkiewicz, Christopher A. Linder, and Simon R. Thorrold, (2008) Mapping bathymetric and hydrographic features of Glover’s Reef, Belize, with a REMUS autonomous underwater vehicle, Limnol. Oceanogr., 53(5, part 2)	以 AUV 調查加勒比海 Glover 的礁環區水深，並測量分層流況、流速和葉綠素濃度等與當地魚種生長相關因子。評估環礁邊緣生長帶區域。	整合水深、底質、流況、水質之調查，實際應用於生物棲地分析。

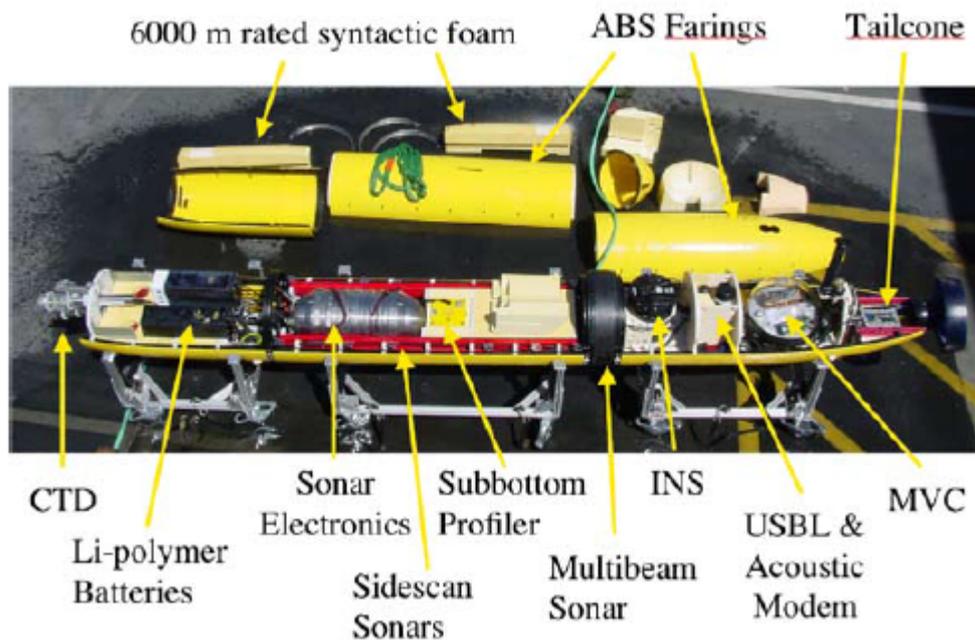


圖 5-9 MBARI AUV D. Allan B.結構示意圖(Caress,2008)

由 MBARI AUV D. Allan B.結構，可知其組成單元含：

- (1) 鹽溫深儀(CTD)
- (2) 鋰聚合物電池(Li-polymer Battery)
- (3) 聲納電路(Sonar Electronics)
- (4) 側掃聲納(Side scan Sonars)
- (5) 海底剖面探測儀(Subbottom Profiling)

- (6) 多音束測深儀(Multibeam Sonar)
- (7) 慣性導航系統(INS)
- (8) 超短基線定位系統(USBL)
- (9) 通訊設備(Acoustic Modem)
- (10) 主要搭載電腦(MVC)
- (11) 推進噴管(Tailcone)
- (12) ABS 材質外殼與泡棉塑料

由上述設備，顯見 AUV 已發展成為一相當精良之多功能海測設備，且具自動化排程功能，可預先規劃好測區內預定測線與檢核線，每段測線應執行的調查項目亦可自由調整，建立出一份給 AUV 去執行調查的腳本，如圖 5-10 所示。經過 David W. Caress 之實際測試，AUV 已被證明能夠有效地收集高解析度的深海測深、側掃收納和底質剖面數據，其利於海底觀測之特性，如自動化的排程探測與可深入特殊地形之特性，除測量用途外也可以使用於深海物種、生物棲息地的調查。

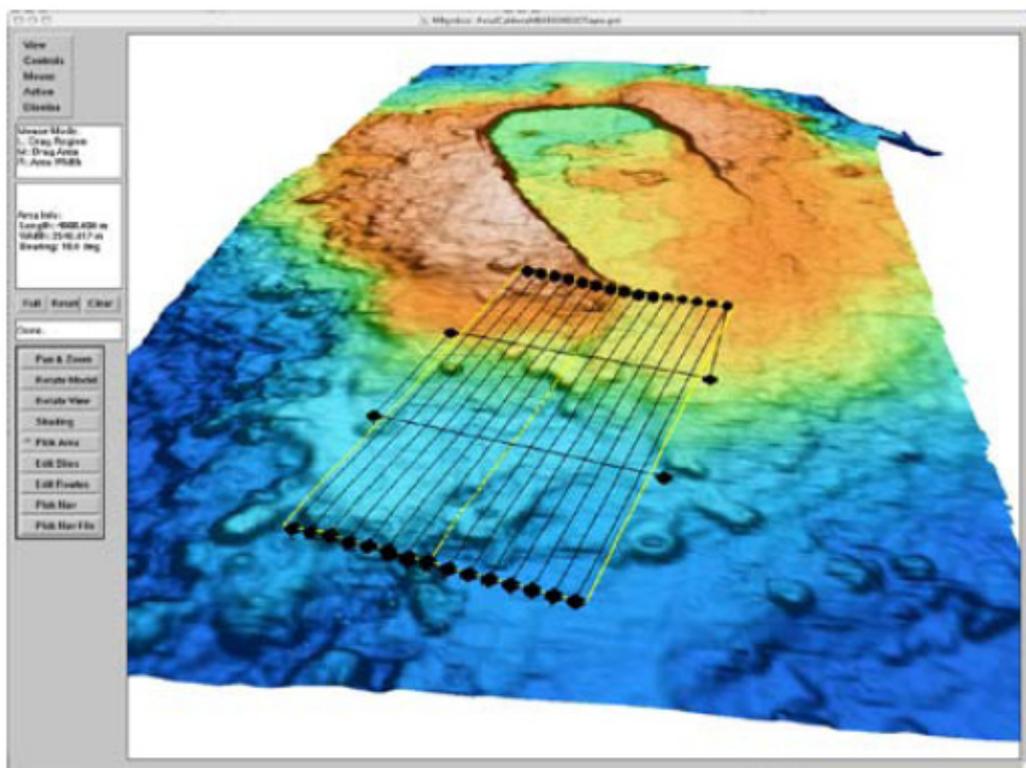


圖 5-10 MBARI AUV 排程規劃圖(Caress,2008)

由於 AUV 是設計作為特殊重要區域的精細調查，如某段海底電纜的檢視調查、海槽細部起伏調查等適合於水下作業之工作，故其先天移動速度較慢，一般不超過船速 4 節，較適用於小區域的多功能調查。就目前研讀文獻之發展趨勢來看，近年 AUV 對於生態調查之應用較多。如表 5-5 第二份文獻 Andrey Y. Shcherbina 即採用更小型(長 1.8m, 適用於水深 < 90m 區域)的 AUV 設備(如圖 5-11)，以其移動靈敏性對一環礁區域規劃多條測線(如圖 5-12)，並於第 1 測區規劃較細部測線(如圖 5-13)。經實測後 AUV 可有效解決極近岸且礁區較危險之水下地形的測量問題，同時獲得具相當完整性環境評估成果，如探討離岸距離、海底平流對生物幼蟲之影響。



圖 5-11 REMUS AUV 圖 (Shcherbina,2008)

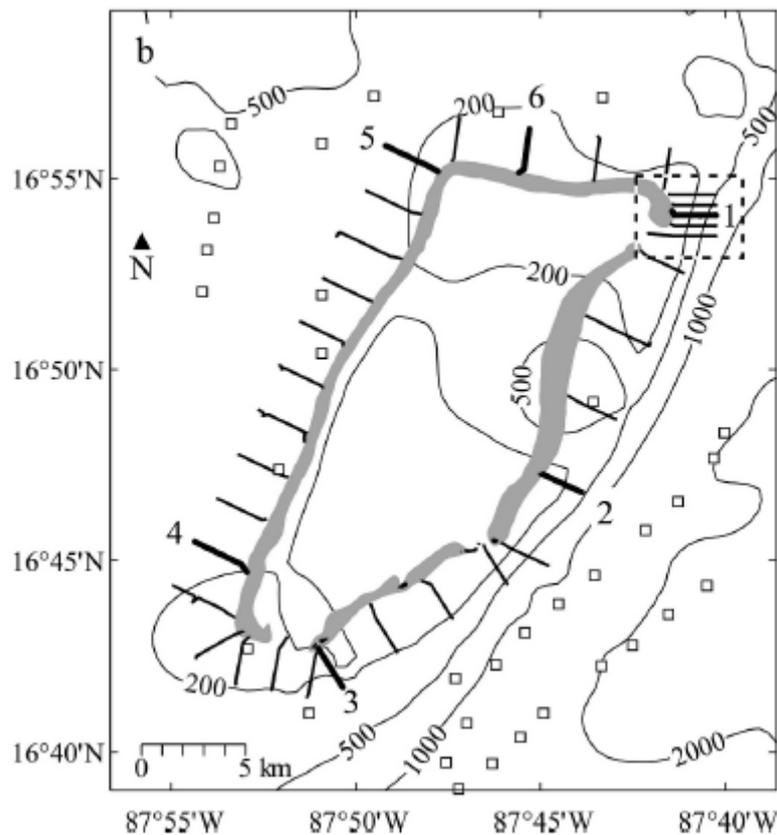


圖 5-12 環礁測區測線規劃圖 (Shcherbina,2008)

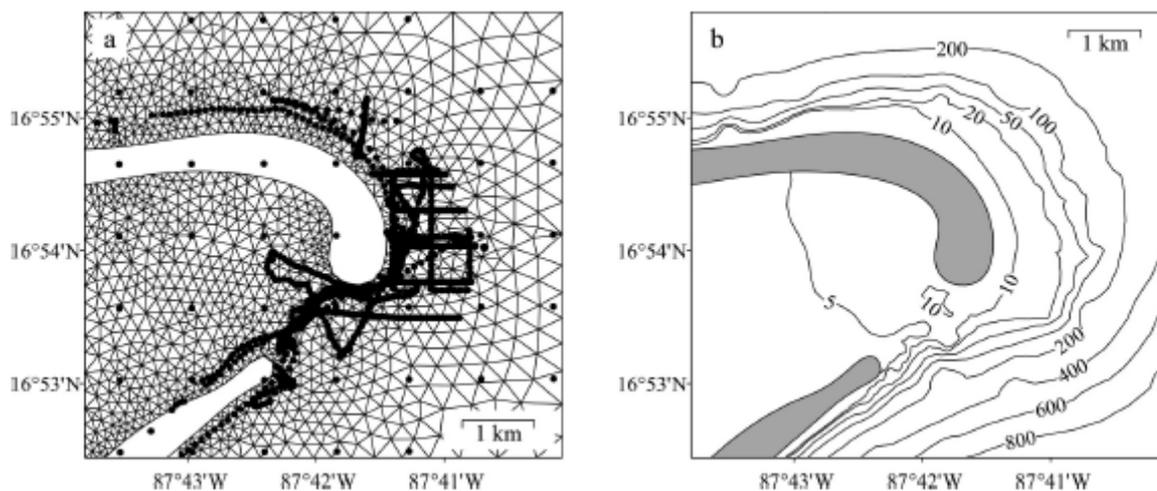


圖 5-13 第 1 測區實際測點與水深示意圖 (Shcherbina,2008)

5. 空載光達相關研究

空載光達(Light Detection And Ranging, LiDAR)是一種現代化的空間測量系統，於 1960 年代末期開始出現，經過多年研發測試後，目前空載光達已進入實用階段[Large and Heritage, 2009]。在測深光達同時發射兩束不同波長的雷射光脈衝射向水面時，紅光在水面被直接反射回，而藍綠光則在穿透海底後被海底反射回，這兩種反射光被接收的時間差，即等於雷射光自海面到海底傳播時間的兩倍。而為於空載光達施作過程同步獲取海洋資訊，近年已有許多與遙感探測光譜整合之應用，如表 5-6 所示。

表 5-6 空載光達與光譜感測整合系統參考文獻表

文獻	摘要	要點
Smith, Rebecca A. ; Irish, Jennifer L. ; Smith, Michael Q.(2000), Airborne Lidar and Airborne Hyperspectral Imagery: A Fusion of Two Proven Sensors for Improved Hydrographic Surveying, Proceedings, Canadian Hydrographic Conference 2000, Montreal, Canada	空載光達與高光譜設備對於海岸測量均有不錯實用價值，本文進行整合後可獲得一多元性的海測系統，實驗成果有助於美國海軍海洋辦公室(NAVOCEANO)提供工兵署對於近岸偵測資料的需求。	相較傳統測量，整合式的感測系統可一次獲取大量海洋資訊。
Chadwick L. Monfort (2008), Assimilation of Airborne Imagery with LIDAR for Bathymetric Estimation, The Ohio State University. Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science Honors Theses	本文討論空載光達資料同化改正研究，主要針對近岸衝浪區光達受波浪氣泡、海水混濁影響而效益不彰的部分，推算能量強度消耗模式，以修正近岸光達數據丟失的問題。	針對近岸區浪花與濁度等影響光達測深之因子提出修正模式。

在表 5-6 第 1 篇文獻中，Smith, Rebecca A 採用 SHOALS 空載光達系統（如圖 5-14），配合 KGPS（kinematic GPS）定位確保其成果平面精度於 1 公尺左右，而高程精度約 15 公分；另外在高光譜感測器 CASI 的部分則採 612*288 之 CCD 陣列同步施測（如圖 5-15），以對海洋環境同時獲得感測光譜值、地形水深與底層反射率等資訊。



圖 5-14 SHOALS 空載光達系統示意圖（Smith,2000）

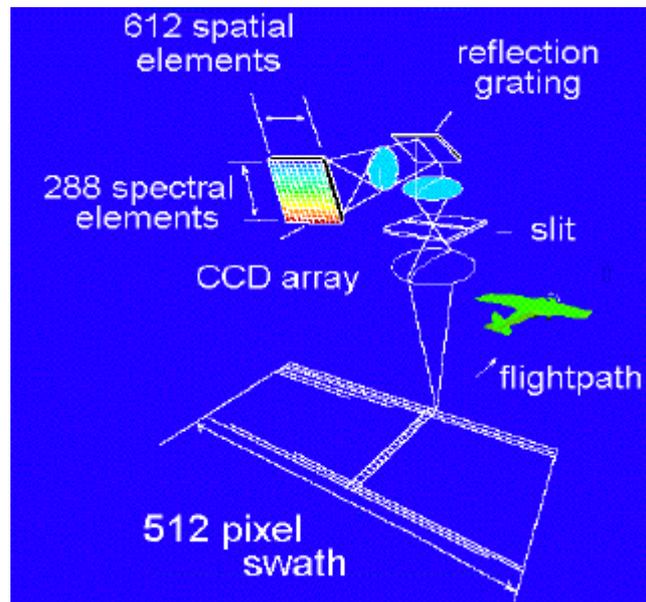


圖 5-15 CASI 運作示意圖（Smith,2000）

而在表 5-6 第 2 篇文獻中，Chadwick L. Monfort 則針對空載光達資料進行同化改正研究測試，以解決近岸光達測深常因水體濁度與浪花干擾而失敗的問題。其此方法之主要機載設備除光達外，另含一攝影系統用於拍攝光達施作過程之近岸浪花情形，如圖 5-16 所示，將成像結果以影像鑲嵌處理後，再針對測試區海岸，以垂直海岸線方向進行剖面分析探討。

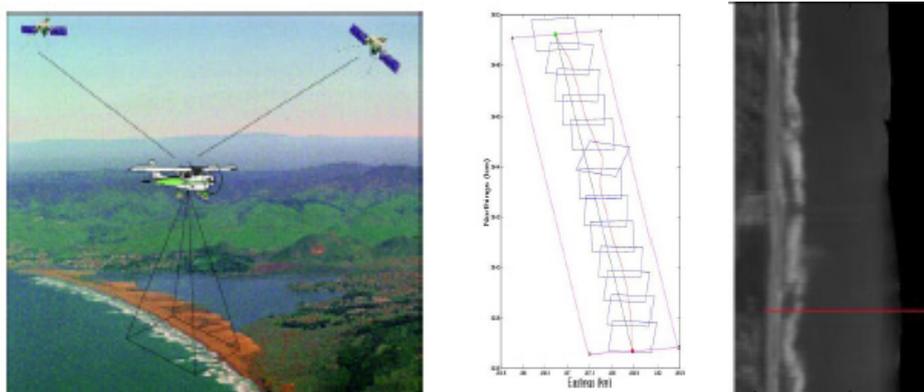


圖 5-16 資料同化測試區攝影與鑲嵌處理圖 (Monfort,2008)

如圖 5-17 (上) 所示，紅線為光達測深成果，然其中有一段資料丟失區，而綠線為該試驗剖面真實水深，藍線為傳統數學模式如迴歸分析後可能的修正情形，然而透過圖 5-17 (中) 之攝影分析浪區光譜強度後，可建立一光達能量強度消耗模式，輔助修正測身成果如圖 5-17 (下) 藍線所示，與真實水深吻合度極佳。顯示空載光達與光譜感測器的同步偵測，除獲取更多海洋資訊外，於實用面上更可發揮互補之效用。

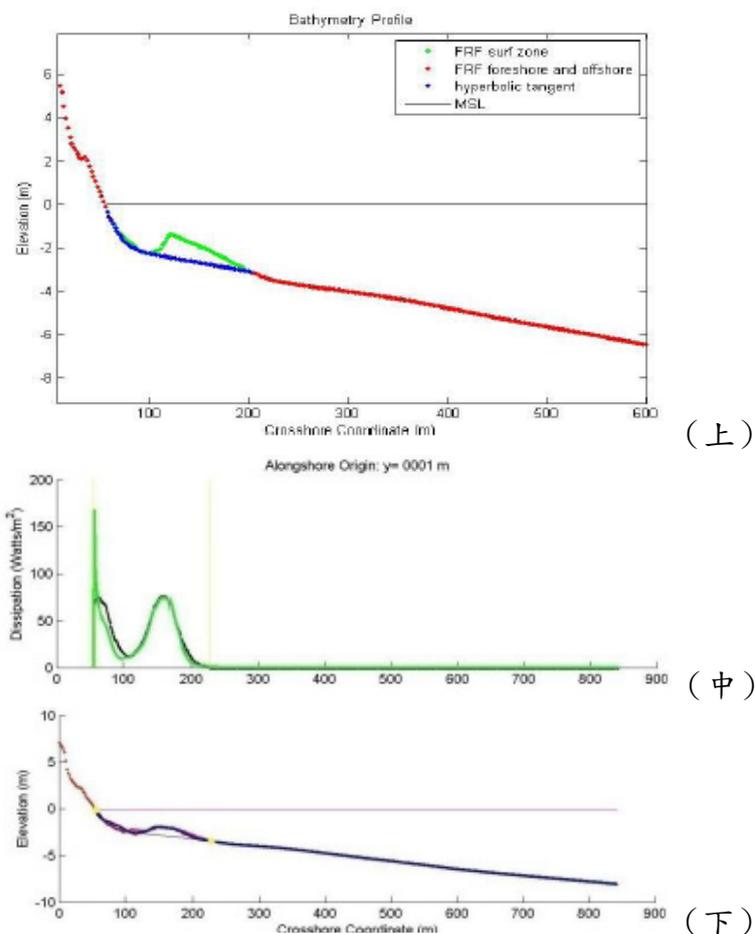


圖 5-17 資料同化修正示意圖 (Monfort,2008)

6. 空載光達與多音束測深整合系統

表 5-7 為有關空載光達與多音束測深整合系統之參考文獻，該文獻研究區域位於加拿大 Fundy 海灣的廣大潮間帶區域，該處獲取海洋地球物理及水深資料十分困難（因為該區域的先天危險性及冗長的作業時間需求，過去並未施測）。透過在低潮期採用空載地形光達進行測量以取得高解度數值地形模型，多音束水深測量則利用非常高潮的時候進行，以取得無接縫的潮間帶的數值地型模型資料。使得海域、潮間帶、陸域資料能夠連續。文獻研究提及在該區域在 2000 年及 2007 年實施的光達測量已經用以繪製了 4000 平方公里區域的地圖。

表 5-7 空載光達與多音束測深整合系統參考文獻表

文獻	摘要	要點
D. Russell Parrott, Brian J. Todd, John Shaw, John E. Hughes Clarke, Jonathan Griffin, Bruce MacGowan, Michael Lamplugh and Timothy Webster(2008), Integration of Multibeam Bathymetry and LiDAR Surveys of the Bay of Fundy, Canada, Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference and National Surveyors Conference 2008	加拿大海道測量局(CHS)與加拿大地質調查所(GSC)研究人員對配置多音束測深系統的加拿大號船隻有高度需求。這艘船經過若干年，針對地質圖製作進行了多音束水深測量，這些小區域的成果提供了海床多樣特性的驚鴻一撇，可是卻無法提供區域連貫性的特徵資料。 在 2006 年，加拿大海道測量局(CHS)、加拿大地質調查所(GSC)與許多大學合作開始一個三年的計畫，要繪製加拿大東岸的 Fundy 海灣，Fundy 海灣有著世界紀錄級的潮流，在海灣頭部有著 17 公尺的潮差。潮流的速度在海灣的窄通道處高達每秒 4.5 公尺，可以被用來發電。時至今日，已經有 10,000 平方公里的海灣水深資料被獲取，同時也取得次級底部的剖面資料以提供海床沉積物的特質及厚度資料。大範圍的乾區域也利用空載地形光達進行測量，以提供機會讓海域、潮間帶、陸域資料能夠連續。加拿大海道測量局(CHS)將利用這些資料去改善航海圖資，加拿大地質調查所(GSC)將整合這些資料進行地表地質及海底棲息地圖資的製作。最終將發行比例尺 1/50,000 的地圖，以做為加拿大國家海洋圖系列的一部分。本論文的重點將集中在本計畫第一、二年蒐集的資料成果及面臨的挑戰，以及判讀最近所蒐集的資料。	於特殊冰河地形的光達、多音束測深與歷來海圖成果整合實測案例，藉由技術與成果不斷累積，加拿大官方已能逐漸釐清當地地形變動狀況與趨勢。

圖 5-18 顯示了該研究 2007 年 9 月底利用光達及多音束水深測量所測量的範圍，以陰影分層設色方式表現。以下針對 Fundy 測區資料討論如下：

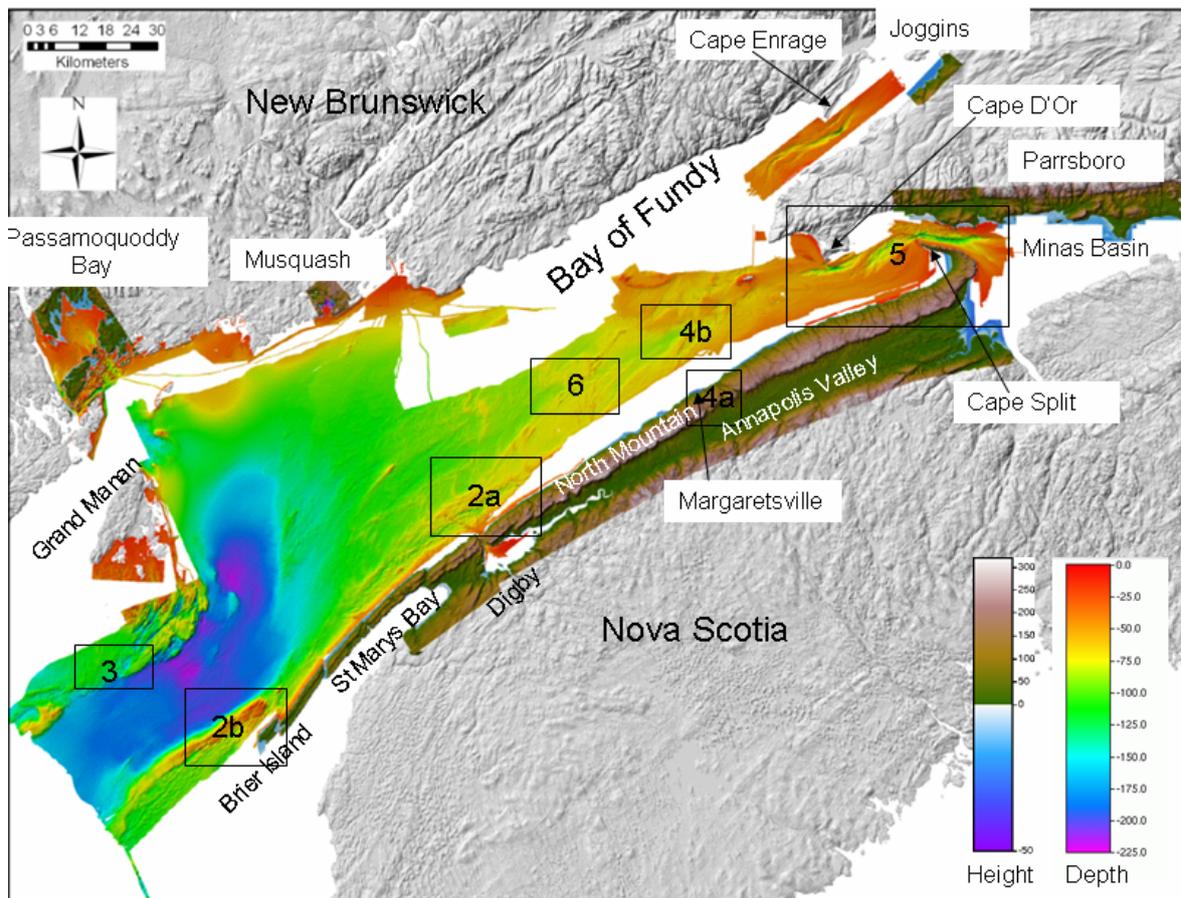


圖 5-18 Fundy 測區歷來成果與重點區域圖 (Parrott,2008)

(1) 多音束水深測量資料獲取

A. 多音束水深測量資料的獲取是由加拿大海道測量局(CHS)與加拿大地質調查所(GSC)及 New Brunswick 大學負責，這次測量採用了各式不同的船隻及多音束水深測量系統，包括：

a. CCGS Frederick G. Creed 雙船殼水上飛機，配備 Kongsberg

EM1000(2005 年前)及 Kongsberg EM1002(2005 年) 多音束水深測量系統，具有 111 條音束，作業頻率為 95kHz，音鼓裝設在右舷的位置。

b. CCGS Mathew 號船，配備 Kongsberg EM 710 多音束水深測量系統，具有 200 或 400 條音束，作業頻率為 70-100 kHz，音鼓裝設在船隻中央的位置。

c. Plover, Pipit, Heron 水深測量小艇，配備 Kongsberg EM3000(2005 年前)及 Kongsberg EM3200 多音束水深測量系統，具有 160-254 條音束，作業頻率為 300kHz。

B. 作業中採用 DGPS 來進行導航及提供精度 ± 3 公尺的平面位置資訊，測量平均速度為 12 節(約每小時 22.2 公里)，因此在 35-70 公尺水深處的資料蒐集速率約為每小時 2 平方公里。在進行多音束水深測量時，水中音速也同時被量測，以改正音束折射效應。由 CHS 進行 1992 年至 2006 年的潮位觀測資料及預估模式加以改正來作成潮位變異資料。在 2007 年的測量期間，船隻的高度值的獲取方式是結合 RTK GPS 及水深動態潮位模式(由 CHS 等單位開發完成)計算而來。

(2) 光達測量資料獲取

此次 Fundy 海灣光達測量工作由 the Applied Geomatics Research Group, Nova Scotia Community College (NSCC) 單位執行，從 Annapolis 山谷地區開始，分別是 2000 年 7 月(採用 LaserMap, ALTM1200 感應器)，2000 年 5 月(採用 Terra Remote Sensing, Mark I 感應器)，2004 年 4 月(採用 Terra Remote Sensing, Mark II 感應器)。

接著是在剩下的海岸區域施測，分別是 2006 年 10 月、2007 年 4、5 月(採用 AGRG, ALTM3100 感應器)。典型的光達作業型態包括飛行高度在 1500 公尺，飛行速度在每小時 120 公里，雷射脈衝頻率為 70 kHz，以垂直精度 0.2 公尺對地表每 1、2 公尺進行量測。回收地表回傳的點雲資料進行初步 DEM 計算，然後加以處理化算至加拿大 1928 年大地垂直基準(CGVD28)，相近於平均海水面(MSL)。

(3) 資料處理顯示

多音束水深測量及光達資料被處理成水平 1-5 公尺解析度的影像，之後以每個像素 1-30 公尺的解析度顯示，以高程 10 倍放大的地形起伏分層設色方式顯圖，水深測量的顏色由紅色(淺)到藍紫色(深)，地形高程的顏色由綠色(低)到棕白色(高)。參見圖 5-18。

(4) 多音束水深測量及光達資料判讀與海圖整合

在許多狀況下，岸際及近岸處的地質自然特徵存有強烈的相關性。多

音束水深測量及光達資料的整合在此研究中，使得古老的地形及現代的海灣、海岸線等地質相關處理工作得以解讀。

Fundy 海灣 Nova Scotia 的岸際及近岸處可看到一系列冰川。岸上的地形特徵反映冰流的方向（從地勢較高的 Nova Scotia 中南部放射出來）。注意圖 5-19 細黑線，細黑線的北側的資料是使用多音束水深測量系統取得的資料，線段南側的資料則整合自當地 Olex 電子海圖系統之資料。

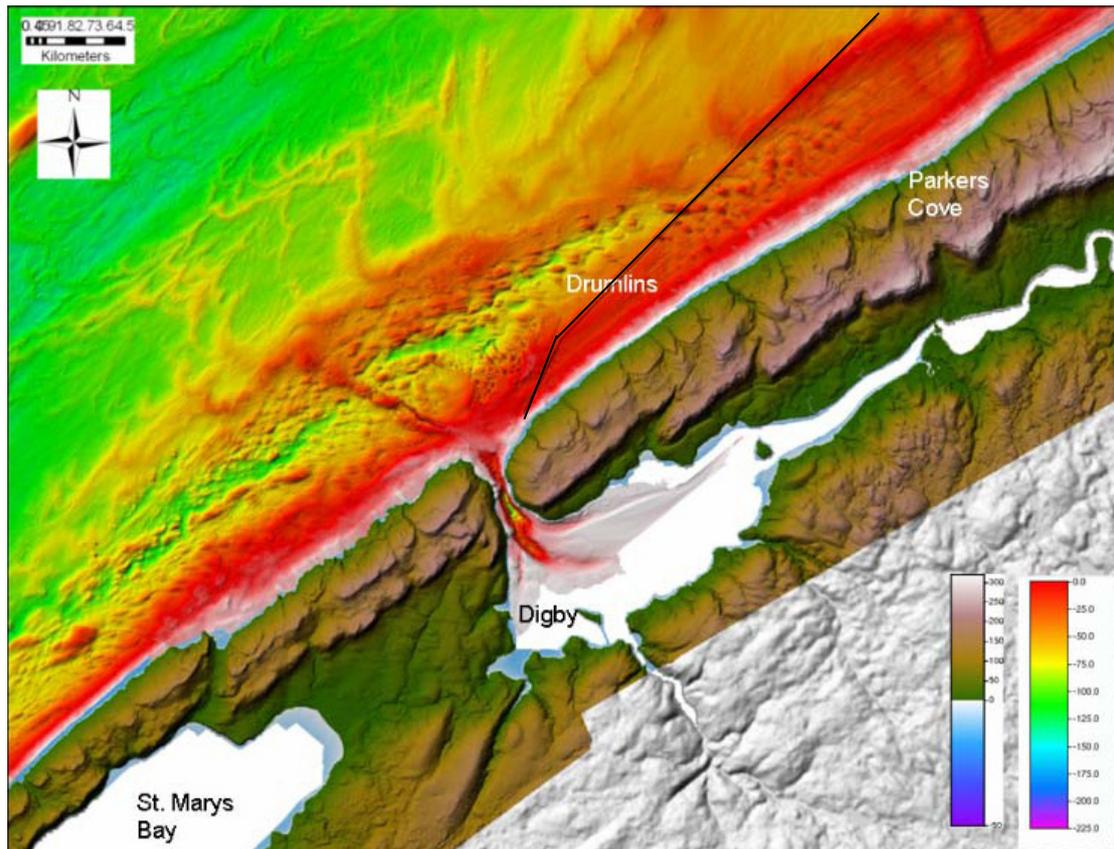


圖 5-19 光達、多音束測深與海圖資訊整合判釋圖 (Parrott,2008)

7. 3D 雷射掃描於近岸地形應用

三維雷射掃描儀的主要構造是一部快速準確的雷射測距儀加上一組可導引雷射光以等角速度掃描的反射稜鏡，雷射測距儀可主動發射雷射光，同時接收自反射之訊號進行測距，針對每一掃描點可測得測站至掃描點的斜距，配合掃描的水準與垂直方向角，可推求得每一掃描點與測站之三度空間相對坐標差，若測站之三維坐標為已知，則可求得每一掃描點的三維坐標 (賴澄漂，2008)。表 5-8 為 3D 雷射掃描參考文獻。

表 5-8 3D 雷射掃描參考文獻表

文獻	摘要	要點
賴澄漂，林騰威，賴澄燦 (2008)，3D 雷射掃描應用於海洋工程之可行性探討，第十屆水下技術研討會暨國科會成果發表會	3D 雷射掃描技術(Lidar, 光達)可以在短時間內快速獲取被掃描物表面高密度、高經度的點雲資料，不需反射稜鏡即可直接獲得三維坐標，此種儀器是一項嶄新的測量利器。近年來三維雷射掃描技術發展成熟及商用化，在工程測量上應用之潛力不可小覷。本文將探討陸載光達應用於海洋工程的可能性，討論範圍包含海岸監測、潮間帶測量等。	近岸地形測量快速有效之辦法。

於表 5-8 參考文獻中，賴澄漂等利用三維雷射掃描儀在其掃描的範圍內，觀測獲得非常精細的點雲 (point cloud) 之坐標 (圖 5-20)，並針對複雜外型的地物或是無法以一觀測點掃描範圍涵蓋的地物，聯合多測站的觀測點雲，測站間之點雲透過人工設定參考點或於現場設立反光規標建立關連性。如仍有特殊地形不易測得，再輔以現場補點施測即可。

為避免過去空中載具耗油問題，賴澄漂等透過改裝升降台車的方式，可獲得一 8m 高度之制空點，用於一般近岸與潮間帶之地形測量，配合退潮時機，將可有助解決近岸地形複雜施測經費不足的問題。亦可便於進行用歷年的資料進行比對 (圖 5-21)，判斷海岸線是否有前進或退後，藉以評估海岸的安全性。

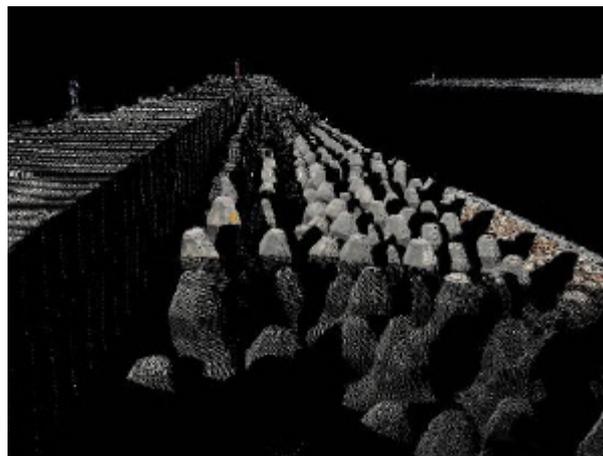


圖 5-20 近岸高密度點雲資料圖 (賴澄漂，2008)

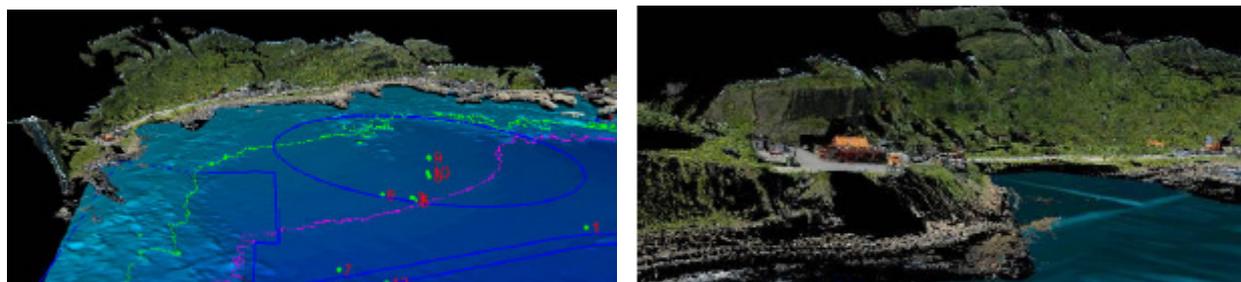


圖 5-21 基隆深澳雷射掃描成果圖 (賴澄漂, 2008)

8. 衛星遙測於水深測量應用

早期衛星影像解析力不佳，加上底質、水質、海象、氣象等因素多變，衛星多光譜影像推估水深的實現有諸多困難。但針對淺水區域如水質較為清澈，衛星遙測所推估得到水深成果則可配合數學演算模式，提升到一可信的程度，如表 5-9 為近年衛星遙測於水深測量應用參考文獻，

表 5-9 衛星遙測於水深測量應用參考文獻表

文獻	摘要	要點
薛憲文、李良輝、林奕翔(2002)，高解析衛星影像在淺水深推估之研究，第 24 屆海洋工程研討會論文集，pp.602-608.	衛星光學遙測儘管在時間與空間之涵蓋上及多光譜的辨識仍有其限制，但其被證明在清澈海域之水深與底質製圖是有幫助的。由於 IKONOS-2 之空間解析度大幅提高，波浪對衛星影像推估淺水水深之效應可能會加大。因此本研究採用小波理論期望能過濾波浪等高頻訊號，並配合比率演算法，進行淺水水深之推估。經實驗結果顯示，此種做法可提高水深推估之精度。	高解析度衛星影像，透過小波轉換修正可提升近岸水深推估精確度。
呂黎光(2004)，捷鳥衛星影像應用於墾丁淺海水域之測繪分析，航測及遙測學刊，9, 23 - 42.	淺海水深測繪工作十分繁複，海上作業風險大、耗時、費力，儀器、人員維持費用並不經濟，此外，又不能經常量測，無法快速取得最新水深資訊，以遙測技術之快速、廣域與經常性的特長，正可彌補現場水深測繪工作的不足。遙測水深方法眾多，受限於空間測深精度要求，以及海域水質、底質的影響，並非各種方法都能適用。近年來高解析度衛星影像的商業化，激發淺海水深遙測重新考慮使用可見光波段，本研究即選用高解析度之 QuickBird 衛星影像，對水質較為清澈的墾丁南灣海域進行淺海水深遙測分析，從理論解析及統計分析，對不同地區海域及不同水深，分區、分深淺進行遙測水深迴歸分析與探討，期望建立合適之可見光遙測水深模式。	透過回歸分析，驗證高解析衛星遙測於水深測量之水深極限，並發現於小於 10m 水深區域推估誤差約 0.5 公尺。

文獻	摘要	要點
F. Houma, R. Belkessa and N. Bachari(2006), Contribution of multispectral satellite imagery to the bathymetric analysis of coastal sea bottom, Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°3 165 – 172	本文研究一種模擬模式，探究各種衛星(Alsat1, Spot, Landsat MSS, Landsat TM)推測水深之可行性，此模擬模式針對水質、底質、水體透光率均須掌握，經衛星各個波段的光譜特性分析比較後，選用 SPOT XS1 與 XS2 波段組合轉換關係式，文獻並選用阿爾及利亞近岸區進行測試驗證。	於測區設立測站如矩陣排列的大範圍評估方式。
熊同中(2008)，FORMOSAT-2 衛星影像應用於宜蘭淺海水深之研究，國立臺灣海洋大學海洋環境資訊學系，碩士論文	本研究使用 FORMOSAT-2 衛星影像資料，結合於宜蘭海域實測水深數據，利用衛星影像單譜模式以穿透性最佳之藍光波段光譜來推估其相對應之水深。本研究結果顯示，推估水深誤差值為實測水深的±20%內的資料點佔所有實測點數的83%以上，其均方根誤差為2.4 m。另外，本研究利用各波段的光學特性，以非監督方式將整張影像分類，再針對分布在海域上的第4及第5類區域，分別推算其水深。結果顯示，在第4類中，有84%以上的測點，其推算水深的誤差值在實測水深的20%以內，且均方根誤差為2.3m。而第5類的推算水深誤差值為實測水深的20%以內的測點數，佔該類海域測點數的80%以上，而其均方根誤差小於0.9m。	顯示福衛二號影像，可以在宜蘭海域測繪淺水海域水深。

於表 5-9 第 1 份文獻中，薛憲文等探討利用 IKONOS 高解析衛星影像，及小波理論能夠過濾波浪等高頻訊號的特性，配合比率演算法(ratio algorithm)用以推估近岸淺水水深。其中，衛星影像乃是離散訊號，最有效率的計算是以矩陣形式來進行運算，而小波可視為矩陣計算時濾波的工具，試圖將衛星影像中波浪因子的影響減至最低；比率演算法則是由多光譜感測器在清澈淺水上收到信號的主要部分作比率計算（但忽略水中散射的效應與水表面的反射問題），由最早的單一波段比例演算法，逐步發展出可減少底質影響的兩波段比例演算法，與可用於多底質形態的線性多波段模式（然光譜波段數小於底質型態將無法成立）。

薛憲文等先利用小波多解析度分析的原理，將 IKONOS 衛星影像波浪資訊分離，而後對底質分類做初步探討，進而利用高解析度衛星多光譜影像來推估淺水區水深。並針對試驗區以單音束測深儀搭配 DGPS 定位方式

作為已知水深值。期試驗區共分 I、II、III 區，經實驗發現於水深 9m 內，模式推算品質於檢核點之原始誤差為 (I,II,III) = (0.46, 0.47, 1.2) 公尺，檢核點之小波修正誤差變為 (I,II,III) = (0.38, 0.31, 0.63) 公尺，並發現 III 區波浪較洶湧處修正比例最顯著。故在底質反射單純之平緩地形較淺水域 (9 公尺以內)，波浪效應在空間解析度愈高影響愈大，且小波過濾工具確能有效的改善水深推估精度。

於表 5-9 第 2 份文獻中，呂黎光則利用 QuickBird 衛星數位影像，進行近岸水深遙測分析，以其高解像力、多波段影像特性，配合海域水深實測資料，規劃從理論與統計迴歸分析中，建立近岸水深遙測技術。其分析程序包含：

- (1) 衛星影像與研究區域的選取：考量海域水質清澈少污染，較適於可見光波之水深光學遙測區域，所選試驗區如圖 5-22 所示。
- (2) 水陸分離：設定水陸分界的門檻值，進行水陸分離避免陸地資訊混入。
- (3) 影像前置處理：進行幾何校正、移動平均等處理。
- (4) 相對水深分析：選用第二波段之綠光波段及第四波段之近紅外光波段之比值分析。
- (5) 水深實測資料對應標記：將獲取的現場實測水深資料與衛星影像圖幅進行對應標記，以資後續絕對水深求算之用。
- (6) 潮汐校正：遙測水深實際分析到的水深包含了攝像時間的潮汐高程在內，與實測水深比對驗證之前，務必先消除潮汐影響效應。此研究以海測局發佈的潮汐預報資料作為潮汐校正的參考應用
- (7) 迴歸分析：相對水深分析可立即求取相對水深資訊，但卻不能直接獲得絕對水深訊息，透過與實測水深率定分析比對，利用統計學上常用的迴歸分析，求得迴歸係數，即可建立絕對深遙測模式。
- (8) 完成最佳化淺海水深遙測關係式之建立

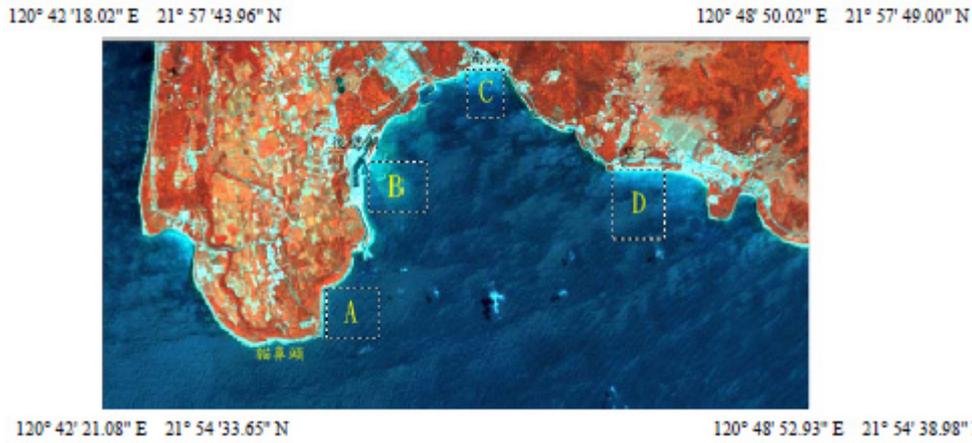


圖 5-22 墾丁南灣測區位置示意圖（呂黎光，2004）

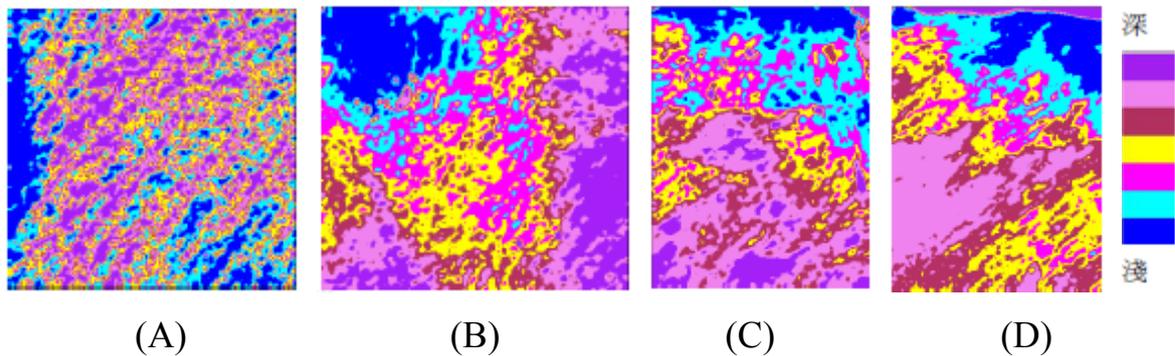


圖 5-23 各測區分析示意圖（呂黎光，2004）

呂黎光由實例分析發現遙測絕對水深線性迴歸模式演算上，水深越淺遙測水深誤差量越小，如圖 5-24 所示之迴歸分析成果。研究統計發現 0-10m 內水深演算結果(平均誤差 0.5m)要優於 10-20m 間水深演精度(平均誤差 1.16 公尺)，而 10-20m 遙測水深精度也優於 20-30m 間水深精度(平均誤差 2.49 公尺)，至於 30m 水深以上，從學理上及本研究水深迴歸分析趨勢上驗證，已很難採用可見光波段進行光學測深。

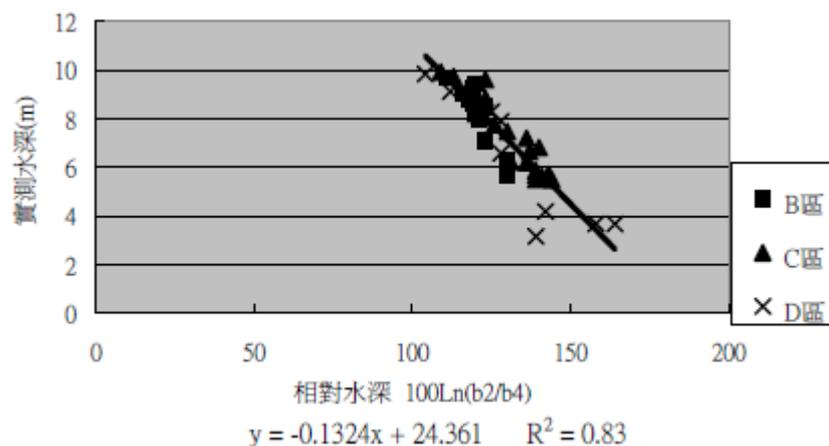


圖 5-24 0 至 10 米水深迴歸分析成果圖（呂黎光，2004）

而於表 5-9 第 3 份文獻中，F. Houma 則於測區阿爾及利亞海岸，採用多個海上監測站組成網型樣本點的方式，配合衛星影像進行大面積的水深推估模式，如圖 5-25 所示。該實驗最後採 XS1 和 XS2 兩波段產生迴歸公式，據以推估樣本區測深資料。研究發現對於大範圍且深水區域的一次性評估，其實作精度雖不足用於一般海圖，但對於提供相對水深值仍具有一定參考價值。

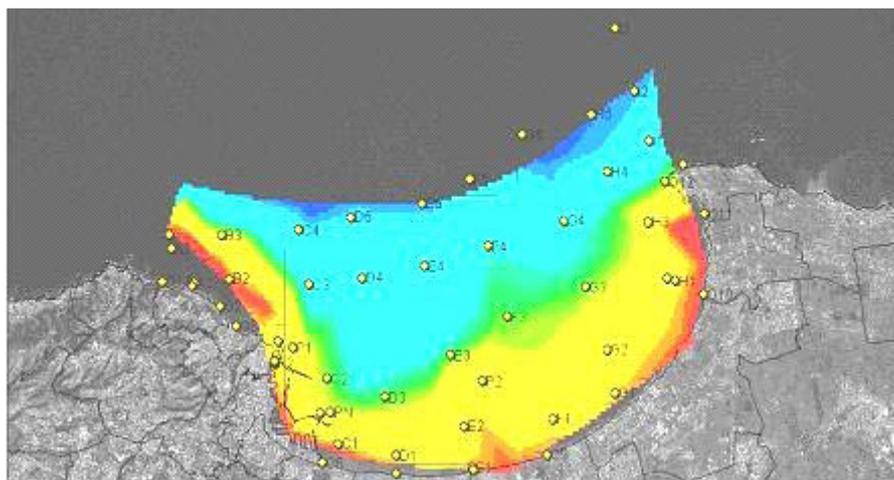


圖 5-25 現地測站樣本點與推估成果圖 (F. Houma,2006)

於表 5-9 第 4 份文獻中，則採用福衛 2 號影像進行宜蘭外海大面積之水質推估，透過 ENVI 以 ISODATA 分類方法，先將光譜特性予以分類，再建立各分類的個別轉換公式，分析成果顯示會較單一轉換公式為佳。

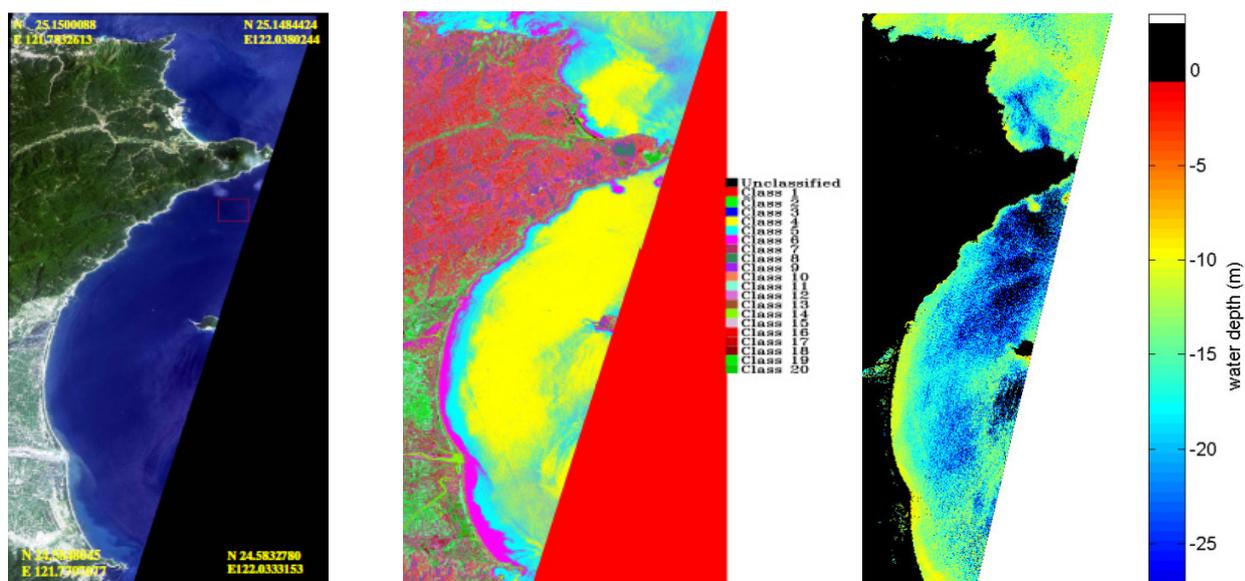


圖 5-26 非監督式分類與水深推估成果圖 (熊同中，2008)

9. 近岸小型測船裝置探討

過去十年間，許多淺水區採用多音束測深儀進行水深測量，但仍限制在水深 10 公尺以上。水深側掃聲納(BSSS)有可能使此一限制向岸際方向內推。但是目前仍有低水線及鄰近區域是採用現有海測設備無法測量的。而且目前水深資料的獲取已經不單單只是為了航行安全而取得，應有更廣大的應用。表 5-10 為近岸小型測船裝置探討文獻，可供後續執行近岸測量作業時，作為儀器架設規劃上之參考。

表 5-10 近岸小型測船裝置探討參考文獻表

文獻	摘要	要點
Robert Mason Hare(2008), Small-Boat Surveys in Shallow Water, Marine Habitat Mapping Technology for Alaska	加拿大海道測量局(Canadian Hydrographic Service)為了海圖製作，已經有許多年以小船或小艇去執行淺水區測量的作業經驗，在二次大戰前，大體上只能以測深繩量測水深，但卻缺乏海床型態等資訊。半個世紀後才逐漸發展成以單音速迴波的方式進行水深測量工作，這些設備也是逐漸從寬帶類比的儀器發展成窄帶的數位儀器，使其具備了分類回傳音波的能力，而海床底質採樣仍必須透過其它吊臂錘線或絞盤挖掘器的方式進行。此時側掃聲納也從傾斜觀測單音束音鼓發展成今日高解析度的系統。並有可能使此一限制向岸際線內推。但是目前仍有低水線及鄰接區域仍是我們採用的現代設備無法測量的。	這篇論文主要考量水深測量小艇在淺水區取得高解析度水深及音波散射回傳資料的一些操作性議題。

Robert Mason Hare 於此文獻中，探討小船音波感應器(acoustic sensor)的安裝有幾種的方法如下，各種方式各有優缺點，以下加以討論：

- (1) 架設在船殼內。
- (2) 莢艙（配合整流片、塑膠罩）
- (3) 嵌掛式(以音波可穿透之隔板窗嵌掛船殼)。
- (4) 隱藏式(月池式)：以機械式撞杆拖入船殼；使用音鼓時必須加保護。
- (5) 斜掛式(可能需要碎片切割器)。
- (6) 可攜式：船頭架設式(OTB)與船側架設式(OTS)。

首先，如架設在船殼內必然要面對船底空間限制的問題，而且必須確保目標方向垂直，因此必須採取定平的措施。充油音鼓是一種避免氣泡而

且有利於音波傳導過船殼的方式。架設在船殼內的優點是容易維修、置換而且無須挖孔。最大的缺點在於船殼減弱音波回傳的訊號。

嵌掛式的好處是減少穿過船殼減弱音波接收的效應，但可能需要安裝音波可穿透之隔板窗或周圍加裝整流板，還必須將走線的地方做不透水的黏著處理。圖 5-27 顯示一種在船體龍骨處嵌掛音鼓並且具有整流板好讓氣泡轉向，並沿著龍骨產生流線水流。線纜部分則穿過不透水導管走入船殼。這種架設方式的好處是可以避免船殼下的水泡沖刷音鼓的表面。它的明顯缺點在於音鼓可能在淺灘危險區中或被半潛式碎片擦落掉。低成本的前向式聲納可架設在昂貴的音鼓前，以降低因水下危機所產生的風險。這種裝設方式也需要將線纜部分穿過不透水導管。碎片切割器(參考圖 5-27 右下角)也是考量設備之一，它可以避免海草、流繩、流網掛在音鼓上的麻煩。此外，音鼓也可以斜掛如圖 5-28，通常須在音鼓周邊加裝整流板以確保流線水流，也防護因船殼下碎片滾動所產生的傷害。



圖 5-27 船體龍骨處嵌掛音鼓圖 (Robert Mason Hare,2008)



圖 5-28 音鼓斜掛示意圖 (Robert Mason Hare,2008)

安裝在船身龍骨通常代表必須破壞船身龍骨的意思，如果沿著龍骨邊上安裝則可以避免這個困擾(如圖 5-29 所示)，通常要加裝整流片(參考圖 5-30)以確保流線水流及減少擾動，以保護音鼓。為了提高船舶的機動性，在缺乏空間安裝在船殼內或龍骨內的情形下，可以考慮在龍骨二側以莢艙的方式安裝同尺寸、同形狀的音鼓。(參見圖 5-31)



圖 5-29 龍骨側邊安裝示意圖 (Robert Mason Hare,2008)



圖 5-30 輔以整流片包覆圖 (Robert Mason Hare,2008)



圖 5-31 莢艙方式安裝圖 (Robert Mason Hare,2008)

由於安裝在船殼上的各種方式都可能破壞船體的結構及穩定，因此都必須經過航行安全重新認證的程序以確保安全。暫時性的安裝方式有時是必要的，尤其是當船為租借而來或是短期使用。有時候必須透過機械的方式去考量設計船頭架設式(OTB)或船側架設式(OTS)，當系統可能必須運往遠方時，就必須考量設計架竿搭配多樣網綁固定方式，以利隨時在各種情況均可安裝。(參見圖 5-32、圖 5-33)，當線纜外漏時，就必須小心線纜被扯掉，所以一般會穿入音鼓架的管內，以策安全。



圖 5-32 船側架設式裝載示意圖 (Robert Mason Hare,2008)

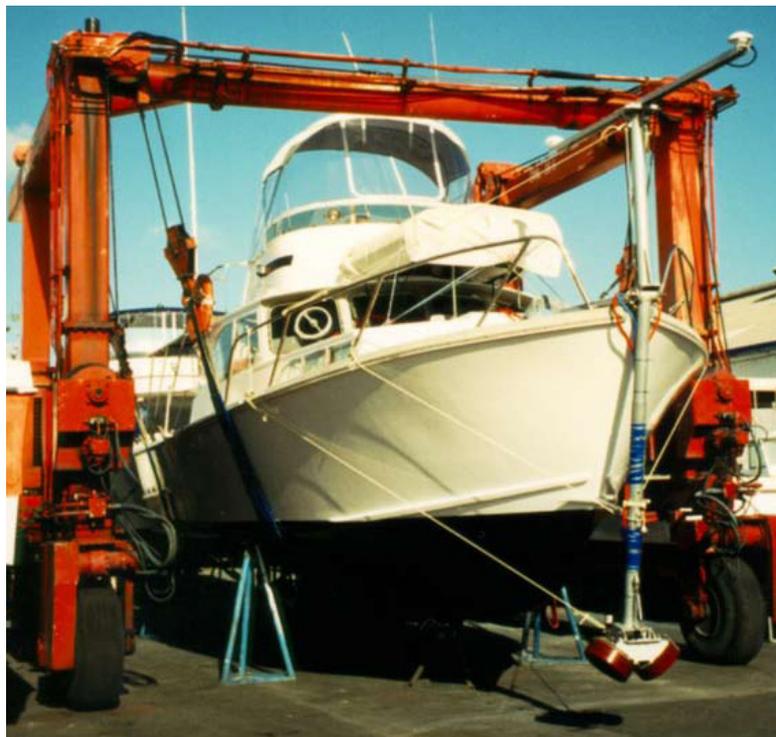


圖 5-33 船頭架設式裝載示意圖 (Robert Mason Hare,2008)

在定位方面，架設 GPS 天線在竿頂上可以減少量測坐標偏移量的需要，姿態感測器可以安裝在接近音鼓的地方或船艙內，GPS 天線與聲納頭部間的坐標偏移量必須量測出來。基本上硬體設計都在避免水下碎片可能造成的傷害。船頭架設式(OTB)可以避免受船隻所造成的氣泡影響，船側架設式(OTS)比較不受船隻加速所產生的擾動效應影響。此外，船側架設式(OTS)的架子可以是永久性的設計（模組化的架子中，各組件安裝相對位置固定），這種設計有利於新式設備的測試及快速安裝。也不影響船隻的結構安全，而且只增加少許的重量，穩定性也比較不受影響，纜線也可用快速膠帶黏著或置入竿管中。

而對於在稍大一些的船隻，可以考慮將音鼓架在防撞杆架上拖入船殼內，欲施測時再讓感測器外露於工作區(參見圖 5-34)，不過一旦讓音鼓置於船殼下就有被碎片滾動傷害的風險，因此可以設計各種音鼓保護架來防護(參見圖 5-35、圖 5-36)。



圖 5-34 隱藏式圖 (Robert Mason Hare,2008)



圖 5-35 基本防護設施圖 (Robert Mason Hare,2008)



圖 5-36 可加裝防護架圖 (Robert Mason Hare,2008)

最終要考量的是安裝在船隻的位置，這對於坎掛式的安裝特別重要，有些音鼓製造商(例如 Kongsberg Maritime)建議將音鼓安裝在船頭後 25-35%的位置，參見圖 5-37，這個位置可以減少受船頭切入水中產生氣泡的影響及避開引擎及推進器所產生雜訊的影響。這裡也是最可能有流線水流的地方，在此之後可能就會有擾動水流。儘量讓聲納接近滾動(roll)與俯仰(pitch)的中心，可以協助減少因運動作用引發的抬升(heave)效應。

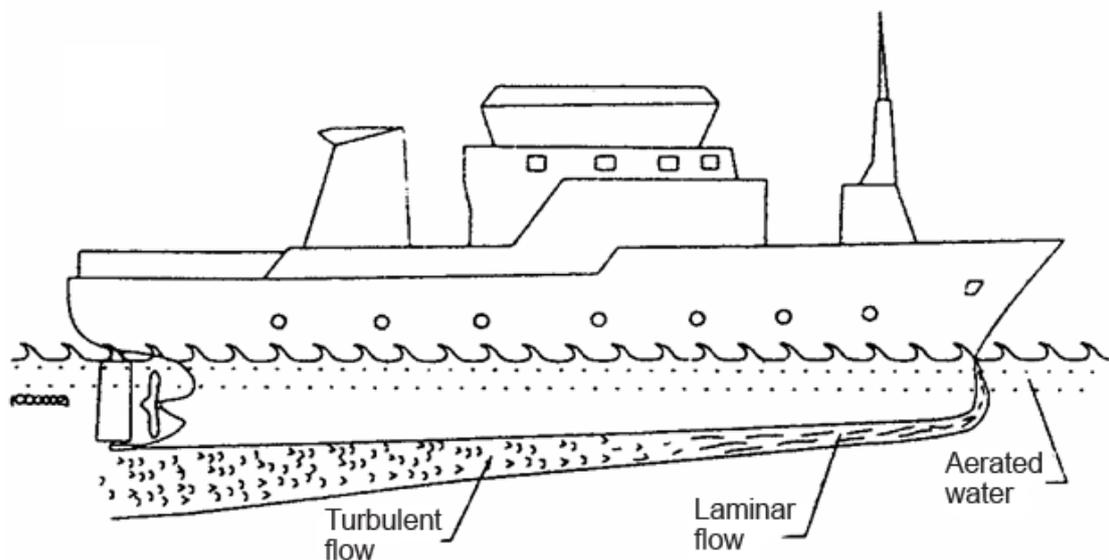


圖 5-37 安裝位置擾流分析圖 (Robert Mason Hare,2008)

而現代典型的水深測量小艇，多傾向將聲音感應器置於船底部位，因此船頂上主要放置 GPS 及通信設備(參見圖 5-38)。一般會有二個以上 GPS，可以協助取得船隻的三個軸轉角，通信設備則有利於接收即時的 GPS 改正資料及潮汐資料，同時也會具備導航與救生安全的設備。

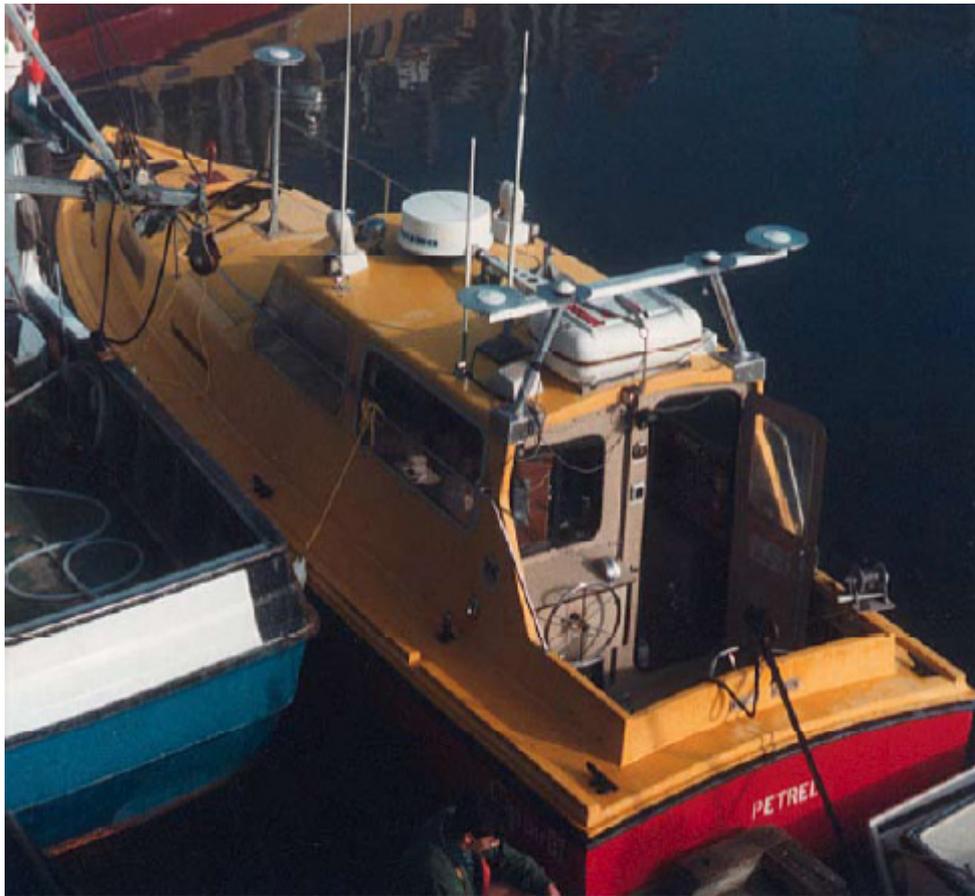


圖 5-38 GPS 及通信設備架設圖 (Robert Mason Hare,2008)

(二) 現行海域基本圖測量作業方法改善建議

綜合上節文獻蒐集成果，目前海測技術發展說明如下：

1. BEASAC 系統基於比利時當地海岸特性所發展，且在設備之精進改良上持續以模組化方式，整合軟體、硬體之外更進一步整合載體，對於確保測深品質有其優勢，且臺灣地區海岸地形多變，近岸地區常有測量作業安全上之疑慮，現有近岸測量效率亦未達理想，故類似 BEASAC 之氣墊船系統應可有效解決近岸測量效率上問題，並擴大近岸作業範圍，惟此專業測量船硬體成本極高，未來應可持續觀察與評估引進之可能性。
2. 在水上摩托車改裝為個人載具方面，經測深與定位設備小型化之改良，國外已有模組化之設備，國內亦有實測分析，在慢速行駛下可獲得測深誤差小於 0.3 公尺之成果。發展成本較氣墊船設備低，未來可列入極近岸水深測深設備。
3. 目前水下載具 AUV 可在小區域進行完整海洋資訊蒐集，惟施測速度較

- 慢，且對於海域基本圖所需基本的水深資料與底質分類成果，使用精良之 AUV 成本效益較不顯著。
4. 3D 雷射掃描技術，可利用退潮時機快速測匯近岸與潮間帶區域地形，改善海陸地形資料接合處重疊區測量效率與品質，建議未來近岸水深地形測量可試行採用。
 5. 空載光達與航空攝影的同步運作，於國外已有研究觀於碎浪區與混濁水體的修正方式，建議應可於國內試行類似研究，改善光達測深系統對近岸地區的適用性。
 6. 利用衛星影像進行近岸水深 10 公尺以內區域的水深推估，經相關研究案例其誤差量平均約 0.5 公尺，對於施測不易之區域，亦可考量衛星遙測方式產製水深資料，至於水深較深區域則不適用。
 7. 近岸水深測量目前最常用做法仍為小型測船搭載定位與測深系統方式，對於各項硬體設施的安置，建議可參考可攜式裝載方式，如船體或船側的架設方式辦理。以利於各式設備的測試及快速安裝，也較不影響船隻的結構安全，穩定性也比較不受影響。

由各文獻之內容要點發現，近年水深測量技術對於近岸區域如何有效率且安全的測繪有較多的研究。表 5-11 為國內海域地形圖測繪技術比較表，目前國內海域基本圖測量作業方法屬分域法，分為陸域與海域兩區，而海域再以水深 10 公尺為界，10 公尺以上區域一般採用多音束測量船為主，近岸水深 10 公尺以內則採小型測船搭載單音束測深儀，儘量於漲潮時段進行測量工作。此外於水深 10 公尺附近，兩者應規劃重疊測線以供校對。有關海測儀器組立方式建議可參考 Robert(2008)所做之一系列探討，以提升近岸小型測船資料品質與確保儀器安全。

除船測方式外，建議應多方配合光達測量技術，如退潮時段於近岸採三維雷射掃描儀推掃近岸地形，或配合空載測深光達測量，以銜接陸海域地形資料。由於海測受限於地形水質變數極多，仍有部分區域如險礁、暗礁、淤

泥問題會造成部分區域難以測量，在目前國內一定海測經費限制下，建議施測困難區域可採區域劃分方式，在船測或光達未及之處，標繪施測困難區域外部範圍即可，以節省人力物力與時間成本。

表 5-11 海域地形圖測繪技術比較表

類型	部域	技術	特性	適用範圍限制
分域法	陸域 (此處指濱岸陸地，需利用低潮時段測量濱岸陸地與潮間帶)	導線測量	技術成熟，但難以快速實施大面積測量。不易快速反應海岸地形可能發生之動態變化。	陸域至海岸均可，但岩岸地形進入施測困難。
		攝影測量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地面攝影或 3D 雷射掃描取像靈活，可在低潮時對海岸及潮間帶取像。 2. 航空攝影可沿岸線方向取像，攝影比例尺可依成圖要求調整。 3. 衛星遙測覆蓋面廣，但不易控制取像軌道，取像時間不易配合潮位需求，且成本較高。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 須沿岸尋找適宜制高點，無法大面積測量。 2. 陸域至攝影當下水線範圍。 3. 依文獻研究僅水深 10 米內可作參考。
分域法	海域 (利用漲潮時段測量水深以貼近岸線)	音束測深	<ol style="list-style-type: none"> 1. 單音束測深、多音束測深及測掃聲納等系統，以船載時作業效率較高，近岸區雖可將載具改為輕筏、水上摩托車，但易受海況及海洋環境限制，人員與儀器安全風險亦變大。 2. 氣墊測量船可在淺海及近岸海域自由行動。 3. 水下遙控載具可配合採數值攝影系統作業，與目標距離近、精度高，但效率低、成本高。 4. 側掃聲納可測水深，亦可運用成像技術繪製三維海底地形圖，兼具海底地貌及障礙物探測功能。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 就效益與可行性考量以 10 公尺水深為界，淺水域以單音束施測而深水域以多音束施測。 2. 作業區域更廣但尚未引進。 3. 小面積近岸生態調查或許更符合其定位。 4. 較音束測深精細，但底拖拖魚操控安全性亦較具風險。
全域法	陸海域	空載測深光達	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以飛行載具作業，覆蓋面廣，可全天候獲取水深資料。 2. 利用分光及倍頻原理進行陸地地形（紅外雷射）與海底地形（藍綠雷射）之合成感測，滿足陸海域一體化測繪需求。 3. 另有雙介質航測法、多光譜影像遙測法、空載 InSAR 圖像感測法等，但因技術難度較高，該類方法尚未全面運用。 	可獲得全域高程與水深，但碎浪區與海水混濁時會有資料缺失區。

(三) 國際電子海圖基準與基準計算相關資料蒐集分析

在 2002 年施行之海上生命安全公約 SOLAS(The International Convention for the Safety of Life at Sea)第五章修正條文第 9 條，有關海圖服務說明如下：

1. 為滿足導航安全之需求，各國政府應執行海圖資料收集及編繪的規劃工作，也應負有出版、發行與更新所有航海資訊的責任。
2. 為達成輔助導航之目的，各國政府應合作執行以下之海圖服務工作：
 - (1) 執行海道測量工作，儘可能的符合安全導航之需求。
 - (2) 準備及發行海圖、航線、燈塔名冊、潮汐表及其他各式航海出版品，以滿足安全導航之需求。
 - (3) 對航海員發布通告，並確保海圖及出版品的最新資訊。
 - (4) 提供資料管理工作，以支持上述服務。
3. 各國政府應確保海圖及航海資訊最大可能之標準性，並儘可能採納由 IHO 所制定之相關條文及建議。
4. 各國政府應盡最大努力來推動協調工作，以確保全球海圖及航海資訊之產製，並儘可能追求時效、可靠及明確。

故為滿足前述安全助航之要求，採用之海圖深度基準、海平面變化及潮位監測等十分重要。由於水深測量作業時所測得之深度，是以瞬時海水面起算，故同一地點於不同時刻所測得的深度便會不一致。為此，海圖測繪必須規定一個固定的水面，作為深度的起算基準，以將測得的水深統一換算到此一固定水面，而此一固定水面即稱為深度基準面。

而確定深度基準面的原則是：既要考慮船隻的航行安全，又要充分提高航道的使用率。也就是說，若深度基準面制定過高，會出現海圖水深大於實際水深，依此海圖航行之船隻即可能發生擱淺等事故；若深度基準面制定過低，則會使本來可以航行的航道，被誤認為水淺而無法通過，進而降低了航道之使用率[梁開龍，1995]。海洋水深測量的深度觀測值在經過聲速與姿態改正後，即可歸算為相對於瞬時海水面的深度值，但因瞬時海水面具有明顯的

時間變化特性，故為方便水深資料之呈現及管理，即須選用一組長期穩定的深度基準面。在海圖服務必須兼顧船隻航行安全及提高航道使用率之原則下，海圖深度基準面之基本要求即為：定義在當地穩定平均海水面之下，且使瞬時海水面可以但很少低於該面。

為使深度基準面之確定可滿足上述原則，可引入一項海圖深度基準面航海保證率之指標，該指標之定義為：在一定時間內，高於深度基準面的低潮次數與低潮總次數之百分比[趙建虎，2007]。一般而言海圖採用之深度基準面多為理論上之低潮面，其保證率之設定可約為 95%。由深度基準面至各種潮位面之幾何關係如圖 5-39 所示，相關名詞之說明列示如下：

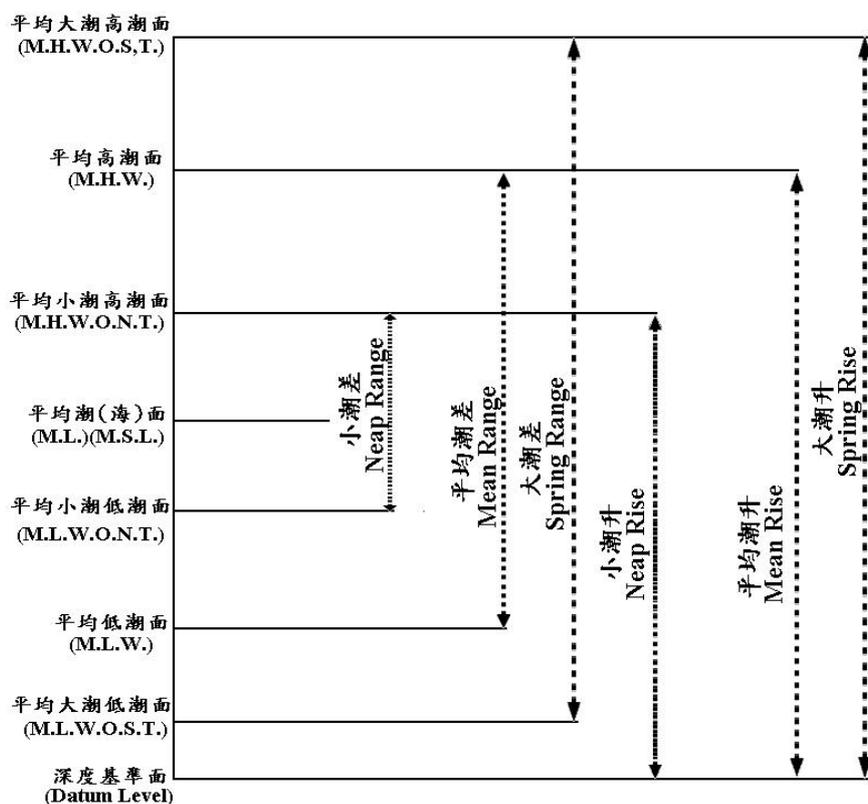


圖 5-39 各潮位面與深度基準面之空間關係圖 (李孟霖，2007)

- (1) 最高高潮面(H.H.W.L.)：某觀測期間發生之最高潮位。
- (2) 平均大潮高潮面(M.H.W.O.S.T.)：每月於朔望之後 1 至 3 日所發生二次大潮中，最高潮朝高在潮位觀測期間內之平均值。
- (3) 平均高潮面(MHW)：某觀測期間內高潮潮位之平均值。
- (4) 平均小潮高潮面(M.H.W.O.N.T.)：每月於上弦及下弦之後 1 至 3 日發生

二次小潮的高潮中，較低高潮位在潮位觀測期間內之平均值。

- (5) 平均海面(M.S.L.)：某觀測期間內高潮及低潮位之平均值。
- (6) 平均小潮低潮面(M.L.W.O.N.T.)：每月於上弦及下弦之後 1 至 3 日所發生二次小潮的低潮中，較高低潮位在潮位觀測期間內之平均值。
- (7) 平均低潮面(M.L.W.)：在潮位觀測期間內低潮潮位之總平均值。
- (8) 平均大潮低潮面(M.L.W.O.S.T.)：每月於朔望之後 1 至 3 日所發生二次大潮中，最高潮潮高在潮位觀測期間內之平均值。
- (9) 最低潮位(L.L.W.)：即深度基準面，指在潮位觀測期間內發生之最低潮位。
- (10) 小潮升(Neap Rise)：深度基準面至平均小潮高潮面之高度。
- (11) 大潮升(Spring Rise)：深度基準面至平均大潮高潮面之高度。
- (12) 大潮差(Spring Range)：平均大潮高潮面減平均大潮低潮面。
- (13) 小潮差(Neap Range)：平均小潮高潮面減平均小潮低潮面。
- (14) 平均潮差(Mean Range)：平均高潮位減平均低潮位。

目前有關各國之海平面變化及潮位監測相關文獻與內容要點彙整如表 5-12。整體而言，世界各海洋國家皆會依據其潮汐特性的不同，而選擇不同參數的數學模型來計算其深度基準面，例如美國太平洋沿岸、菲律賓等係採用平均較低低潮面；美國大西洋沿岸及荷蘭、瑞典等採平均低潮面；法國、西班牙、葡萄牙、巴西等採最低大潮低潮面；德國、義大利、加拿大、比利時、印度、阿根廷、巴拿馬等採平均大潮低潮面；日本採約最低低潮面；中國大陸、俄羅斯及越南則採理論最低潮面[管錚，1996]。

表 5-12 各國海平面變化及潮位監測之相關文獻表

國家	文獻	備註
澳洲	Geocentric Datum of Australia Technical Manual, version 2.3	此更新版本之澳洲大地測量基準技術手冊，是用來取代之前 1985 年出版的「The Australian Map Grid Technical Manual」和「National Mapping Council Special Publication 8 - The Australian Height Datum」。除了保留原版本之內容，又增加了新的說明，主要目的為擴大運用範圍，令其可配合現代電子計算器的使用。

	The Australian Tides Manual	此手冊於 1984 年出版，之後又於 2004 年將內容更新，並將內容上傳至網際網路供大眾參閱。手冊中提供了潮位站操作人員的作業程序，且將這些標準測站的實測資料給予相關研究人員進行潮位預測的工作。
比利時	Verwaest, T., Viaene, P., Verstraeten, J., and Mostaert, F. (2005) “De zeespiegelstijging meten, begrijpen en afblokken,” De Grote Rede 15, 15-25. (Nederlands)	文中以比利時海岸為例，提出監測海平面變化的方法及儀器設備，並說明海平面上升的種種原因及其影響之時空範圍。此外，文中以監測數據為基礎，以 IPCC 提出之報告為佐證，認為海平面確有上升的現象，提出此情況對人類生命財產之威脅，探討現今海岸防護設施之有效性。
	Van Cauwenberghe, C. (1999) “Relative sea level rise along the Belgian coast: Analyses and conclusions with respect to the high water, the mean sea and the low water level,” Infrastructuur in het leefmilieu 1999(3), 513-539.	文中首先提出溫室氣體導致相對海平面上升的情況，特別是比利海岸的相對海平面。因此，本文收集三個分別位於比時利 Oostende、Zeebrugge 和 Nieuwpoort 潮位站的長期觀測資料，經過資料品管之程序後，利用線性曲線擬合法(linear curve fitting)、周期性曲線擬合法(cyclic curve fitting)、移動平均法(moving average)及調和分析(harmonic analysis)等四種方法，針對高潮位(high water)、平均海水面(mean sea level)及低潮位(low water)的年際變化進行分析，並提出海平面確有上升之情況。
	Louwyte, S. and E. Declercq (1998) “Relative water level change in the intracoastal zone of Belgium and Northern France over the last 2500 years,” Boreas. 27, 162-177.	本文以比利時及法國北部的沿海平原與潮位、潮灘沉積物及鹹水沼澤為監測地點，進行海岸內部地區平均高潮位(mean high water)與大潮平均高潮面(mean spring high water)的評估。然而從觀測資料中，西元後第 10 世紀的填海造地期之前與中世紀最佳氣候時期(西元後 1000 年至 1350 年)，兩段時期之間的水位並無任何顯著差異。
歐洲	Adam, J., W. Augath, F. Brouwer, G. Engelhardt, W. Gurtner, B. G. Harsson, J. IHDE, D. Ineichen, H. Lang, J. Luthardt, M. Sacher, W. Schlüter, T. Springer, G. Wöppelmann, “Status and development of the European Height Systems”	UELN(United European Levelling Network)於 1984 年結束，又於 1994 年重新建立，並更名為 UELN-95。UELN-95 成立之宗旨為完成歐洲垂直高程之統一，包括中歐與東歐的國家區塊。除了根據水準基點 UELN-73(阿姆斯特丹潮位站)，進行超過 3000 個量測點的校正，將不同潮位站之水準點做一連結，新的高程系統 UELN-95/98 亦已給予超過 20 個參與國家參閱。EUVN(European Vertical Reference Network)亦參與此計畫工作，主要目的為根據潮位站之絕對水位變化，建立歐洲包含 196 點的大地垂直水準系統，其系統中每一點的三維坐標參考自 ETRS89，高程參考自 UELN-95。最後以 GPS 將上述所得之資料建立成一歐洲動態高程參考系統。
香港	香港地政總署測繪處，「香港大地測量基準說明」，18 頁。	此文分別以大地基準、地圖投影與方格網系統、高程基準及坐標換算四個方面進行簡述。主要是說明香港使用之系統或坐標，世界通用之系統或坐標，同時說明兩者之關係或轉換公式，以供大眾參考使用。
日本	Matsumura, S., M. Murakami, and T. Imakiire, “Concept of the new Japanese geodetic system”	此文主要宗旨為敘述日本於 2002 採用的最新大地測量系統 — Japanese Geodetic Datum 2000，其中包含水平與垂直之定位、高程測量的標準程序，此最新系統亦根據日本土地監測之資料進行修正，故可成為大地測量之參考系統。

基於前述文獻整理成果，各國海圖所採用之深度基準面雖各不相同，但為安全考量，多採較低之潮面，因按國際海道測量組織之規定，對深度基準面之選擇應以該地區之經常海水面極少會落於該潮面之下者為宜。以下即舉我國、英國、美國以及日本為例，針對目前海圖之深度及高度基準面之使用逐一說明如下：

1. 我國：我國多採用平均海面下之水面。此係依據潮汐調和分解而求取之太陰半日（週）潮、太陽半日（週）潮及日月合成日（週）潮、太陰日（週）潮之半潮差，此種水面在英國稱為印度大潮低潮面（Indian Spring Low Water），約等於最低潮面，我國稱為約最低低潮面（Approximate Lowest Low Water）。另高度基準面由平均海水面算起，其採用之標準與單位，在海圖內均有標名，高度在海面加括弧，表示與深度有別。
2. 美國：於太平洋海岸、夏威夷及菲律賓群島以平均較低低潮面（Mean Lower Low Water）為深度基準面，而大西洋沿岸、墨西哥灣則以平均低潮面（Mean Low Water）為深度基準面。高度基準面方面除於海圖標題另有描述外，均以平均高潮面（Mean High Water）為其高度基準面。
3. 英國：原以平均大潮低潮面（Mean Low Water Spring）為基準面，但近年英國已改採最低天文潮位面（Lowest Astronomical tide）。高度基準面則除於海圖標題另有描述外，均以平均大潮高潮面（Mean High Water Spring）為其高度基準面。
4. 日本：以約最低低潮面（Approximate Level of Lowest Low Water）為海圖基準面。高度基準面則除於海圖標題另有描述外，均以平均高潮面（Mean High Water）為其高度基準面。

由此可知，各國所採用之深度基準面在理論意義及實務推求上皆有所不同，而世界各國依據海區潮汐性質不同所採用之不同計算模型中，較為主要之模型可詳列如表 5-13 之中。

表 5-13 主要國家深度基準面之計算模型表（梁開龍，1995）

深度基準面名稱	計算公式	採用國家
平均大潮低潮面	$L = H_{M2} + H_{S2}$	阿爾巴尼亞、德國、義大利、南斯拉夫、希臘、加拿大、丹麥、比利時、印尼、阿根廷、巴拿馬
最低大潮低潮面	$L = 1.2(H_{M2} + H_{S2} + H_{K2})$	法國、西班牙、葡萄牙、巴西等
平均低潮面	$L = H_{M2}$	荷蘭、美國(大西洋沿岸)、瑞典
平均較低低潮面	$L = H_{M2} + (H_{K1} + H_{O1}) * \cos 45^\circ$	美國(太平洋沿岸)、菲律賓等
約最低低潮面	$L = H_{M2} + H_{S2} + H_{K1} + H_{O1}$	日本、印度、中國大陸(1956 年以前)、中華民國等
理論最低潮面	$L = (fH)_{K1} \cos \varphi_{K1} + (fH)_{K2} \cos(2\varphi_{K1} + a_4) - (R1 + R2 + R3)$	中國大陸(1956 年以後)、俄羅斯、越南等

上列算基準面之計公式中，L 表平均海水面以下深度基準面之位置， H_{M2} 及 H_{S2} 分別為主要太陰及太陽半日分潮的振幅， H_{K1} 及 H_{O1} 分別為主要太陰及太陽半日分潮的振幅， H_{K2} 為 K2 分潮的振幅， $(fH)_{k1}$ 為 K1 分潮的振幅（其中 f 稱為交點因子，它是因月球軌道 18.61 年變化而引入對平均振幅 H 的一年修正）， $(fH)_{k2}$ 為 K2 分潮的振幅， φ_{k1} 為 K1 分潮的相位角（相位角可決定該分潮的週期）， $\varphi_{k2} = 2\varphi_{k1} + a_4$ 為 K2 分潮的相位角（其中 $a_4 = 2g_{k1} - 180^\circ - g_{k2}$ ， g_{k1} 及 g_{k2} 為 K1、K2 分潮的調和常數）， $R_1 = (M_2^2 + O_1^2 + 2M_2O_1 \cos \tau_1)^{1/2}$ （由 M_2 、 O_1 分潮計算出的合成影響量）， $R_2 = (S_2^2 + P_1^2 + 2S_2P_1 \cos \tau_2)^{1/2}$ （由 S_2 、 P_1 分潮計算出的合成影響量）， $R_3 = (N_2^2 + Q_1^2 + 2N_2Q_1 \cos \tau_3)^{1/2}$ （由 N_2 、 Q_1 分潮計算出的合成影響量）。

（四）電子海圖前置資料製作之參考基準建議

1. 基準面誤差考量

臺灣本島陸地高程系統之起算基準為基隆平均海水面，而平均海水面是透過長期潮汐觀測所決定。若以臺灣西海岸之潮汐特性為例，其受到較東海岸坡度為緩之海底地形特性影響，便會導致太平洋深水潮在進入臺灣西海岸後，因受淺水效應之影響而使原波形受到扭曲，造成許多高頻率之非線性小分潮，並導致潮汐不規則（潮差）之現象（如圖 5-40）。由圖中

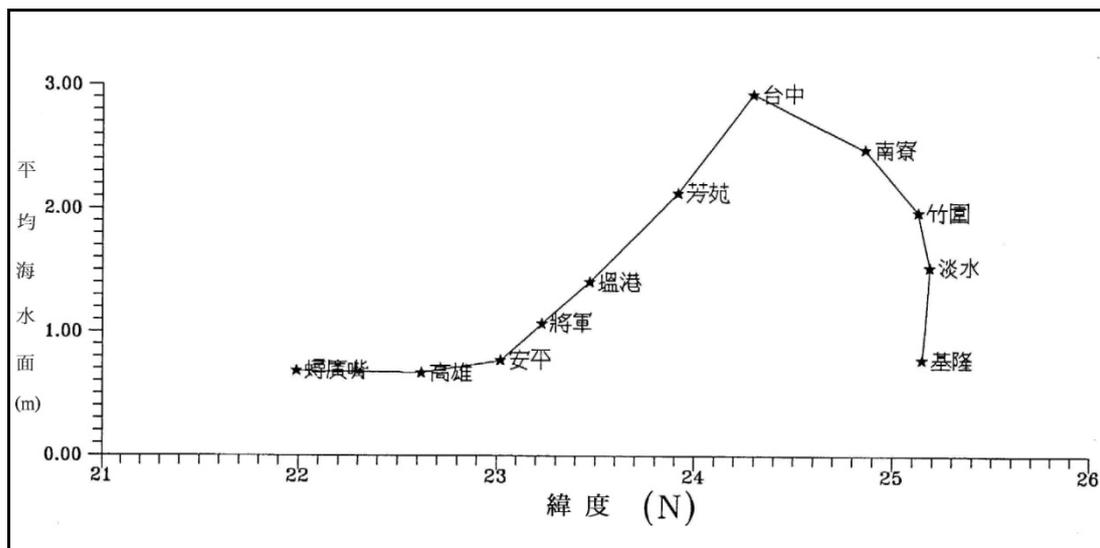


圖 5-41 臺灣西海岸平均海水面高度比較圖 (吳祥雲等, 1998)

故為求精確計算平均海水面或深度基準面之高度位置，必須利用足夠時間長度之潮汐觀測資料方得進行。例如，欲使基準面之測算精度達到 ± 1 cm，則對於沿海一些驗潮港口而言，就必須經由至少 19 年之潮汐觀測資料加以計算方可獲得。由於真實的平均海水面並不容易求得，且測出之平均海水面高度在每日、每月、每年之時刻都是不一致，故一般係利用多年的平均海水面值來近似代表。但根據潮位站潮汐觀測時間的長短不同，所計算出的短期平均海水面便會與多年期平均海水面出現差異，其間的最大偏差量可如表 5-14 所列。

表 5-14 觀測時間長度決定平均海水面之偏差值表 (引自[陳永奇, 1996])

觀測時間	1 個月	3 個月	半年	1 年	2 年	5 年
最大偏差量	60 cm	40 cm	25 cm	10 cm	8 cm	5 cm

故由表 5-14 之數值當可了解，持續進行長期性潮位觀測，為建立電子海圖參考基準之必需條件。美國陸軍工程署之作業規範中指出，可分別於不同地區設立長期(主要)、中期(次級)與短期(第三級)之潮位站，其中長期(主要)控制潮位站為一至少需要 19 年週期之連續驗潮觀測站，主要可利用其潮汐資料計算調和分析常數，以供潮汐預報及基準面推算之用。中期(次級)控制潮位站為一觀測時間可以少於 19 年但必須大於 1 年以上週期之

潮位站，以提供 365 天海平面季節變化之調和分析使用。短期(第三級)潮位站則為觀測時間少於 1 年但至少要有 30 天週期之潮位站，其主要在於提供 29 天之調和分析常數[USACE, 2001]。

2. 基準面形式

(1) 平均海水面

在海道測量中，依海圖深度基準面所表示的深度，主要係方便於航海應用及航海安全，但深度基準面的直接計算或傳遞作業均可能存在較大之誤差，因此，同一測區使用不同潮汐觀測年份或用不同潮位站組合所確定之深度基準面，便可能存在較大偏差，也就不利於海洋深度的一致性呈現。

由於平均海水面具有較高的觀測和計算精度，亦可是海道測量選用垂直基準面之考量之一。對於以深度基準所表示之傳統海圖而言，僅需透過基準之線性轉換，即可建立以平均海水面為基準之深度資料，這對科學上之應用而言，當可具有海陸測點在垂直坐標呈現上之一致性。

但由於海洋動力的恆定原理，不同潮位站之平均海水面並不會位於同一等位面上，因此若將各潮位站所得之平均海水面以大地水準面為基準加以表示時，便應考量海水面地形 (Sea Surface Topography, SST) 的呈現問題。而在海道測量之相關實務中已證明，無論長期潮位站平均海水面之直接計算，還是短期潮位站平均海水面之傳遞作業，都可以達到理想的精度。因此，若以當地平均海水面為垂直基準時，即可獲得以該垂直基準面所表示之深度，亦即所謂之平均水深或無擾動水深。就大地測量學之定義而言，若能再行施加海水面地形 (SST) 改正，則可進一步獲得以大地水準面為基準之深度[張嘉強，1997]。

(2) 橢球面

在可採用的海洋垂直基準面中，橢球面與大地水準面是屬於連續的參考面，而海圖所慣常使用之深度基準則是屬於不連續的參考面 (各測區不同)。隨著近年來 GPS 在海道測量中的廣泛應用，已有提出以橢球面為海

洋統一垂直基準面，試以建立無接縫（seamless）垂直基準面的構想 [El-Rabbany & Adams, 2004]。

在此一構想中，GPS 施測所提供之幾何高可轉換為具有實用價值的海圖高，其過程需透過兩個步驟來達成：

- A. 可採用幾何法或重力模型法由幾何高（以橢球面為參考面）轉換到正高（以大地水準面或中潮位之平均海水面為參考面）
- B. 正高再轉換到海圖高（低潮位面）。

對於第 1 步的轉換，即為熟知的幾何高與正高的轉換，以所謂的幾何法為例，其是利用一定數量且均勻分布的 GPS/水準點高程資料，先行建構大地水準面與橢球面之垂直向差距（大地起伏）的幾何模型，再採位置相關的幾何方法直接估計大地起伏在區域的變化，進而確定區域大地水準面的一種方法。重力模型法則是屬於物理性之大地水準面模型，其是利用重力、水準及 DTM 等資料，透過模型計算而獲得，此法之計算程序較為複雜，但大地水準面模型一旦建立，則可較長較廣泛的加以使用。

對於第 2 步的轉換，則因深度基準之定義是離散與跳變的，若直接應用於水深測量，極可能導致水下地形與真實地形的不匹配，也會在相鄰海圖之界面處出現跳躍地形，為此必須建立一個既能反應既有海圖基準定義，又能反映海圖基準變化連續性及漸近性之海圖基準轉換模型。

海圖使用之深度基準面是依據潮位站常年潮位觀測資料所建立，亦可利用水準或 GPS 方法來進行基準面聯測作業，以獲得該基準面相對於大地水準面之高程，進而實現正高與海圖高之間的轉換，亦可由此建構海圖基準面之高程資料。例如，任意測點 P 是相對於兩個海圖基準之定義點 T1 及 T2，如果 T1 和 T2 的海圖基準高程分別為 h_1^c 和 h_2^c ，則 p 點之海圖基準高程 h_p^c 便可表示為 [趙建虎，2007]：

$$h_p^c = h_1^c + S_{T_1P} \frac{(h_2^c - h_1^c)}{S_{T_1T_2}}$$

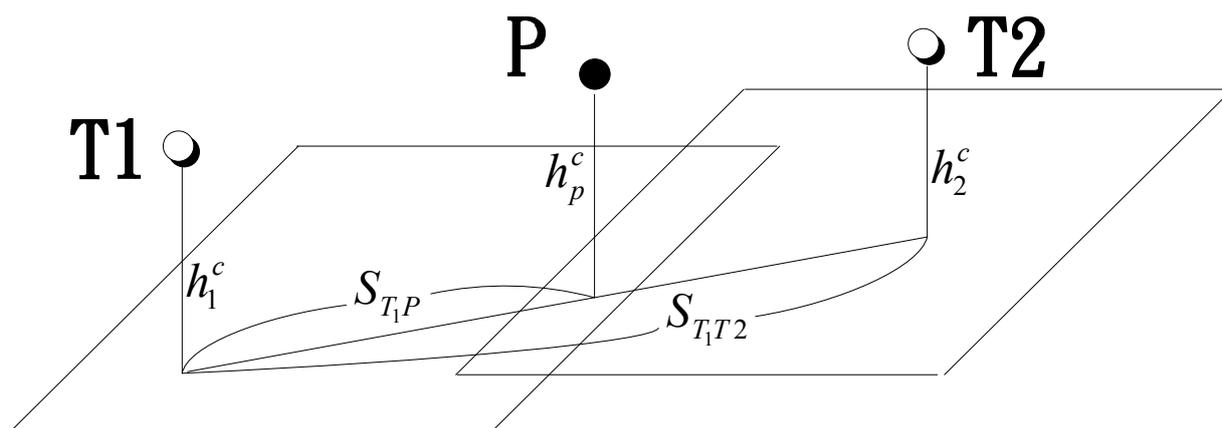


圖 5-42 海圖基準轉換示意圖

式中， S_{T_1P} 為 T1 到 P 之間的距離， $S_{T_1T_2}$ 為和 T2 之間的距離。在獲得此類之海圖基準高程之內差模型後，便可進行正高 H^O 與海圖高 H^C 轉換：

$$H^C = H^O + h^C$$

此方法可進行橢球面與深度基準面之間的轉換，實際上也可使海洋垂直基準間所缺乏之連續性予以解決，進而為無接縫垂直基準面建立基礎。

(3) 最低天文潮位面

在海圖服務必須顧及船隻航行安全之重要考量下，海圖所採行之深度基準面，就須要求其應定義在當地平均潮位面之下，且瞬時海水面應少低於該面。為達此一標準，海圖基準將可採用較新型之最低天文潮位面 (Lowest Astronomical tide, LAT)，或是相當於 LAT 之約最低低潮面（我國現行之海圖基準），且應以 LAT 為長期目標。目前已有英國、加拿大、澳洲等國採用 LAT 作為國家海圖的水深參考基準。LAT 為最低之理論潮位面，其可使所有的潮汐高度為零值（含）以上之正值，可避免模糊值的產生以明確定義高度之狀態符號。因 LAT 的計算僅考量平均氣象條件，以及地球、月球及太陽之間交互引力的作用，故一般僅會在特定氣象因素的作用下（如高壓系統等），才會出現比它更低之潮位面，也因此採用 LAT 作為水深基準時，所測製之海圖將可在航行安全性上，具有最大的優勢。

(4) 基準特性比較與建議

綜合前述可行之海圖基準面各式類型，現將其特性進行比較並說明如表 5-15。由於海圖基準之建議須回歸至使用用途與安全原則，故建議未來海圖基準應採用最低天文潮位面，以利未來與國際接軌，並且建議須進行基準面聯測工作。以介接各地潮位建置統一測深基準。

表 5-15 三種海圖基準面之特性比較表

基準面類型	特性	
	優勢	劣勢
低潮位面 (最低天文潮位)	1. 國際規範建議之測深基準 2. 具有航行安全性保障 3. 誤差模式及資料運用較為一般熟知及慣用	1. 具有各式之低潮位面，其定義與計算模式須確認 2. 不連續之參考面，建置統一測深基準需有聯測措施 3. 測深時之瞬時海水面與基準面之間的關係需借助輔助觀測聯繫。
中潮位面 (平均海水面)	1. 可與陸域高程基準相一致 2. 平均潮位面具較高觀測和計算精度 3. 透過低、中潮位面之線性關係即可進行水深轉換	1. 航行安全性之保障較低 2. 測深時之瞬時海水面與基準面之間的關係需借助輔助觀測聯繫 3. 須引入海水面地形 (SST) 資料方能聯繫不同潮位站
幾何面 (橢球面)	1. 基準面制定無需進行中、低潮位面計算 2. 測深時之瞬時海水面與基準面之間的關係可透過 GPS 直接聯繫	1. 最低之基準面，航行安全及航道使用之保障低 2. 水深值呈現與認知概念尚待建立 3. 另須建立大地水準面計算模式方能與潮位模式連結

3. 辦理基準面聯測

根據國際海道測量組織之海道測量標準規範[IHO, 1998]，以及美國聯邦地理資料委員會(Federal Geographic Data Committee)所訂定之標準可知[FGDC, 2000]，潮汐的觀測時間應盡可能延長其週期，且不得少於 29 天，尤其在特等測量中，驗潮儀之量測總誤差，在 95%信心區間內不可超過±5 cm，其餘各等級之測量則不得超過±10cm。針對此項要求，傳統作業於測

區架設臨時驗潮儀進行潮汐觀測之作法，似已不易符合精度之需求，當測區範圍之幅員廣闊，其所依據之南北附近潮位站可能有所不同，也因此可能引發深度基準面不一致之誤差，造成所測海圖內之水深資料會有不一致性之情形，非得需要長期之潮位站資料，方有可能達成作業目標。而圖幅之間的重疊區內，更可能造成同一測深點會在不同海圖內出現不同之水深成果資料，這都是由於深度基準面相關誤差效應所導致之現象。在同時考量時效與精度需求之條件下，建議可利用 GPS 同步測定大範圍測區較長期潮位站 GPS 點 (Tide Gauge GPS Station, TGGS) 幾何高程，以進行長期與臨時性深度基準面聯繫推算，進而在空間、時間與精度上，取得優於傳統基準面傳遞方法之表現[劉雁春，2000][Chang & Sun, 2004]。

三、研擬海域基本圖測量作業手冊

目前我國海域國土範圍，依據行政院 98 年 11 月 18 日院臺建字第 0980097355 號令公告修正「中華民國第一批領海基線、領海及鄰接區外線」，海域國土包含內水、領海及鄰接區範圍之面積廣達 80,000 平方公里。而海域基本圖由主管機關內政部研擬「基本測量及圖資測製實施計畫」，其圖幅接近岸、領海與鄰接區規劃，並於 100 年至 104 年先行測繪近岸海域基本圖。

故為規範海域基本圖資料產製項目、程序、精度要求與驗收品質，並使作業成果內容標準化，俾利於後續圖資整合運用，本案將研擬「海域基本圖測量作業手冊（草案）」，於作業手冊內容詳列包括作業項目、作業程序、作業方法、精度要求、成果項目與格式。以供相關作業人員遵循，使未來海域基本圖測繪作業工作順利推展，以確保作業成果品質。為求建立合乎實用之作業手冊，研擬過程包含：

(一) 海域基本圖測量相關資料蒐集

1. 測量規範：國外部分如參考國際水道測量組織 IHO 之測量標準 SP 44(IHO Standards for Hydrographic Surveys 5th Special Publication No.44)；國內則蒐集內政部「領海及鄰接區海域基本圖測量規範草案」、交通部運研所港灣研究中心之「港灣水域多音束測深規範(草案)」與水利規劃試驗所之「海岸防護規劃基本資料觀測調查作業規範(草案)」等相關測量規範。
2. 需求規格與成果報告：蒐集近年海域測量相關計畫之需求規格與成果報告，如國土測繪中心 96 年度「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」。
3. 技術研究文獻：如交通部運輸研究所港灣技術研究中心之「淺水域多音束量測水深技術研究」、內政部國土測繪中心「人為誤差影響水深測量成果精度之研究」等相關技術研究文獻。

(二) 資料分析與初稿撰寫：

待相關資料蒐集完成後，即針對各作業項目、作業程序、作業方法、精

度要求、成果項目與格式，綜覽分析文獻相關說明，以進行作業手冊初稿之撰寫，作業手冊初稿詳見本案期中交付資料：「海域基本圖測量作業手冊初稿」。以下為海域基本圖測量作業手冊章節要項說明：

1. 前言：描述海域基本圖測量作業手冊於國土測繪法之訂定依據，並描述訂定原則、使用對象、使用時機與訂頒與修正相關事項。
2. 作業程序：

主要針對海域基本圖整體作業分工、作業流程與年度作業時程進行說明，並說明測製計畫規劃應有內容，以及以下各項作業應辦理之內容程序：

- (1) 控制測量：含控制基準說明、控制點規劃、平面與高程控制測量、成果檢核、控制點位紀錄與成果報告。
- (2) 水深測量儀器標準檢校作業：含儀器檢校、試驗區水深測量、船隻導航定位、姿態角觀測、聲速剖面量測、潮位觀測、水深修正、資料處理與雜訊濾除、資料檢核與精度計算，經前述程序後判定測繪廠商之測深系統是否合格。
- (3) 岸線測繪：含測區規劃、外業測量、內業製圖與陸域 DEM 資料製作。
- (4) 水深測量：含航線規劃、儀器檢校、水深測量、船隻導航定位、姿態角觀測、聲速剖面量測、潮位觀測、水深修正、資料處理與雜訊濾除、資料檢核與精度計算，經前述程序確認精度合格後輸出 ASCII 檔案 (N,E,Depth) 與測深資料網格化，以作為海域基本圖之水深測量成果。
- (5) 底質調查：含儀器檢校、音束測深回波強度偵測或側掃聲納成像，配合實地採樣成果進行樣本區比對，建立聲納成果與實地採樣成果兩者間之關係式，以作為海床表面分類依據。
- (6) 潮流觀測：含觀測站選址、選用儀器、觀測與達成率評估、資料檢核品管與成果建置。
- (7) 數值高程模型：含陸域高程與海域水深成果 DEM 製作與資料彙整、分幅切割、詮釋資料製作與成果產出等。

- (8) 海域基本圖：含網格化水深值製作等深線、圖面編纂與圖幅整飭、資料彙整與分幅切割、出圖版面與詮釋資料製作、成果圖產製等。
 - (9) GIS 格式圖資：含 CAD 檔圖面確認、空間及屬性資料萃取、轉換後空間資料修正、成果檢核與成果產置等。
 - (10) 電子航行圖前置資料：含電子海圖控制基準說明、圖幅範圍與製圖比例尺確認、水深紀錄檔、海測清繪圖製作與其他敘述性報告、成果檢核與成果產製等。
3. 測圖計畫：測圖計畫應依據計畫涵蓋地區及工作數量，先期規劃各項工作進度時程、人員調配、採用之儀器設備、分析技術及各相關材料準備等工作之內容與時程，並蒐集測區現有控制點及相關圖籍等資料以利先期規劃，最後交付工作計畫書。
 4. 控制測量：控制測量乃針對陸域挑選已知控制點，引用其空間坐標作為本專案測量上之控制基準，並視實際環境狀況補設控置點與潮位站點，進行平面控制測量作業，檢核已知點位坐標與獲取新設點位坐標。而高程控制方面應選擇測區內一等水準點，以直接水準測量測至潮位站，作為後續水深測量引點設置潮位站之高程依據。

(1) 工作精度與要求：

採用 1997 臺灣地區大地基準(TWD97)與 2001 臺灣高程基準(TWVD 2001)，於海域深度部分以測區當地潮位站最低低潮位面為深度基準，並需量測 TWVD2001 高程基準與該潮位站間之高程差值。坐標系統之地圖投影方式採用橫麥卡托 (Transverse Mercator) 二度分帶，其中央子午線定於東經 121 度(澎湖、金馬地區定於東經 119 度)，投影坐標原點向西平移 25 萬公尺，中央子午線尺度比為 0.9999。並說明 GPS 靜態測量、精密導線測量、直接水準測量之要求。

- (2) 作業準備：針對測區範圍進行基本控制測量成果資料查詢與申請、作業表格準備、預備平差計算、繪圖、電腦、繪圖周邊設備等與完成儀

器之測試與校正

- (3) 檢核已知點：含現地勘查已知控制點點況、平面控制檢測原則、高程控制點檢測原則等。
 - (4) 控制點規劃：針對基本控制測量成果申請資料與現勘檢核之成果，評估現有點位於測區分佈是否均勻，再規劃控制點補設數量與位置。包含作業原則（透空、通視、干擾、分布密度之綜合評估）、作業方法（圖上選點與實地勘查等），經前述作業後再進行補設控制點工作。
 - (5) 外業施測：描述 GPS 衛星測量、精密導線測量、直接水準測量之施測方法，以供測繪廠商視實際狀況選用。
 - (6) 平差計算：描述 GPS 衛星測量、精密導線測量、直接水準測量之平差方式。
 - (7) 成果檢查：描述平面控制與高程控制之檢查原則，如觀測基線長標準誤差、閉合差等說明。並限定點位紀錄表格式，與檢察控制點位分佈圖、已知平面控制點檢測表、已知高程控制點檢測表、補設控制點說明、補設控制點平面控制測量與高程控制測量之精度分析與觀測基線網形圖等相關資料。
5. 水深測量儀器標準檢校作業：建置廠商需於海域水深測繪工作開始時，需由國土測繪中心或監審廠商選擇 1 處不小於 1 平方公里區域為作業區，進行海域水深測量儀器標準檢校作業。透過將作業流程於測試區內先行測試一次，可確認儀器設備狀況與成果品質之精度是否合乎要求，以便及早作出應變。
- (1) 工作精度與要求：描述水深測量精度規範（參考 IHO S44）之各級精度，判定檢校儀器精度，各儀器精度與其適用量測等級應吻合，不可採用精度不足設備進行後續水深測量工作。
 - (2) 作業準備：含試驗區選定、潮位站架設與備妥欲檢核之測深設備、載具與紀錄清單。

- (3) 儀器校驗：對海測過程所有協同工作之儀器進行校驗，含平面定位系統（RTK 或 DGPS）檢測、潮位高程系統、聲速校正、儀器架設參數修正等。
 - (4) 外業水深測量：確認 GPS 定位系統與檢查船載儀器皆正常運作（GPS、動態姿態感測儀、電羅經、多音束測深機、表面聲速儀、電腦及導航軟體）。並填寫測量工作記錄表（多音束），記錄各使用儀器及參數。作業中隨時監控船隻航行路徑、船隻航行速度、儀器狀態、資料傳輸狀況、資料品質等，並填寫測量工作記錄表。同時於測區內施放聲速剖面儀，記錄其施放位置，即時下載並檢查資料。
 - (5) 內業資料改正：內業資料改正應包含潮位資料改正、聲速剖面修正、船隻姿態修正等項目，解算流程為：船隻姿態表→聲速剖面修正→潮汐修正→資料合併→解算總傳播誤差。
 - (6) 成果精度評估：水深測量如採用多種儀器設備，其各別施測成果應內插為網格方式（1/5,000 為 2 公尺、1/25,000 與 1/50,000 為 5 公尺），再進行測深成果差值評估。並製作檢核結果表，記錄檢驗點數、誤差平均值、各等級測深誤差極限、未達各等測深點數與是否符合特等、一等或二等測深。
6. 岸線測繪：岸線地形測繪之範圍，主要指接續水深測量海域範圍，至岸線特徵物為止，期間涵蓋潮間帶與濱海陸地區域，如遇淡水河口則需與國土測繪中心協調，而各級漁、商港區範圍港區如管轄之港務局已有測繪成果可供整合，則不需辦理外業，惟於資料取得後應進行後續整合製圖工作。
- (1) 工作精度與要求：描述航拍原則、航測控制點分布與內業製圖測繪平面精度。地面導線測繪請參照地籍測量實施規則相關規定辦理。
 - (2) 作業準備：航空攝影測繪應完成航線規劃、航測標佈設、航飛申請與航空攝影設備準備等工作。

- (3) 外業施作：含攝影方式（垂直連續攝影）、攝影時機與攝影紀錄之說明。
 - (4) 影像處理：直接下載數位影像成果，並經影像拼接、融合、調色等步驟處理後得到最終數值影像，並描述影像品質要求。
 - (5) 空中三角計算：採用數值立體測圖儀或航測影像工作站量測空中三角連結點及設有空標之平面、高程控制點。並說明量測誤差限制、連結點標準與平差計算過程（最小約制平差、強制附合平差）。
 - (6) 內業製圖：描述岸線測繪應包含內容，而各種資料需以立體製圖方式分層建置。並說明測圖比例尺、模型測繪範圍及改正事項、數值立體測圖一般作業原則與調繪補測規則。
7. 水深測量：水深測量作業應包含平面定位部分—依陸域平面控制成果以 GPS 執行定位；測深工作部分—音束測深與載具姿態及聲速誤差改正；以及驗潮作業—包含潮汐量測及改正。
- (1) 工作精度與要求：描述水深精度規範、音束施測規範、水深測量平面定位要求、測深工作要求、驗潮作業工作要求與資料改正處理要求。
 - (2) 作業準備：含施測前置作業（航線規劃、海上作業申請）與完成潮位站驗潮儀器設置。
 - (3) 平面定位：含裝備檢查、基站架設、儀器測試、載具儀器架設、資料接收與下載等。
 - (4) 測深工作：含作業環境評估、儀器裝載、測試與檢校、測深作業、水體資料蒐集（聲速）、資料下載等。
 - (5) 驗潮作業：可採近岸架設潮位站配合潮位模式修正，或採無驗潮方式直接以 RTK 測高。
 - (6) 資料改正處理：含原始資料載入、姿態改正作業、聲速修正作業、潮位修正作業、資料篩選作業與資料檢核作業。
 - (7) 整體成果檢核：說明優於水深精度規範之比例與超過水深精度要求之點數；確認是否通過成果檢核。

8. 底質調查：海域基本圖測量除水深資訊，海底底質分布狀況亦為海域重要資訊，故規劃底質調查工作，以期透過現地採樣與聲波感測方式了解海底概況。
- (1) 工作精度與要求：多頻音束回波強度與以及側掃聲納方式進行海底底質成像，其定位方式與平面精度要求應與水深測量之平面精度一致，分類依據參考依據 IHO S-57 電子海圖表層屬性與特性分類。
 - (2) 作業準備：備妥多組音束測深儀或側掃聲納、船行載具與紀錄清單，並完成完成儀器校驗工作。
 - (3) 現地採樣與分析：依據規劃採樣點位進行採樣，並進行礦物成份分析、碳酸鈣含量、粒徑分析，以分類樣本之表層屬性與特性。
 - (4) 多頻音束調查方式：使用不同頻率聲納設備蒐集水深及聲納回跡資料，比對不同頻率聲納測深結果。
 - (5) 側掃聲納成像方式：針對成像紋理與採樣資料比對。
 - (6) 海床表面分類：藉由回波強度或側掃聲納成像成果，可與樣本區分析成果求得迴歸公式，可計算計畫區內海床底質表面分類，或採用監督式、非監督式影像分類技術分類海床表面。
9. 潮流觀測：流速及平面流場調查時程需選擇大潮時期進行觀測，主要程序係將觀測儀器裝載 DGPS 衛星定位系統，拋放於預先規劃之觀測水域，以海上漂流浮標追蹤法，進行規劃觀測海域的流場觀測。
- (1) 工作精度與要求：說明短期流場觀測調查方法（資料浮標、水下剖面流速儀、漂流浮標）與工作要求。
 - (2) 作業準備：含觀測站選址與觀測儀器選定與檢校。
 - (3) 潮流觀測：說明各方法應連續觀測時間與環境限制因素，並進行儀器傾斜角修正。
 - (4) 資料評估與檢核品管：針對達成率與資料品管部分確認測量成果的合理性。

- (5) 成果製作：製作流場成果分析圖表，定點觀測應製作流速向時序列圖，不定點觀測應製作平均流速紀錄表、漲退潮時段漂流軌跡圖。
10. 數值高程模型：數值高程模型(Digital Elevation Model；DEM)，乃針對不含地表植被及人工構造物時地球表面自然地貌起伏的數值模型。
- (1) 工作要求：說明須製作的數值高程模型網格大小，並分高度與深度基準製作兩套。
- (2) 製作程序：含陸域數值高程模型製作程序、海域數值高程模型製作、海陸域資料整合與等高線內插計算等工作。
- (3) 產製成果：成果應分幅存檔，資料格式數據以公尺為單位，坐標位數保留至小數點以下 2 位。每幅數據需有詮釋資料（參考「國土資訊系統相關數值資訊詮釋資料製作須知」），並繳付精度檢核報告。
11. 海域基本圖：水深測量成果經改正與彙整岸線、底質資料後，按內政部「基本地形圖資料庫地形資料分類編碼表」及「基本地形圖資料庫圖式規格表」規定分幅編輯及圖面整飾（含圖元類別與註記、圖式線號、圖例、圖廓、方格線、方格線坐標、圖號、比例尺、地名、行政界線、圖幅接合表等）整理成海域基本圖，並每幅製作出圖檔。
12. GIS 格式圖資：為利日後各項地理資訊系統應用使用，將數值地形圖向量成果(CAD 格式)，進行圖形物件、屬性資料及位相關係等資料處理，轉置數值地形圖地理資訊圖層。
- (1) 工作要求：在 GIS 格式圖資方面，應進行 CAD 圖形轉檔、圖形整理、分層處理、位相關係建立、圖元編碼、屬性欄位建置、屬性建檔編修等 CAD 地形圖轉置 GIS 資料格式（Autodesk Map DXF、MapInfo MIF/MID、ArcView SHP）作業。
- (2) GIS 資料製作程序：GIS 圖形資料包含圖形資料及詮釋資料，建置程序則分成二個部分，首先為進行 CAD 圖形轉檔、圖形整理、分層處理、位相關係建立、圖元編碼、屬性欄位建置、屬性建檔編修等 CAD 地形

圖轉置 GIS 資料格式，而第二部分為詮釋資料的建立。

- (3) 成果檢核與圖面確認：圖層轉換完成後，應針對圖層大類與名稱、坐標系統、空間相位、屬性欄位與詮釋資料逐一檢核，以確認資料之轉換正確性，檢核標準以國土測繪中心之 GIS 圖層自動檢核程式為自動檢核標準。圖面確認則為逐區確認圖面美觀，並查詢圖徵屬性確認是否正常。
13. 電子航行圖前置資料：海域基本圖之測繪成果，除 GIS 格式轉換工作外，測製廠商應製作符合 S-57 規範之電子航行圖前置資料。
- (1) 工作精度與要求：電子航行圖基準就深度基準採當地最低低潮位、高度基準為 TWVD2001 高程基準、平面基準為 WGS84。並製作水深紀錄檔、海測清繪圖與整理其它敘述性報告。
 - (2) 水深記錄檔製作：採用音束測深原始成果，以海測軟體匯出純文字檔 (ASCII 碼) 格式，每筆水深紀錄應包括「測繪日期時間」、「水深」、「定位坐標」、「潮差修正後之水深」、「是否標繪於清繪圖」等欄位。
 - (3) 海測清繪圖製作：將已繪製完成之立製圖檔分別將各個不同之圖層轉換成以 S57 物件為分類之圖層，並依照圖資幾何形態分類為點、線、面等圖層。圖面坐標系統應轉換成 WGS84 坐標系統。
 - (4) 其它敘述性報告：含蒐集海軍出版之中華民國最新版最大比例尺海圖以及最新版水道燈表、調查確認施測範圍內所有的固定及浮動物、修正任何移位、破壞、已移除、失去原設作用、海圖尚未標繪記載或錯誤等狀況與彙整潮流觀測之流向流況資料成果。
14. 測製成果報告：測製成果報告應完整陳述各項工作內容、方法與成果。
15. 成果監審：成果監審指針對海域基本圖測量作業之成果進行檢查及驗收工作，成果檢查乃針對各工作項目之成果進行確認，成果驗收則指於工作進度查核點，就測繪廠商所交付之期初、期中與期末相關成果進行驗收。成果監審應按各項作業之成果檢查表檢查，監審項目含：

- (1) 測圖計畫內容檢核
- (2) 控制測量檢核
- (3) 岸線測繪檢核
- (4) 水深測量檢核
- (5) 海床底質調查檢核
- (6) 潮流觀測檢核
- (7) 數值高程模型檢核
- (8) 海域基本圖檢核
- (9) 海域基本圖 GIS 資料檢核
- (10) 電子航行圖製圖之前置作業資料檢核
- (11) 成果繳交資料檢核

建置廠商各階段成果如檢查未通過時，應更正成果後送監審廠商復查至通過為止。而各階段成果驗收以監審廠商各項成果檢查紀錄文件為主，監審廠商需彙整為監審成果報告，待通過國土測繪中心審查方可辦理成果繳交。

16. 成果繳交管理：為利海域基本圖成果後續整合運用，測繪廠商應於成果檢查與驗收完成後，於當年度 12 月前將成果繳交至國土測繪中心，以利國土測繪中心進行後續管理與評估執行績效。海域基本圖測繪成果包含地形圖、GIS 格式資料、數值高程模型與電子航行圖前置資料，可提供不同領域應用，如分析、計算、展示決策與便於流通等目的使用。
17. 工作進度管制：為使計畫如期如質順利完成，除期初工作計畫、期中報告與期末報告等查核點外，應執行每月工作進度通報與實地查證工作。工作進度通報自當年度 3 月起至海域基本圖測製工作完成月份為止，每月 3 日前應通報前 1 月之工作執行情形（遇假日提前通報）。而國土測繪中心就每月工作進度通報內容，可不定期派員實地查證工作情形。
18. 名詞解釋：針對作業手冊所出現之海測專有名詞進行條列說明。

(三) 專家會議

由於海測作業涵蓋項目廣泛且各有專精，為求作業手冊內容合乎一般海測作業使用，避免作業內容可能之闕漏錯誤，本案特召開 2 次專家會議討論「海域基本圖測量作業手冊」內容，規劃於第 1 次會議召開前須完成作業手冊初稿，再依據第 1 次會議結論辦理作業手冊修訂工作，於期中交付成果後再辦理第 2 次會議，再次針對手冊內容詳細確認，以使手冊內容合乎實用。

本案第 1 次專家會議因考量國內產、官、學界與海測相關之專家眾多，為求使各專家有充裕發言時間，本公司分為臺北、臺中與臺南三地辦理第 1 次專家會議。表 5-16 為第 1 次專家會議各場次之時間地點，表 5-17 為第 1 次專家會議議程共同議程，圖 5-43 至圖 5-45 摘錄各場次現場討論照片，有關各次會議紀錄與意見回覆，詳見海域基本圖測量作業手冊之附錄二「第 1 次專家會議會議紀錄與意見回覆」。

表 5-16 第 1 次專家會議時間地點表

場次	時間	地點
臺北	99 年 8 月 23 日 (一) 下午 1:30 ~ 4:30	臺北喜來登大飯店 2F 寒舍食譜 臺北市忠孝東路一段 12 號
臺中	99 年 8 月 25 日 (三) 下午 1:30 ~ 4:30	臺中亞緻大飯店 27F Room 1 臺中市西區英才路 532 號
臺南	99 年 8 月 27 日 (五) 下午 1:30 ~ 4:30	臺南香格里拉遠東國際大飯店 9F 會議室 臺南市東區大學路西段 89 號

表 5-17 專家會議議程表

時間	項目
1:00 ~ 1:30	報到
1:30 ~ 1:35	主持人致詞
1:35 ~ 1:45	工作計畫簡介
1:45 ~ 2:45	作業手冊內容說明與討論(一)
2:45 ~ 3:00	休息
3:00 ~ 4:00	作業手冊內容說明與討論(二)
4:00 ~ 4:20	其他建議
4:20 ~ 4:30	主持人總結
4:30	散會



圖 5-43 第 1 次專家會議(臺北場)現場照片圖



圖 5-44 第 1 次專家會議(臺中場)現場照片圖



主持人 曾清涼教授致詞



內容討論-成功大學 顏沛華教授



內容討論-成功大學 蔡展榮教授



內容討論-中山大學 張功武研究員



內容討論-近海水文中心 范揚洺博士



內容討論-高雄港務局 洪桂滿隊長

圖 5-45 第 1 次專家會議(臺南場)現場照片圖

經過第一次專家會議廣納各方意見後，海域基本圖作業手冊執行方向有較明確之界定與修正，主要修正重點如：手冊精度來源之說明、手冊章節調整、手冊內容詞句與表格的一致化、移除時程相關規定、名詞解釋擴充等。而第 2 次專家會議於 99 年 11 月 17 日(三)下午於臺中亞緻大飯店 27F Room1 召開，其會議議程見表 5-17，會議照片見圖 5-46。有關各次會議紀錄與意見回覆，詳見海域基本圖測量作業手冊之附錄三「第 2 次專家會議會議紀錄與意見回覆」。

於第 2 次專家會議，由各方學著專家就修訂版之海域基本圖測量作業手冊再提供內容修正建議，其主要討論著重於各章內容如有前後不一致之疑義處修正、以及各章工作在實測作業之可行性討論，有關底質調查章節承蒙國立臺灣大學宋國士教授提出豐富修正建議與指導，俾使手冊內容更臻完善。海域基本圖作業手冊現已依兩次專家會議修正完竣，並完成海域基本圖比較分析文件，說明領海及鄰接區海域基本圖測量規範(草案)與手冊工作項目要求上的不同之處，目前主要差異在於工作內容手冊方面有較明確化章節，而所執行工作如 GIS 格式圖資產製、電子航行圖前置資料等部分屬規範未提及的部分，以及製圖比例尺捨去十五萬分之一、加入兩萬五千分之一所衍生出的製圖要求無法對應問題，此部分比較請詳見海域基本圖測量作業手冊之附錄四「海域基本圖比較分析文件」。

另外有關海域基本圖在圖層規劃上，針對海洋領域所擴充之圖層與圖式建議，已撰寫「海域基本圖圖示建議文件」，此乃參考 95、96 年度海域基本圖測量工作成果再加以修改以符合現今內政部最新基本地形圖圖式規格的要求，圖式規格無制定者，以沿用圖式規格編碼或參考國際水道測量組織(International Hydrographic Organization ,IHO)所制定的海圖圖例規範的方式來暫編海域基本圖圖示。文件內容含圖層項目修改列表、圖層項目新增列表與海域基本圖圖示規劃列表，內容請詳見海域基本圖測量作業手冊之附錄五「海域基本圖圖示建議文件」。



圖 5-46 第 2 次專家會議現場照片圖

四、規劃海洋測繪訊息交流平台

海洋資訊的重要程度不論是在國家安全、經濟、資源都相當重要，目前臺灣近岸及海域由各機關針對其轄區以不同方法、設備辦理調查測繪，造成資料重複建置、成果精度不一、及無法提供他人使用等問題。故若有一海洋測繪訊息交流平台，能提供各機關登錄相關測繪計畫資訊，如辦理目的、範圍、時程、工作項目、成果精度要求等，將可避免重複測繪之情形。

本案辦理此一平台先期規劃，彙整目前國內相關海域機關單位之海洋測繪工作辦理情形、所使用之測繪方法、成果管理方式、成果流通供應及未來辦理海洋測繪計畫等資訊，再針對分析完後之資訊及狀況，進行完善之海洋測繪訊息交流平台規劃，其包括架構設計、軟硬體規劃及建議、成本分析。將建立實體平台，並持續管理維護，提供各機關海洋測繪資訊調查、建檔管理使用，使海洋測繪資訊能交流共享。

(一) 國內海洋測繪資訊調查

1. 問卷調查

本案為求完整蒐集了解目前國內海測相關機關單位之測繪資訊，擬定「國內海洋測繪資訊調查問卷」，經國土測繪中心同意後發送調查對象，發送機關詳見表 5-18。有關問卷內容各大項設計茲說明如下：

表 5-18 調查問卷發送單位清冊表

序號	機關(單位)名稱	備註
1	經濟部水利署	
2	經濟部水利署水利規劃試驗所	
3	經濟部水利署第一河川局	
4	經濟部水利署第二河川局	
5	經濟部水利署第三河川局	
6	經濟部水利署第四河川局	
7	經濟部水利署第五河川局	
8	經濟部水利署第六河川局	
9	經濟部水利署第七河川局	
10	經濟部水利署第八河川局	
11	經濟部水利署第九河川局	
12	經濟部水利署第十河川局	
13	交通部運輸研究所(港灣技術研究中心)	

序號	機關(單位)名稱	備註
14	交通部中央氣象局	
15	交通部基隆港務局	
16	交通部台中港務局	
17	交通部高雄港務局	
18	交通部花蓮港務局	
19	交通部基隆港務局台北港分局	
20	交通部基隆港務局蘇澳港分局	
21	交通部高雄港務局安平港分局	
22	內政部營建署	
23	內政部營建署墾丁國家公園管理處	
24	內政部營建署太魯閣國家公園管理處	
25	內政部營建署海洋國家公園管理處	
26	內政部營建署台江國家公園管理處	
27	交通部觀光局北海岸及觀音山國家風景區管理處	
28	交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處	
29	交通部觀光局東部海岸國家風景區管理處	
30	交通部觀光局雲嘉南濱海國家風景區管理處	
31	交通部觀光局大鵬灣國家風景區管理處	
32	交通部觀光局澎湖國家風景區管理處	
33	交通部觀光局馬祖國家風景區管理處	
34	行政院漁業署	其他有關機關
35	行政院海岸巡防署	其他有關機關
36	行政院環保署	其他有關機關
37	經濟部中央地質調查所	其他有關機關
38	內政部地政司	其他有關機關
39	國防部海軍大氣海洋局	其他有關機關
40	高雄市政府海洋局	其他有關機關
41	國家實驗研究院臺灣海洋科技研究中心	其他有關機關
42	各縣市政府	其他有關機關

2. 問卷設計

有關本測調查問卷共分六大項問題進行調查，即：海洋測繪工作辦理情形、所使用之測繪方法、成果管理方式、成果流通供應、未來辦理海洋測繪計畫與對「海洋測繪訊息交流平台」意見與建議。問卷設計初稿經國土測繪中心審議修訂，並補充問卷目的說明與填寫說明後定稿。有關問卷目的說明詳如圖 5-46 與圖 5-48 所示，填寫說明如圖 5-49 所示。以下為各大項問題設計說明：

內政部國土測繪中心「水深測量技術發展先期研究」案 國內海洋測繪資訊調查問卷

壹、問卷說明

一、目的

內政部國土測繪中心預定於 100-104 年辦理海域基本圖測繪工作，提供國土管理、海岸防護、經濟發展使用，達到國土永續經營目的。前開海域基本圖測繪長期目標除了建置全國完整海域基本圖資外，並整合成海洋測繪資料庫，及建立流通訊息平台與開發有關海洋業務決策系統等，建立資料管理、維護及流通機制，便利提供各界正確之海洋測繪資料，作為國家建設與施政基礎，協助國家建設邁向現代化與科學化，提升國家競爭力。

為利海域基本圖測繪工作執行，國土測繪中心依據「建構完整、永續之全國海洋圖資」、「以資料共享、機關合作完成整合海洋國土測繪資訊與資料」、「提供各界正確、即時性之海洋測繪資料，提升國家施政力與競爭力」等計畫願景，規劃海洋測製資料產製維護、海洋測繪資料整合與海洋測繪資料流通等 3 階段工作，朝向「建置全國海域基本圖資料庫」、「建立海洋測繪訊息交流平台」、「開發海洋業務決策支援系統」、「建立海洋測繪圖資快速提供機制」等長期目標邁進，如海域測繪工作藍圖。

海洋資訊的重要程度不論是在國家安全、經濟、資源都相當重要，目前臺灣近岸及海域由各機關針對其轄區以不同方法、設備辦理調查測繪，造成資料重複建置、成果精度不一、及無法提供他人使用等問題，如有一個海洋測繪訊息交流平台，能提供各機關登錄相關測繪計畫資訊（如辦理目的、範圍、時程、工作項目、成果精度要求等），可避免重複測繪；另加入海洋測繪圖資需求之登錄功能，可更有效率提供海洋圖資流通與共用。內政部國土測繪中心於 99 年度「水深測繪技術發展先期研究」案辦理平台先期規劃，彙整目前國內相關海域機關單位之海洋測繪工作辦理情形、所使用之測繪方法、成果管理方式、成果流通供應及未來辦理海洋測繪計畫等資訊，再針對分析完後之資訊及狀況，進行完善之海洋測繪訊息交流平台規劃，其包括架構設計、軟硬體規劃及建議、成本分析。將建立實體平

圖 5-47 國內海洋測繪資訊調查問卷圖（頁 1，目的說明）

為廣納各方對海洋測繪訊息交流平台意見，特設計本問卷，敬請 貴單位撥冗派員填寫回覆。在此先感謝您撥冗填寫，本問卷僅供 99 年度「水深測量技術發展先期研究」案使用，不做其他用途使用。

二、問卷填寫說明

本問卷為 Microsoft-Word 格式文件檔，可逕自捷連科技有限公司網站 (<http://jet-link.com.tw/Questionnaire.doc>) 下載，問卷填寫後請以電子郵件 (roy@jet-link.com.tw) 或傳真(04-22515853)方式回寄，以利彙整，謝謝。

1.捷連科技有限公司 林佑昌 專員

電話：(04)2251-7976 分機 17

手機：0919-031725

地址：407 台中市西屯區市政南一路 12 號 3 樓之 2

2.內政部國土測繪中心 謝東發 技士

電話：(04)2252-2966 分機 379

三、填寫人單位基本資料

單位名稱：_____

單位地址：_____

問卷填寫人姓名：_____ 職稱：_____

聯絡電話：_____ 傳真電話：_____

電子郵件：_____ 填寫日期：_____年_____月_____日

圖 5-49 國內海洋測繪資訊調查問卷圖 (頁 3, 問卷填寫說明)

(1) 海洋測繪工作辦理情形

為規劃海洋測繪訊息交流平台，須先了解國內各海測相關機關目前辦理工作項目與現有成果。為考慮時效性問題，主要針對 95 至 99 年進行調查，項目含計畫名稱、作業範圍 (含是否包含潮間帶區域)，而成果項目範疇以水深、底質與波潮流相關資料為主，成果格式則不限文字檔、表格檔或圖層資料均先納入調查內容，並提供備註欄位，以利填寫問卷人員加註。調查問卷之「海洋測繪工作辦理情形」設計如圖 5-50 所示。

一、海洋測繪工作辦理情形

(一) 貴單位 95-99 年是否辦理過海洋測繪工作？

是

否【答否，請跳至第二題】

(二) 貴單位 95-99 年度辦理工作概述（若有多種計畫資料請填寫於附件表單）：

年度	計畫(工作)名稱	作業範圍	成果項目	成果格式	備註
		1. 地點：_____	<input type="checkbox"/> 水深		
		2. 範圍概述：_____	<input type="checkbox"/> 底質		
		3. 是否包含潮間帶區域？ <input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 波潮流		
			<input type="checkbox"/> 其他：_____		

圖 5-50 海洋測繪工作辦理情形問題設計圖

(2) 所使用之測繪方法

為求詳細調查各機關辦理海洋測繪方法，針對水深測量、底質調查、波潮流觀測與其他項目，調查其資料項目（如水深原始檔或 DEM 成果、底質採樣點資料、波潮流紀錄表）、作業方法（如船載、空載、人工等）、使用儀器（如音束測深儀、潮位儀、聲速剖面儀、GPS 定位設備、側掃聲納、浮標、流速儀相關儀器）、使用軟體（如 AutoCAD、ArcGIS）、作業依據（規範）與備註。問卷之「所使用之測繪方法」設計如圖 5-51 所示。

二、所使用之測繪方法

請概述 貴單位辦理海洋測繪方法資訊

(一) 水深測量

資料項目	作業方法	使用儀器	使用軟體	作業依據	備註
水深					

(二) 底質調查

資料項目	作業方法	使用儀器	使用軟體	作業依據	備註
底質					

(三) 波潮流觀測

資料項目	作業方法	使用儀器	使用軟體	作業依據	備註
波潮流					

(四) 其他

資料項目	作業方法	使用儀器	使用軟體	作業依據	備註

圖 5-51 所使用之測繪方法問題設計圖

(3) 成果管理方式

基於各海測相關機關之成果管理方式，可作為本交流平台之參考依據。故設計問題首先確認各機關可對外供應之資料為何，並了解坐標系統、比例尺（製圖精度）、詮釋資料與更新周期等細節；其次則確認機關單位是否有訂立成果管理辦法，是否已有較制式化的管理流程可做為參考依據；最後則確認該機關是否有專責部門或人員負責成果管理工作，是否為分散式檔案管理，或已建立成果管理系統做集中式管理。調查問卷之「成果管理方式」設計如圖 5-52 所示。

三、成果管理方式

(一) 貴單位海洋測繪成果可供應項目與內容：【如無，請跳至第(四)題】

資料項目	坐標系統	比例尺	詮釋資料	更新週期	備註
			<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		

(二) 貴單位是否有訂定成果管理辦法？

是，成果管理辦法名稱：_____

否【答否，請跳至第(四)題】

(三) 承上題，如有訂定成果管理辦法，是否可提供參考？

是

否

(四) 貴單位是否有專責部門負責成果管理工作？

是，部門名稱：_____主辦人員：_____

否，由權責部門自行管理。

(五) 是否已建立成果管理系統，將歷年成果集中管理？

是，系統名稱：_____使用軟體：_____

否

(六) 其他(有關成果管理建議或補充說明)：_____

圖 5-52 成果管理方式問題設計圖

(4) 成果流通供應

為求了解目前各機關繪於成果的流通辦法，本大項問題首先確認機關之資料有無流通、流通是否收費、供應對象有無限制、供應種類等流通細節資訊。並確認機關有無建立開放性網頁供資料瀏覽查詢服務，此部分可做為交流平台之借鏡。有關問卷之「成果流通供應」設計如圖 5-53 所示。

四、成果流通供應

- (一) 貴單位是否已有成果流通供應機制：【申請方式可複選，答否，請跳至第(四)題】
- 是，費用 免費 (公文申請；填單申請；網路申請；網路下載)
- 收費 (公文申請；填單申請；網路申請；網路計費下載)
- 否
- (二) 貴單位成果供應對象：【可複選】
- 內部使用；政府機關；學術機關；私人企業；一般民眾；其他：_____。
- (三) 貴單位成果供應種類：【可複選】
- 電子檔；紙本資料 (含紙圖)；其他：_____。
- (四) 貴單位是否有建置開放性網頁提供基本資料流覽查詢服務？
- 是，網址：_____。
- 否
- (五) 其他 (有關成果流通供應建議或補充說明)：_____
- _____

圖 5-53 成果流通供應問題設計圖

(5) 未來辦理海洋測繪計畫

此部分為確定各機關是否仍持續辦理海洋測繪計畫，部分機關可能因為業務調整移交，而開始或停止辦理海測工作，此問題之調查可輔助了解目前海測業管單位權責區分，亦代表未來交流平台之可能服務對象。整體問題設計參照問卷第一大項「海洋測繪工作辦理情形」，設計如圖 5-54 所示。

(6) 對「海洋測繪訊息交流平台」意見與建議

海洋測繪訊息交流平台立意在於通暢各機關之海洋測繪訊息，然而對於可公開交流之項目，應先徵詢各機關意見在進一步統計，故首先確認各機關是否願意交流分享如計畫摘要、技術文件與報告書或測繪成果等項目，並確認資料的彙整供應是否同意統一由內政部國土測繪中心辦理。最後在由各機關自由提出對於海洋測繪訊息交流平台內容、使用對象與其他的建議。本項問題設計如圖 5-55 所示。

五、未來辦理海洋測繪計畫

(一) 貴單位 100-104 年是否規劃辦理海洋測繪工作？

是

否，【答否，請跳至第六題】

(二) 貴單位 100-104 年度辦理工作概述 (若有多種計畫資料請填寫於附件表單)：

年度	計畫(工作)名稱	作業範圍	成果項目	成果格式	備註
		1. 地點：_____ 2. 範圍概述：_____ _____ 3. 是否包含潮間帶區域？ <input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 水深 <input type="checkbox"/> 底質 <input type="checkbox"/> 波潮流 <input type="checkbox"/> 其他：_____		

圖 5-54 未來辦理海洋測繪計畫問題設計圖

六、對「海洋測繪訊息交流平台」意見與建議

(一) 貴單位是否同意參加本中心「海洋測繪訊息交流平台」，交流分享海洋測繪訊息？

【交流分享項目可複選】

是，交流分享項目 (計畫概要； 技術文件與報告書； 測繪成果； 其他___)

否

(二) 貴單位是否同意所管海洋測繪資料由本中心彙整對外供應？

是，資料交付與流通細節另案研商。

否

(三) 貴單位對「海洋測繪訊息交流平台」內容建議：_____

(四) 貴單位對「海洋測繪訊息交流平台」使用對象建議：_____

(五) 其他意見或建議：_____

圖 5-55 對「海洋測繪訊息交流平台」意見與建議問題設計圖

3. 機關訪談

而除問卷發送工作，為求深入了解各機關海測工作辦理細節，並溝通交流海洋測繪訊息交流平台之意見。本公司針對問卷發送機關選擇經濟部水利署水利規劃試驗所、交通部運輸研究所港灣技術研究中心與交通部高雄港務局等機關進行訪談，於問卷發送後並安排訪談時間，以利受訪機關可先行準備相關資料。各機關受訪內容紀錄茲說明如下：

4. 經濟部水利署水利規劃試驗所訪談

(1) 時間：99 年 9 月 21 日（二）上午 9:45 - 上午 11:30

(2) 地點：經濟部水利署水利規劃試驗所河川規劃課辦公室

(3) 訪談對象：河川規劃課 邊孝倫、陳春伸 副工程司

(4) 訪談紀錄是否確認：已確認

(5) 訪談內容要點：

A. 水規所早期曾辦理水深測量相關工作，然近來因業務移轉，水利署對於管理區域分段測量工作交給各河川局辦理，故在海洋測繪工作辦理情形上，95 至 99 年間無辦理相關計畫。

B. 水規所使用之測繪方法如表 5-19 所示，主要作業依據為「海岸防護規劃基本資料觀測調查作業規範(草案)」。

表 5-19 水規所近年計畫之測繪方法表

資料項目	作業方法	使用儀器	使用軟體	作業依據
水深	船測與 Lidar 測深技術為主，輔以直接人工測量	多音束測深儀、單音束測深儀、測深桿、測深繩	AutoCAD	海岸防護規劃基本資料觀測調查作業規範(草案)
底質	砂灘採樣、海底採樣及四或八方向底床捕砂	四或八方向捕砂器、採樣器	Excel\Word \CSV	
波潮流	波浪觀測、潮位觀測、流場觀測	資料浮標、潮位計、水下剖面流速儀、漂流浮標	Excel\Word \CSV	

C. 水規所在成果管理上可供應項目與內容如表 5-20 所示，水利規劃試驗所已有內部成果管理辦法（海岸防護規劃基本資料觀測調查作業規範(草案)之第九章資料庫建置與管理，已提供本案參考），目前由河川

規劃課專責成果管理工作，且已具備成果管理系統「海岸防護基本觀測調查資料庫」(目前僅供水利署相關機構申請內部使用)。

表 5-20 水規所可供應項目與內容表

資料項目	坐標系統	比例尺	詮釋資料	更新週期
地形水深測量 (CAD 檔與 DEM 資料)	TWD97 大地基準	1/5000 地形 水深圖	有	不定期
波潮流觀測與漂砂觀測 (水規所內自訂規範格式)	TWVD2001 高程基準			

- D. 水規所目前在成果流通上可透過公文申請方式免費提供資料，提供對象限定水利署相關機關與政府官方單位，經行文審核後以檔案寄送方式傳遞電子檔光碟或紙本資料(含紙圖)。目前水利署內部建有網頁提供基本資料流覽查詢服務(<http://07-dprc.wrap.gov.tw/web01>)
- E. 由於前述業務移轉政策，目前水規所於 100 至 104 年尚無已確定之海洋測繪計畫須辦理。
- F. 水規所原則上同意參加國土測繪中心「海洋測繪訊息交流平台」，交流分享海洋測繪訊息(如計畫概要、技術文件與報告書以及測繪成果)，唯資料交付與流通細節須視個案研商。
- G. 水規所對「海洋測繪訊息交流平台」內容建議：
- 為確保訊息交流暢通，建議具備電子報功能。
 - 具備會員分級制度，部分會員除瀏覽訊息之基本權限外，可考慮規劃交流的管道。
 - 可設置技術論壇供海測相關技術議題分享討論，進一步可考量知識庫的發展與維護。
 - 交流平台除交流訊息外，成果報告(不包含原始資料)與相關說明文件建議亦可納入交流。
 - 對於海測成果結合類別與地圖導向的查詢方式，如框選地圖與設定類別，系統自動列出吻合條件的資料。

H. 水規所對「海洋測繪訊息交流平台」使用對象建議具備各等級分眾功能，如政府主管單位、學術研究機關、業界廠商、一般民眾等，並配合分級制度給予不同功能。

I. 關於交流平台操作界面上，建議能多參考國內外成功網頁操作方式。

J. 交流平台另外可考慮功能如加入會員後，會員可設定其感興趣的資料類別，交流平台凡遇該資料類別有更新訊息時自動發送簡訊或 E-mail 通知。

5. 交通部運輸研究所港灣技術研究中心訪談

(1) 時間：99 年 9 月 21 日（二）下午 2:20 -下午 4:00

(2) 地點：交通部運輸研究所港灣技術研究中心第二試驗場辦公室

(3) 訪談對象：張富東 研究員

(4) 訪談紀錄是否確認：已確認

(5) 訪談內容要點：

A. 港研中心目前關於海洋測繪工作的執行，主要是接受交通部所屬港務單位委託，發包予國內海洋測繪廠商執行並對資料成果進行監審，實際上中心自行執行之海洋測繪工作較傾向小區域之技術研究。如基隆港務局委託之「95 年臺北港鄰近海岸水深測量及地形變遷調查分析」、「96 年臺北港鄰近海岸水深測量及地形變遷調查分析與漂流浮標流況調查」等案，港研中心在海洋測繪工作上扮演督導廠商之角色。

B. 港研中心所採用之測繪方法如表 5-21 所示：

表 5-21 港研中心近年計畫之測繪方法表

資料項目	作業方法	使用儀器	使用軟體	作業依據
水深 CAD 檔與 網格資料	以船載音束測深為主，輔以人工測量	單音束測深儀 多音束測深儀(重要區域) 測深桿 驗潮儀(採岸邊臨時潮位站)	單音束以自行撰寫程式 多音束以 GeoSwath Plus	港灣水域多音束測深規範(草案)

C. 港研中心目前現有海洋測繪資料項目與內容如表 5-22 所示，因受限

於海洋測繪工作多屬承接其他機關之委辦勞務（如港務局），供應上應由原委託機關決定。

表 5-22 港研中心資料現有項目與內容表

資料項目	坐標系統	比例尺	詮釋資料	更新週期
地形水深測量 (CAD 檔與 DEM 資料)	67 坐標系統	港區多視區域重要性，以測線間距作為製圖精度的標準。	有	依港區變遷的狀況辦理

- D. 現有海洋測繪資料在電子航行圖部分，港研中心過去由國內各港務局、國土測繪中心與海軍大氣海洋局獲取之海測成果加值產製，港研中心內部已有研擬初步的流通辦法。
- E. 港研中心在成果流通供應方面未來傾向以公文申請方式，提供資料予機關內部與其他政府機關與學術單位使用。目前建有開放性網頁供基本資料流覽查詢（臺灣海域電子航行圖中心，<http://enc.ihmt.gov.tw/>）。
- F. 港研中心未來辦理海洋測繪計畫仍以委辦為主，如持續執行中之「臺北港海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業」即承接基隆港務局之委託。另外在電子航行圖部分則持續接收其他機關如各港務局、國土測繪中心與海軍大氣海洋局之成果，扮演加值建置角色。
- G. 港研中心原則上同意參加國土測繪中心「海洋測繪訊息交流平台」，交流分享海洋測繪訊息，分享項目以計畫概要為主。
- H. 港研中心對交流平台內容建議：海測成果發布後，如何落實交流管道的通暢十分重要，各成果產製後如於平台發布，應本於資料交流精神，無償提供方可對各機關單位以產生最大效益。
6. 交通部高雄港務局訪談
- (1) 時間：99 年 9 月 24 日（五）上午 10:00 – 上午 11:30
 - (2) 地點：交通部高雄港務局測量隊辦公室
 - (3) 訪談對象：洪桂滿 測量隊長
 - (4) 訪談紀錄是否確認：已確認

(5) 訪談內容要點：

- A. 建議未來類似工作應由國土測繪中心發文，提升各機關配合意願。
- B. 交通部高雄港務局目前關於海洋測繪工作的執行，主要是針對所轄港區範圍如高雄港、安平港、布袋港、澎湖港等區域進行定期水深測量工作，確保港區航行安全。
- C. 高雄港務局測量隊未來辦理海洋測繪計畫時，除持續針對港務局轄區進行定期水深測量外，港務局未來規劃轉為公司化經營方式，測量隊將以現有儀器設備進行國內其他地區海域測量工作，提升國內海測能量。如圖 5-56 所示為本次訪談時停泊於港區之「高雄港務局測量工作船—高 906 號」。



圖 5-56 高雄港務局測量工作船圖

- D. 高雄港務局同意參加國土測繪中心「海洋測繪訊息交流平台」，交流分享海洋測繪訊息，並認為測繪成果原則上應無償交流供應，但由於其主管機關為交通部，有關海洋測繪資訊交由國土測繪中心彙整對外供應問題，建議由內政部與交通部先行部會研議。
- E. 高雄港務局對交流平台之建議：
 - a. 除提供基本的訊息發佈功能外，可視各海測相關機關是否有機關內部即時資訊的監測數據可提供交流平台作即時的資料查詢，如高雄港務局即有即時的港區潮位資料可提供。

- b. 交流平台也可彙整海測相關歷史資料，綜整各海測相關機關公開性成果資料於平台上供會員查閱。
 - c. 因海測資訊範疇廣大故應具備簡潔明確之網站平面圖，資料檢索時除基本的文字檢索外，應另外提供以地圖選取查詢區域的方式。
 - F. 海洋測繪訊息交流平台應注重交流資料的通用性，如資料格式上不宜採用或限定某商業軟體方可使用。
 - G. 海測人員之專業教育訓練十分重要，建議可與交流平台會員結合，如有海域測量研習講座可由平台系統發訊給會員；反之參與海域測量研習講座之人員亦可邀集加入平台會員，藉此提升海測能量與交流。
7. 問卷調查成果統計分析

本案問卷共計發出 63 個政府相關機關，然因部分機關無辦理海測相關工作（如多數縣市政府、觀光局各風景區管理處等），以及部分機關須統一由上級單位回覆等因素，實際以回覆份數共計 29 份，請參見附錄二「國內海洋測繪資訊調查問卷回覆」。以下針對回收問卷進行要點統計說明：

(1) 海洋測繪工作辦理情形與所使用之測繪方法

圖 5-57 為本次問卷發送機關海洋測繪工作辦理情形，由回收問卷統計情形可發現以下情形：

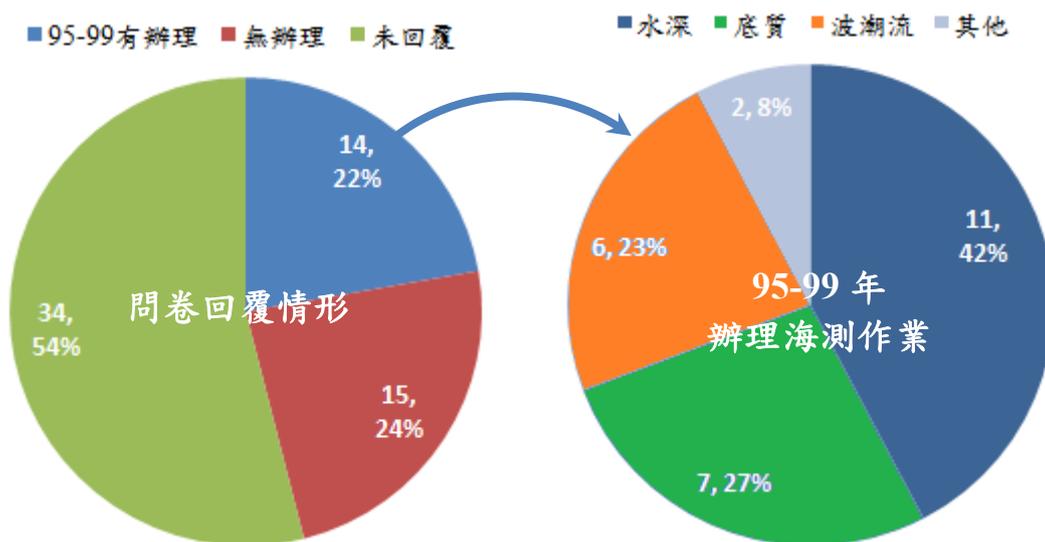


圖 5-57 測繪工作辦理情形與相關領域統計圖

- A. 國內以經濟部水利署及其所屬機關執行上較為全面，水利署本身以近海水文觀測技術與成果管理為發展重點，並由所屬水規所訂定海岸防護規劃基本資料觀測調查作業規範(草案)，再交由各河川局進行轄區內之海岸基本資料監測。
 - B. 交通部方面各港務局因業務需求主要以水深測量為主，每年均針對港區範圍進行測量，而港灣技術研究中心則以技術研究為主，如發展港灣水域多音束測深規範(草案)，並配合委辦港務局業務，發包於業界廠商搬演資料品質監督角色。
 - C. 內政部方面，93 至 96 年間曾辦理領海及鄰接區海域基本圖測量工作，除原始水深成果外更著重於後續成果與圖資產製工作，如海域基本圖、數值高程模型與電子航行圖之前置資料。並針對岸線部分並以空載方式與評估光達測深實用性。
 - D. 經濟部中央地質調查所則透過國家海洋科學研究中心分別以海研一號、二號進行底質與水深資料調查，評估臺灣西南海域新興能源情形。
 - E. 中央氣象局海象測報中心在海域測量方面，則持續其長期的逐年維護計畫「資料浮標維護與資訊管理作業與臺灣沿岸及離島潮位站維護」。
 - F. 營建署部分雖本身無辦理海測工作，其下墾丁國家公園管理處因生態環境保育之需求，特於 99 年進行「墾丁國家公園海域範圍地形測量及地理資訊基礎資料庫建置」，以多音束測深儀搭配側掃聲納進行國家公園南岸水深與底質調查工作，未來並可能規劃逐年完成轄區內東西岸海域測量工作。
- (2) 成果管理方式與流通供應：依據問卷回覆成果，目前各機關成果多屬內部免費使用，一般個人與廠商尚無法提供，而其他機關與學術單位部分之流通情形茲說明如下：
- A. 經濟部水利署與其所屬機關方面，目前水利署有建置開放性網頁提供基本資料流覽查詢服務 (<http://gweb.wra.gov.tw/WebApplication2/>)，並

已明定成果流通供應機制，目前流通方式雖採付費，然亦由機關研商應因業務需要，將雙方產製之水文資訊對等互惠且免費提供，俾利成果流通。另外水利署內建有海岸防護基本資料觀測調查資料庫，統籌管理各所屬河川局成果資料，此部分資料仍為內部使用，其他政府機關與學術單位如有需要可行文個案研商交流事宜。

- B. 內政部目前尚無成果管理辦法，現正研擬本部海洋測繪成果供應要點，交通部之海測成果資料相關流通辦法亦仍在研議。
- C. 經濟部中央地質調查所與水利署情況相似，建置有開放性網頁與開放流通，唯僅針對公文申請之政府機關與學術單位；另於交流分享上僅願意提供報告書紙本，且關於精密水深資料因機密問題不予提供。
- D. 中央氣象局之海象資料已屬長期觀測，並有流通供應之收費辦法，故傾向由中央氣象局自行對外供應。
- E. 墾丁國家公園管理處目前尚無成果流通辦法，在資料交付與流通細節上採個案研商方式。

(3) 對「海洋測繪訊息交流平台」意見與建議

經問卷調查後發現，多數機關對於海洋測繪訊息交流平台樂觀其成，因海測工作需投入龐大人力、物力與時間，故海洋測繪訊息交流平台之設立應能有效減少資料重複測製之情形。以下為意見彙整要點：

- A. 為確保訊息交流暢通，建議具備定期電子報與會員設定部分項目即時的 RSS 訊息功能。
- B. 具備會員分級制度，部分會員除瀏覽訊息之基本權限外，可考慮規劃交流的管道。
- C. 可設置技術論壇供海測相關技術議題分享討論，進一步可考量知識庫的發展與維護。
- D. 交流平台除交流訊息外，成果報告與相關說明文件建議亦可納入交流。

- E. 對於海測成果結合類別與地圖導向的查詢方式，如框選地圖與設定類別，系統自動列出吻合條件的資料。
- F. 除提供基本的訊息發佈功能外，可視各海測相關機關是否有機關內部即時資訊的監測數據可提供交流平台作即時的資料查詢，如部分機關有即時的海象、波潮流或潮位資料可提供。
- G. 交流平台也可彙整海測相關歷史資料，綜整各海測相關機關公開性成果資料於平台上供會員查閱。
- H. 海洋測繪訊息交流平台應注重交流資料的通用性，如資料格式上不宜採用或限定某商業軟體方可使用。
- I. 海測人員之專業教育訓練十分重要，建議可與交流平台會員結合，如有海域測量研習講座可由平台系統發訊給會員；反之參與海域測量研習講座之人員亦可邀集加入平台會員，藉此同步提升海測能量與交流。

(二) 海洋測繪訊息交流平台規劃

1. 整體架構設計

訊息交流平台之定位，應以資訊之整合、應用與推廣為主要訴求。圖 5-58 為交流平台整體系統架構圖，茲說明如下：

(1) 資訊整合

經整合問卷回覆意見與訪談紀錄，顯示各機關對於訊息交流平台之資訊整合，建議除基本之訊息交流外，可多方收集願意提供計畫概要、相關文件與報告書之各單位公開性成果，以及測繪成果歷史資料與即時監測數據之整合。前述資料除系統管理人員定期向加入平台會員之機關蒐集彙整外，亦可由加入平台之會員以人工操作方式，將其所屬機關可公開性成果轉入海洋測繪資訊交流平台資料庫，藉由相互合作方式維護整合資料之正確性與時效性。



圖 5-58 整體系統架構圖

(2) 交流平台在呈現面的應用應包含以下基本功能：

- A. 交流平台網頁之設計規劃具備入口網站作為最新訊息公告與主要功能連結之用。
- B. 提供海洋測繪之各領域討論區功能（含水深測量、底質調查、波潮流觀測與其他類別），供加入會員依領域類別瀏覽資訊與進行討論分享。
- C. 資料查詢功能方面，對於各機關現有之海洋測繪成果則以提供詮釋資料欄位索引功能，以利使用者快速了解計畫概要、執行區域與連絡窗口；另外關於整合入交流平台之即時監測數據，則配合原單位提供資訊，進行查詢、產製報表與列印下載等功能。
- D. 成果下載部分主要針對計畫概要、技術文件與報告書等資料，以及公開性測繪成果歷史資料的部分，提供時間排序與關鍵字檢索等查詢功能，以利使用者依其權限進行資料下載。
- E. 後台管理部分主要供具有系統管理權限之人員進行海洋測繪訊息交

流平台之維護，如系統管理方面之訊息公告、討論區文章審閱維護的部分；並可調整各分級會員之使用權限。

F. 後台管理在成果資料方面，可對平台內海測成果之詮釋資料進行定期維護管理，以及交流平台資料庫各項文獻、歷史成果數據進行管理。

(3) 成果推廣

基於前述功能之架構，交流平台可再搭配個人化資訊訂閱服務與網站連結功能，提升資訊推廣效率，並設立民眾信箱獲得回饋意見。此外為提升系統操作便利性，在資訊查詢過程中與可配合電子地圖顯示資料相關區域資訊，以及由圖面設定或框選區域，進行相關海測成果資訊查詢。

2. 海洋測繪訊息交流平台網頁功能架構設計

承前述內容，訊息交流平台網頁功能架構如圖 5-59 所示，詳述如下：

(1) 基本功能

- A. 業務簡介：針對海洋測繪訊息交流平台之設立進行業務簡介說明。
- B. 網站訊息：由系統顯示最新的海洋測繪訊息、各討論區最新討論主題和最熱門主題，以及在成果文件與歷史測繪成果方面的更新訊息，另可加入最新會員變動資訊（加入、停權、退出等相關變動資訊）。
- C. 分類討論區：
 - a. 針對水深測量、底質調查、波潮流觀測與其他類別設立討論版區，凡加入交流平台之會員可於分類討論區發佈、修改與刪除自屬文章。
 - b. 同時建立版主管理制度，協助系統管理員共同管理維護文章內容，對不適宜之文章進行移除，以及與會員狀態之觀察與建請系統管理員停權等處置。
- D. 相關連結：設立海洋測繪資訊之相關網頁連結，如各政府機關、學術研究中心、海洋測繪廠商等。
- E. 民眾信箱：提供民眾信箱供各使用者提出各類建議指教，以作為交流平台維運與改進參考。

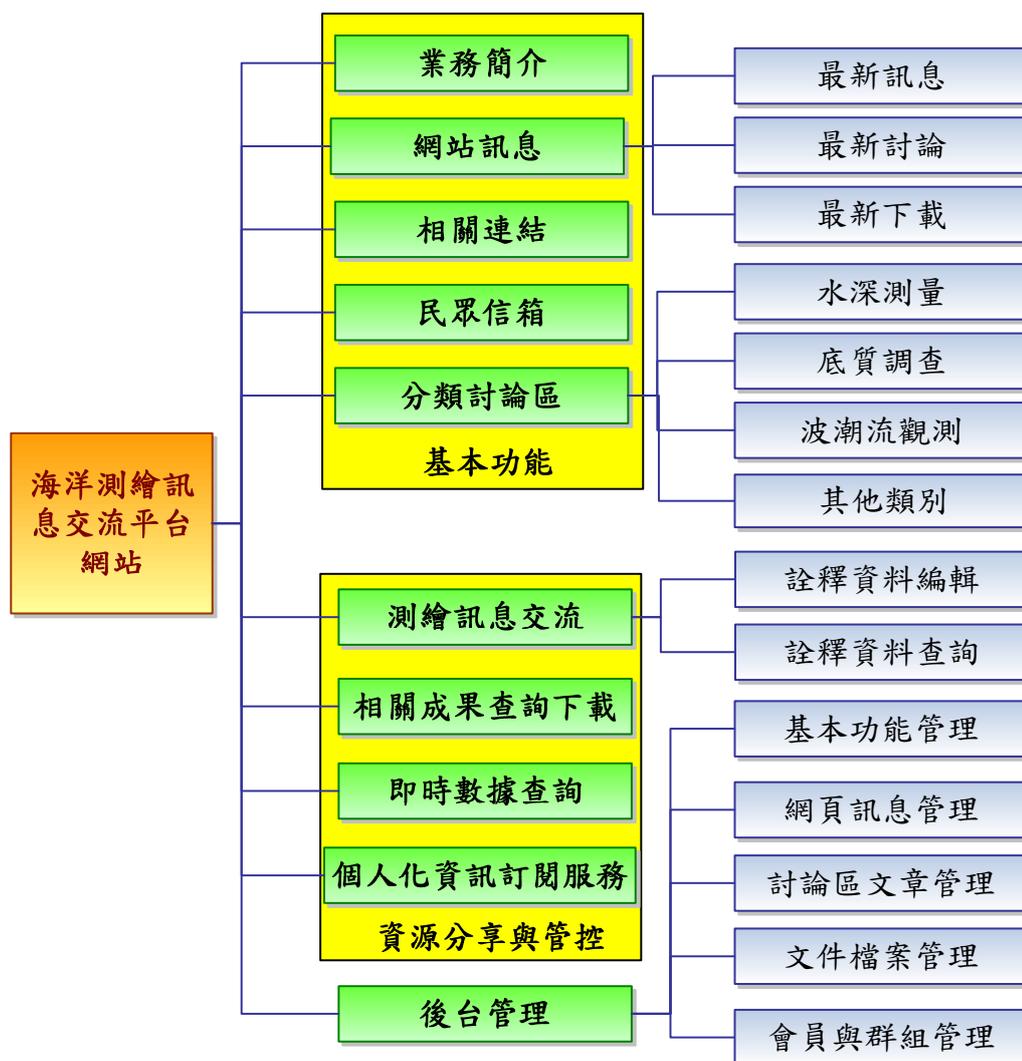


圖 5-59 交流平台網站功能架構圖

(2) 資源分享與管控

A. 海測成果詮釋資料編輯與查詢：

- a. 若交流平台之會員機關有海洋測繪成果可供發佈，可進入交流平台之詮釋資料編輯頁面，依循 TWSMP 項目(NGISTD-ANC-002-2009.6)與 ISO 19139 XML 綱要進行建立，填寫詮釋資料中之必須欄位與選填欄位。
- b. 凡建入交流平台資料庫之海洋測繪成果詮釋資料，可提供會員依詮釋資料欄位進行輸入關鍵字查詢，或透過電子地圖如 Google Map 指定區域範圍進行吻合區域查詢。查詢成果自動顯示詮釋資料資訊與建置機關連絡方式。

- B. 相關成果查詢、上傳與下載：透過全文檢索方式，進行歷來已公開之海測計畫概要、成果報告、技術文件與測繪成果之查詢，並依使用者之會員等級權限提供上傳與下載。
- C. 即時數據查詢：對於各機關可提供之即時公開性監測數據，如海象、波潮流與潮位等，整合一查詢界面提供即時數據查詢與資料來源連結之功能。
- D. 個人化資訊訂閱服務：
 - a. 建置資訊訂閱服務，透過自動化 E-mail 方式進行之定期的交流平台電子報發佈。
 - b. 可針對會員所選之需求類別，如與某區域有關或某一類海洋測繪資料之海測成果訊息發佈時，立即發出 RSS(Really Simple Syndication) 通知訊息告知該會員。

(3) 後台管理

- A. 基本功能管理：即具備針對各網頁頁面之標題、文字內容、頁面圖片、超連結等進行編輯調整之功能。
- B. 網頁訊息管理：針對系統公告訊息的部分，以及海洋測繪成果詮釋資料異動時之訊息，進行新增、刪除、編輯、發佈狀態（顯示／隱藏）等管理功能。
- C. 討論區文章管理：針對討論區之文章，由系統管理員與各版版主進行文章內容管理，包含分類調整、修改內容、刪除、發佈狀態（顯示／隱藏）等管理功能。
- D. 文件檔案管理：針對各政府機關願意提供之公開性成果進行管理維護，包含分類調整、修改內容、刪除、發佈狀態（顯示／隱藏）等管理功能。
- E. 會員與群組管理：交流平台之會員制度基本要求擁有自然人憑證之國人便可加入，在依據會員資料填寫內容（如服務機關）評估所屬群組

等級，提出帳號申請後須待資料審核人員完成確認方可啟用。各項權限規劃相關的設定如下：

- a. 使用者狀態：分正常、警告（觀察名單）、停權三種狀態
- b. 使用者權限設定：非會員可使用基本功能，但不包含討論區發言；一般會員（民眾）可使用基本功能與資源分享功能，但資源僅限瀏覽無法新增與發佈；高級會員（海測從業機關人員）可使用基本功能與資源分享與管控，然無法使用後台管理功能。
- c. 系統管理者部分，則依分工考量將身分細分如表 5-23 所示，藉由協同管理與審合概念提升管理效益。

表 5-23 交流平台管理者身分列表

身分	說明
系統總管理者	所有系統的總管理者，具有最高管理權限。
資料審核者	1. 對於各界機關所上傳的資料加以審核。 2. 必須經過審核之資料才能進行排程，進而更新系統資料。
協同監審者	1. 凡系統運作特定功能時，需要額外通知之管理者。 2. 包括資料更新、上傳、線上討論區發言等功能之通知。
自訂	由系統總管理者指定相關權限，以符合各種需要。

3. 軟硬體規劃及建議

(1) 系統安全性：應用系統在執行時，系統效能與應用安全是一個非常重要且注意的重點，因此本專案團隊針對此部分提出了安全防護規劃。

A. 系統認證安全：安全性原則是關於驗證、授權、安全通訊、稽核以及設定檔的管理。並提供以下稽核之方式：

- a. 驗證 (Authentication)：透過一確認請求的程序，檢查使用者的身分。
- b. 授權 (Authorization)：授權原則，必須考慮兩個主要因素：使用者權限和權利、程式碼存取安全性。
- c. 稽核(Auditing)：將活動記錄到日誌檔中。透過這些日誌可以確定執行安全措施的有效性。

B. 資料安全：針對機密性、完整性、可用性規劃。

- C. 應用管理安全：IIS 內建了多個預防性措施，可讓 IIS 毋須修改就很安全。此外，還可執行一些工作，進一步地輕鬆“鎖定”(Lock Down)網站，並且更輕鬆地探索與套用安全性套件。
 - D. 系統防毒：Web/AP Server 服務伺服器擁有其現有之防毒軟體作為 Windows Server 系統防護。
- (2) 系統軟硬體規劃：圖 5-60 為系統軟硬體整合運作圖，而針對交流平台軟硬體規劃部分，將分為實際上線主機、系統備援主機與資料備份主機三部分，以確保完善之平台運作品質，如圖 5-61 所示。
- A. 系統主機設備為雙(含)核心以上伺服器兩台，系統記憶體應為 4G(含)以上，以確保系統運作通暢正常。
 - B. 系統主機設備應安裝 Windows Server 2008 作業系統，搭配 IIS 7 供網頁與 FTP 架設。
 - C. 交流平台相關資料與討論內容主要以 SQL Server 2008 進行存取，相關成果報告文件檔案則以 FTP 方式存取。
 - D. 具網路備份資料儲存伺服器一台，作為平台重要資料備份使用。



圖 5-60 系統軟硬體整合運作圖

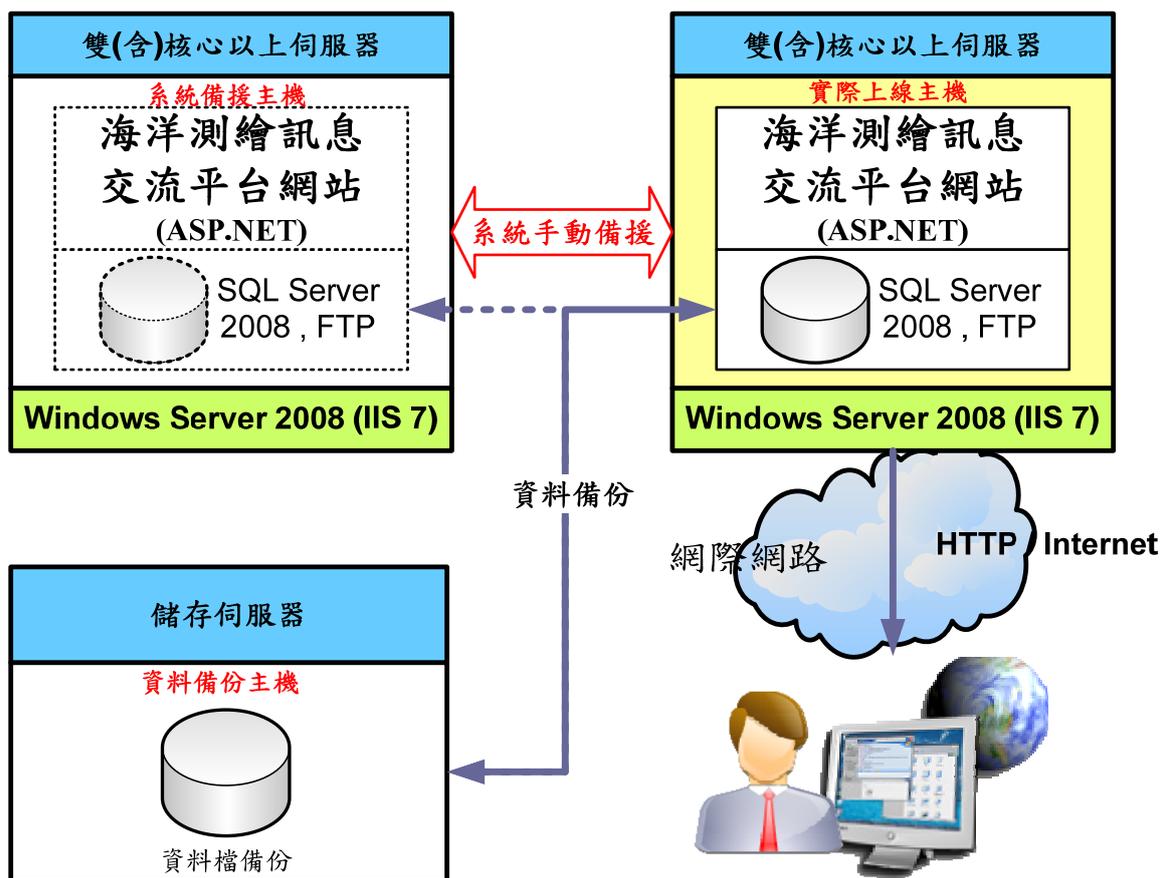


圖 5-61 交流平台硬體規劃圖

4. 海洋測繪訊息交流平台成本分析

基於前述功能與軟硬體規劃，海洋測繪訊息交流平台系統開發費用與軟硬體費用詳列如表 5-24 所示。茲說明如下：

- (1) 項次 1 之主伺服器主要為系統建構與系統備援用，並參考現今價格估算。
- (2) 項次 2 之儲存伺服器主要用於海洋測繪訊息交流平台相關資料儲存備份用，並參考現今價格估算。
- (3) 項次 3 與項次 4 為軟體作業系統與資料庫系統部分。
- (4) 項次 5 海洋測繪訊息交流平台系統開發費，包含網站開發人員、資料庫開發人員、專案管理人員與系統測試人員之人事成本（詳見備註欄），另外專案執行管銷費用與教育訓練約占 30%。
- (5) 項次 6 為提升網頁瀏覽與搜尋效率之企業全文檢索軟體，

(6) 項次 7 為系統安全性考量所必須具備之網站漏洞偵測軟體。

表 5-24 海洋測繪訊息交流平台成本分析表

項次	產品項目	數量	單位	單價	小計	備註
1	主伺服器 (CPU:E5520、RAM:8GB、HD:4TB)	2	台	200,000	400,000	
2	儲存伺服器 (CPU:E5504、RAM:4GB、HD:4TB)	1	台	100,000	100,000	
3	MS Windows Server 2008 Standard	3	套	35,000	105,000	
4	MS SQL Server 2008 Standard	2	套	30,000	60,000	(5CAL)
5	海洋測繪訊息交流平台系統開發費	1	式	1,920,000	1,920,000	4 人×8 月×42000 元/月=1,344,000 30%管銷與教育訓練
6	企業全文檢索軟體	1	套	78,000	78,000	
7	網站漏洞偵測軟體	1	套	70,000	70,000	
總計		2,733,000				(含稅)

而關於交流平台維護方面，規劃將沿用表 5-24 所採購之軟硬體設備，故僅需維護人員之人事成本，含系統開發修改人員、專案管理人員共兩人（每月 42,000 計算），以工期 6 個月估算共計花費 504,000 元，另含管銷費用與教育訓練約 16%，總計維護費用約每年 60 萬元整(含稅)。

五、開發最低潮位面計算工具

本專案將開發一最低潮位面計算工具，預計提供 TWVD2001 水深資料改算至最低天文潮位面，以下就目前工作進度逐節說明：

(一) 潮位資料計算分析

1. 資料蒐集

(1) 潮位資料蒐集

本專案採用由內政部國土測繪中心提供之 44 座潮位站長期潮位資料進行資料計算分析。資料涵蓋時間範圍主要在 1990 年至 2009 年之間，然亦有數站之資料可溯及 1951 年，例如淡水、花蓮、高雄及基隆等站。各測站位置如圖 5-62 所示，測站資料詳細經緯度與時間分布請見附錄三。

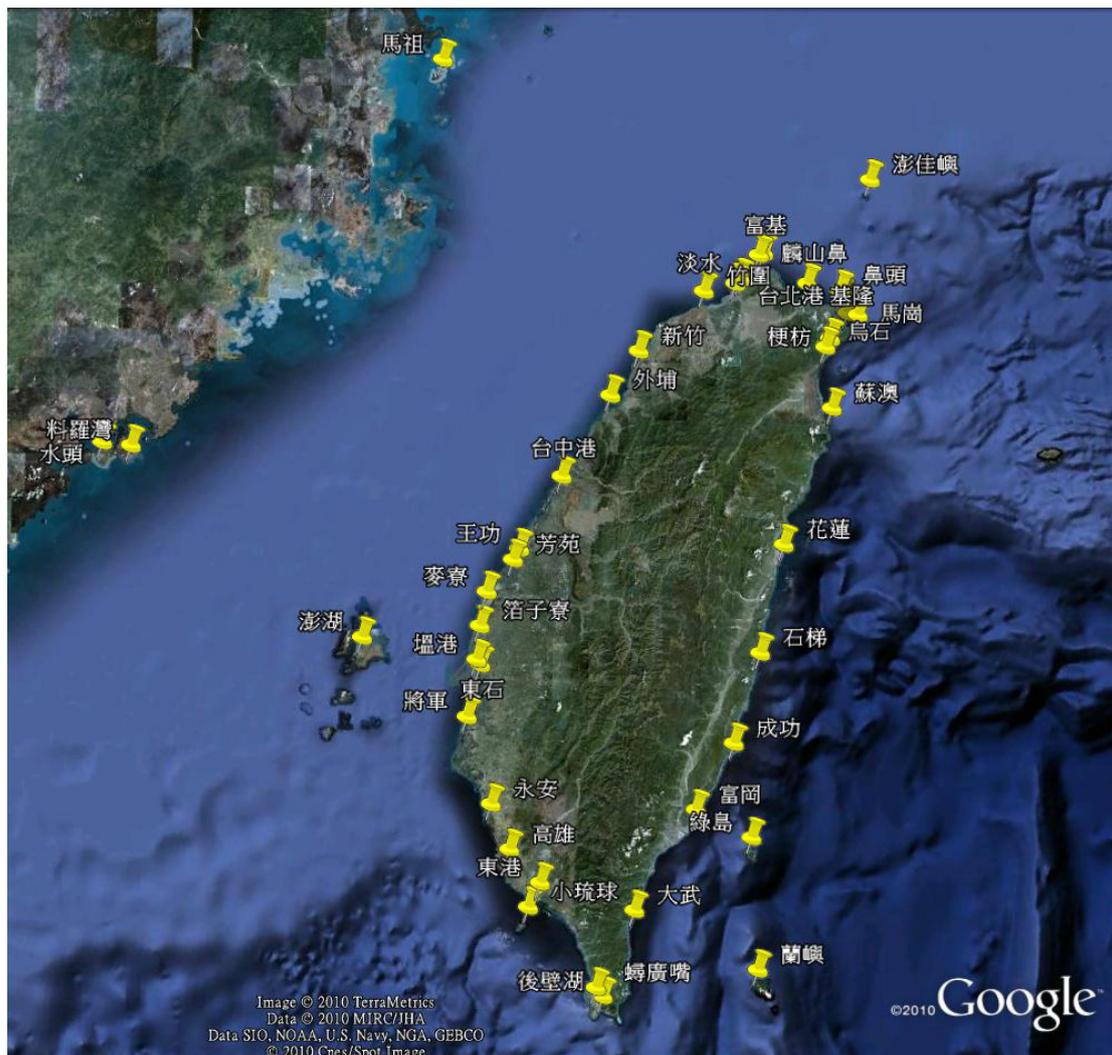


圖 5-62 潮位測站位置圖 (© 2010 Tele Atlas, © 2010 Google, Map Data)

潮位資料在紀錄或傳輸處理過程中，可能因天候或外在因素等原因影響，出現不定期的斷續狀況，造成測站的潮位資料有缺失或錯誤的情形。因颱風而引起的暴潮位等氣象因素現象，也會影響潮汐水位觀測，故進行資料檢測及品管是有其必要性。因此，為避免後續時間與成本上的浪費，本專案在進行資料分析前，依據合理性、連續性與過高或過低等原則(交通部，2002)進行品管方式，並將失真的資料挑出。若該測站資料過少，亦不納入分析，如淡水與澎佳嶼兩站（潮位時序分佈圖，分別見**錯誤! 找不到參照來源**。與圖 5-64）。淡水測站自 1993 年至 2009 年間多次出現疑似未監測到低潮位，資料品質判定為較不佳，而澎佳嶼測站僅涵蓋數個離散月份的潮位資料，且呈現資料水準偏移的情況，故此二站將不進行分析。其它測站之狀況詳見附錄四。

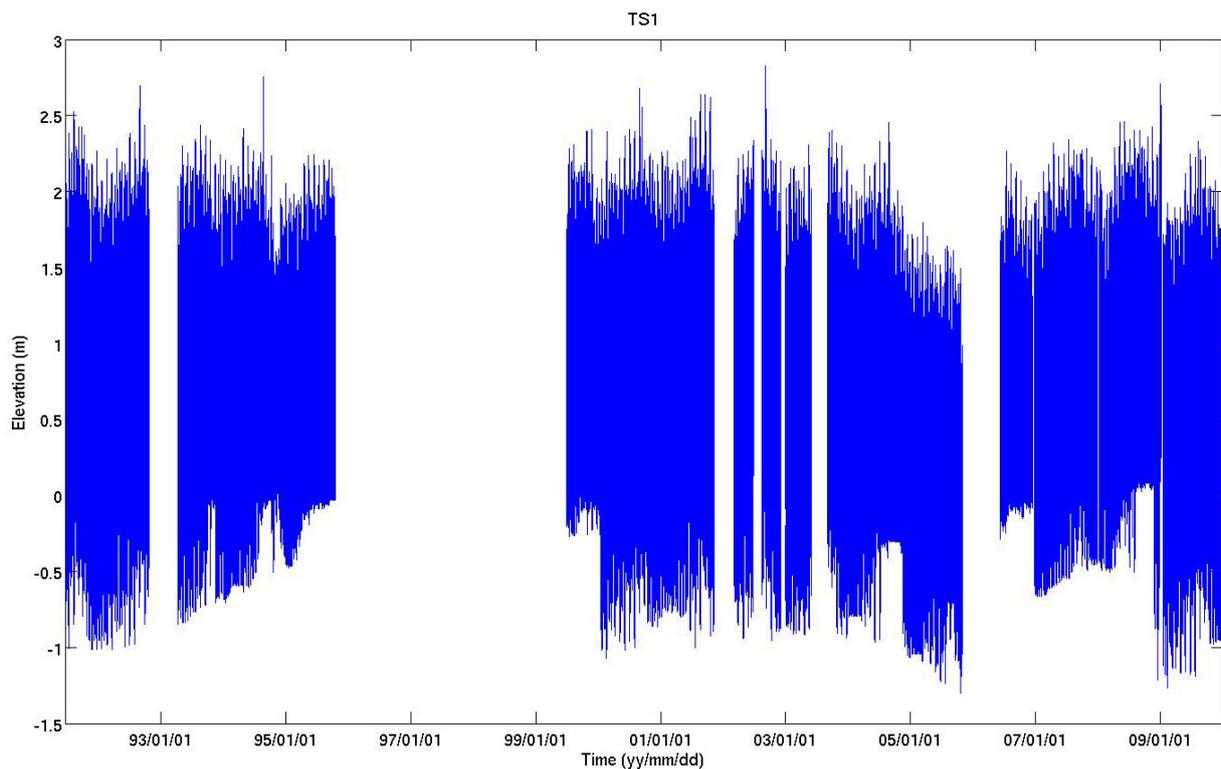


圖 5-63 淡水測站潮位時序分佈圖

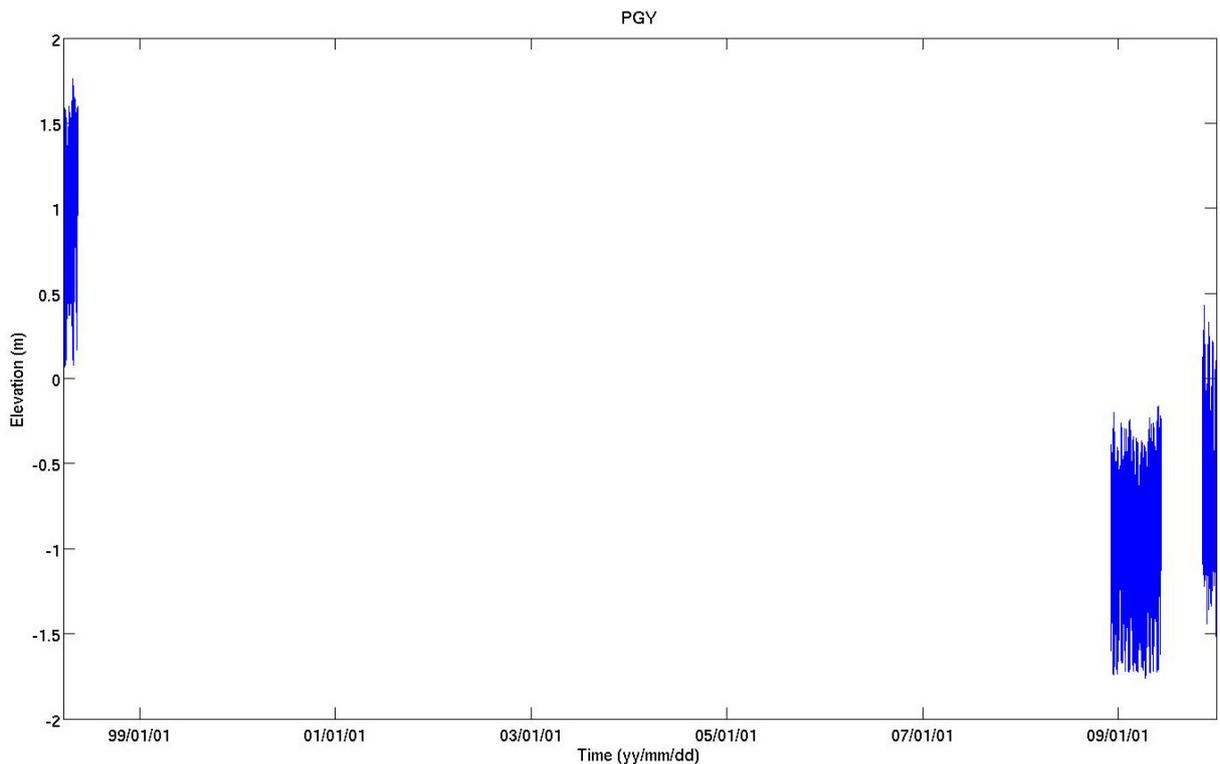


圖 5-64 澎佳嶼測站潮位時序分佈圖

(2) 海陸基準高程資料蒐集

海岸工程所需之水深及陸上地形圖一般以某地之平均海平面為共同基準(郭，2001)，臺灣的陸地水準標點(bench mark)便是以基隆港的平均潮位為基準(湯等人，1999)，因此臺灣本島各地設置許多一等水準點，其高程便是各水準點相對於基隆平均潮位的高程，意即其水準點及其引測之高程值均屬於基隆中潮系統。本案為得知各測站海陸基準之關係，採用由內政部國土測繪中心提供 98 年度公告之臺灣潮位站一等水準點的高程檢測表(詳見附錄五)及 98 年度高程基準檢測往返閉合差檢測結果表(詳見附錄六)推得各潮位站基準之高程，再藉由各站長期潮位資料之平均海平面與該站基準之地面高程差，推得各潮位站平均海平面的高程差異。

2. 計算臺灣沿岸潮位站長期記錄資料

由於潮汐受太陽與月球的引力影響最大，其天體運行之轉動周期為 18.6 年，故必須以起碼 18.6 年的長期潮位資料進行分析，才可代表當地重力場決定之基準面(宋等人，2001)。然長期觀測且資料品質優良的固定潮

位站並不多，經檢視潮位觀測成功率與資料品質後，取 8 站資料情況較佳且資料長度達 10 年以上者，分別為箔子寮、後壁湖、麟山鼻、花蓮、成功、新竹、東石及竹圍。又為達理想資料長度 18.6 年之長期潮位分析，以資料長度 20 年為標準，惟臺灣資料較佳且可達此標準的潮位站不多，因此僅取 4 站做為代表，分別為富岡、高雄、基隆及澎湖。12 站潮位站之資料時間起迄見表 5-25。

表 5-25 長期潮位分析之潮位站

測站名稱	資料時間	
	起	迄
富岡	1976/10/01 01:00	2009/12/31 23:00
高雄	1960/01/01 00:00	2009/12/31 23:00
基隆	1956/01/01 00:00	2009/12/31 23:00
澎湖	1956/01/01 00:00	2009/12/31 23:00
箔子寮	1995/04/01 00:00	2009/12/31 23:54
後壁湖	1996/05/17 00:00	2009/12/31 23:54
麟山鼻	1999/02/26 13:48	2009/12/31 23:54
花蓮	1991/06/27 09:00	2009/12/31 23:54
成功	1993/03/01 00:00	2009/12/31 23:54
新竹	1992/05/27 12:06	2009/12/31 23:54
東石	1993/01/01 00:00	2009/12/31 23:54
竹圍	1999/01/01 00:00	2009/12/31 21:18

本專案蒐集潮位站記錄資料後，將所得原始資料檔案進行備份，並對資料展開偵錯品質，經篩選處理後，再進行程式之撰寫，以便進行臺灣沿岸潮位站長期記錄資料計算與分析，包含潮位站之最低潮位、平均低潮位、平均潮位、平均高潮位及最高高潮位，各潮位及潮差之示意圖見圖 5-65，其定義如下。

(1) 對某一測站之水位記錄平均值稱為平均潮位(Mean Water Level, M. W.

$$L.)。MWL = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

， x_i 為第 i 筆潮汐水位紀錄值， N 為資料筆數。

(2) 在記錄中發生之高、低潮位記錄的平均值分別稱為平均高潮位(Mean High Water Level, M. H. W. L.)及平均低潮位(Mean Low Water Level, M.

- L. W. L.)。
- (3) 觀測期間內所發生的最高潮位為最高高潮位(Highest High Water Level, H. H. W. L.)，最低低潮位(Lowest Low Water Level, L. L. W. L.)則為觀測期間內所發生的最低潮位。
 - (4) 最高高潮位和最低低潮位之差值，稱為最大潮差。
 - (5) 平均高潮位和平均低潮位之差值，稱為平均潮差。

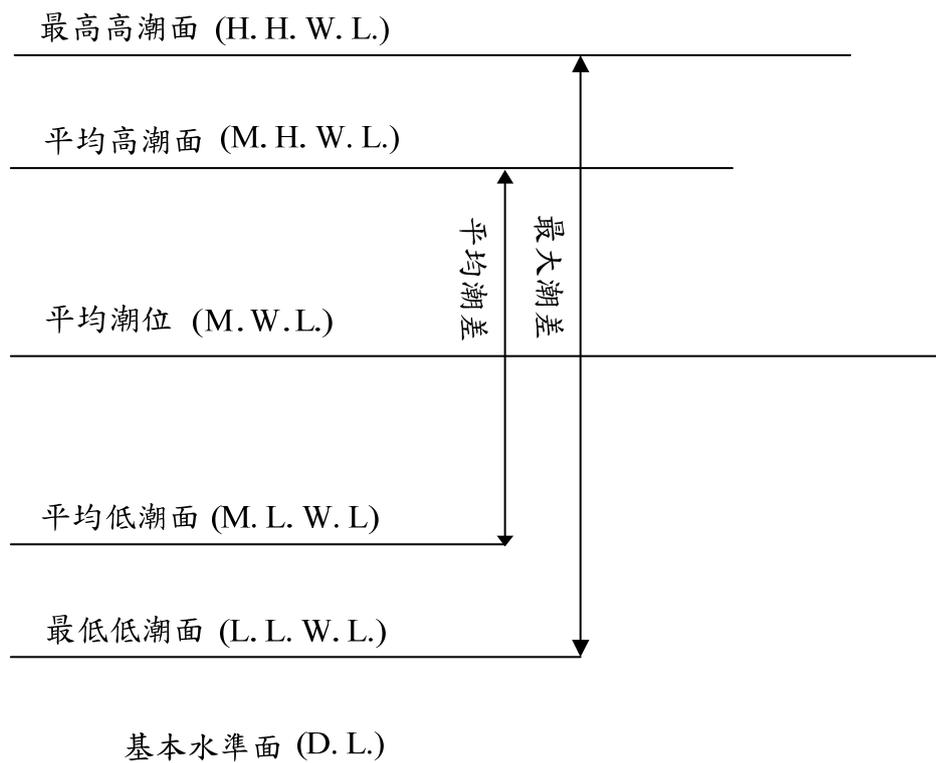


圖 5-65 潮位及潮差示意圖

潮位的變化，除了受天體星球之間吸引力的影響外，還有風、氣壓、雨量、地形等因素讓水面有數公分至數公尺的變化。圖 5-66 至圖 5-77 為臺灣沿岸 12 座潮位站之長期資料計算分析結果，所有測站之分析結果表見附錄七。由圖可知除了新竹測站有超過 4 公尺的最大潮差及近 4 公尺的平均潮差，本島沿岸測站之最大潮差大約在 2 至 3 公尺之間，平均潮差約在 1 至 2 公尺之間。新竹潮位站自 1992 年至 2009 年之間，每年的最大潮差皆大於 5 公尺，如圖 5-70，其中 1996 年的賀伯颱風與 1997 年的溫妮颱風期間，新竹最大潮差達 6 公尺以上。氣象因素對水位變化的影響亦可從

高雄測站 1969 年的資料得知。編號 6905 的衛歐拉(Viola)強烈颱風，雖未登陸臺灣本島，然而 1969 年 7 月 27 日至 28 日行經巴士海峽時(颱風路徑見圖 5-78)，高雄測站於同年 7 月 28 日 6 時測得高達 2.236 公尺的水位值。各站歷年的平均潮位變化均在約 15 公分以下，除了箔子寮、麟山鼻、東石測站平均潮位變化有 25 公分以上的漲幅情況。

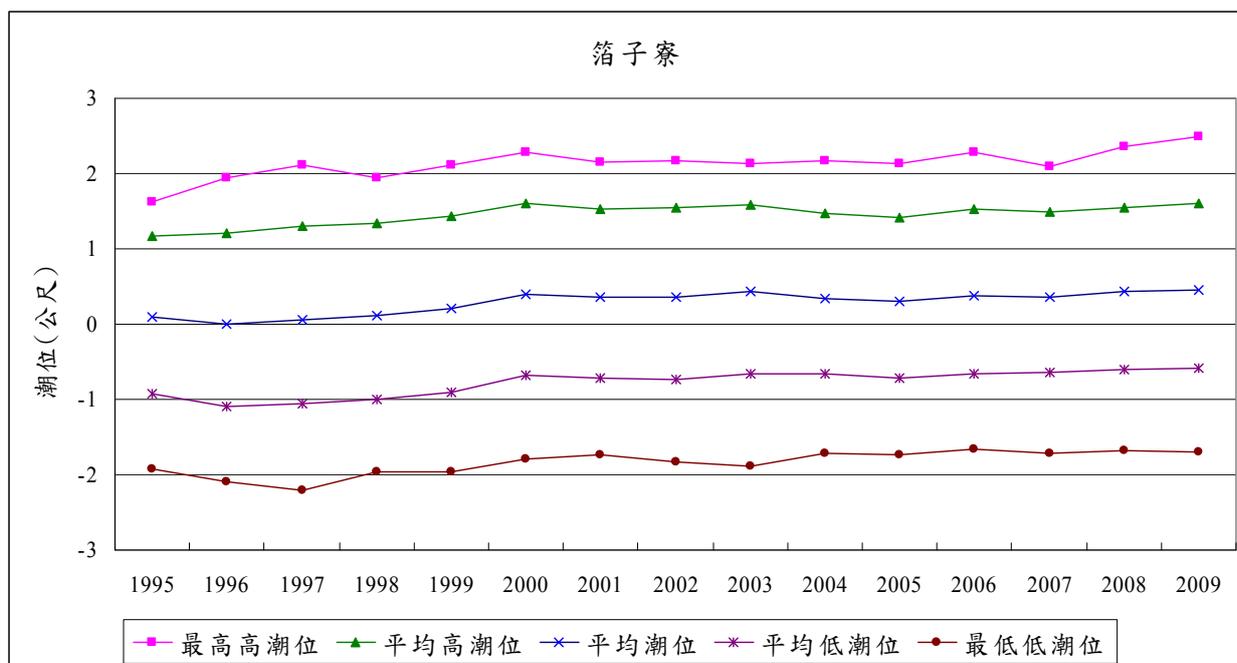


圖 5-66 箔子寮潮位站長期潮位分析

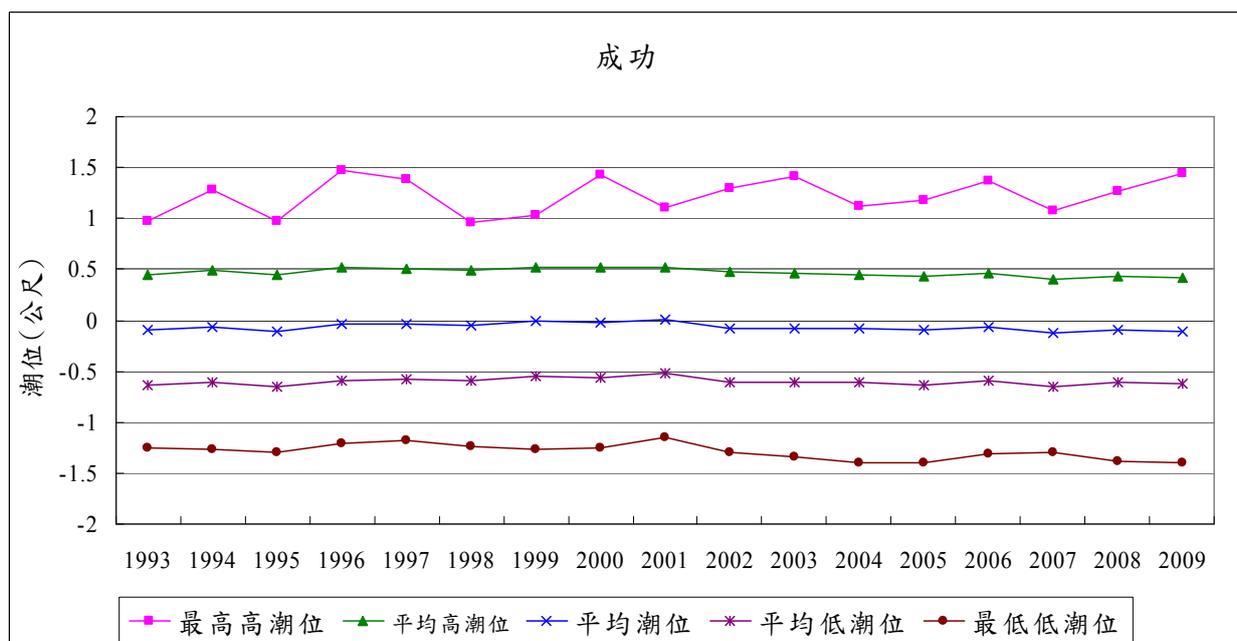


圖 5-67 成功潮位站長期潮位分析

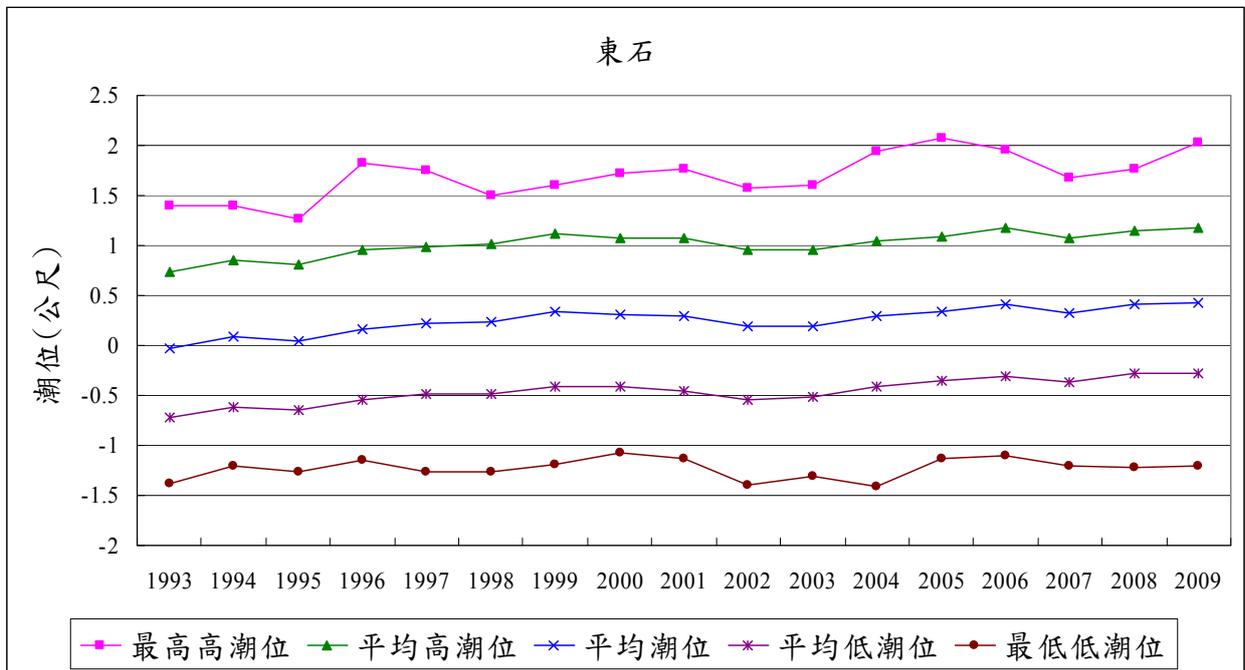


圖 5-68 東石潮位站長期潮位分析

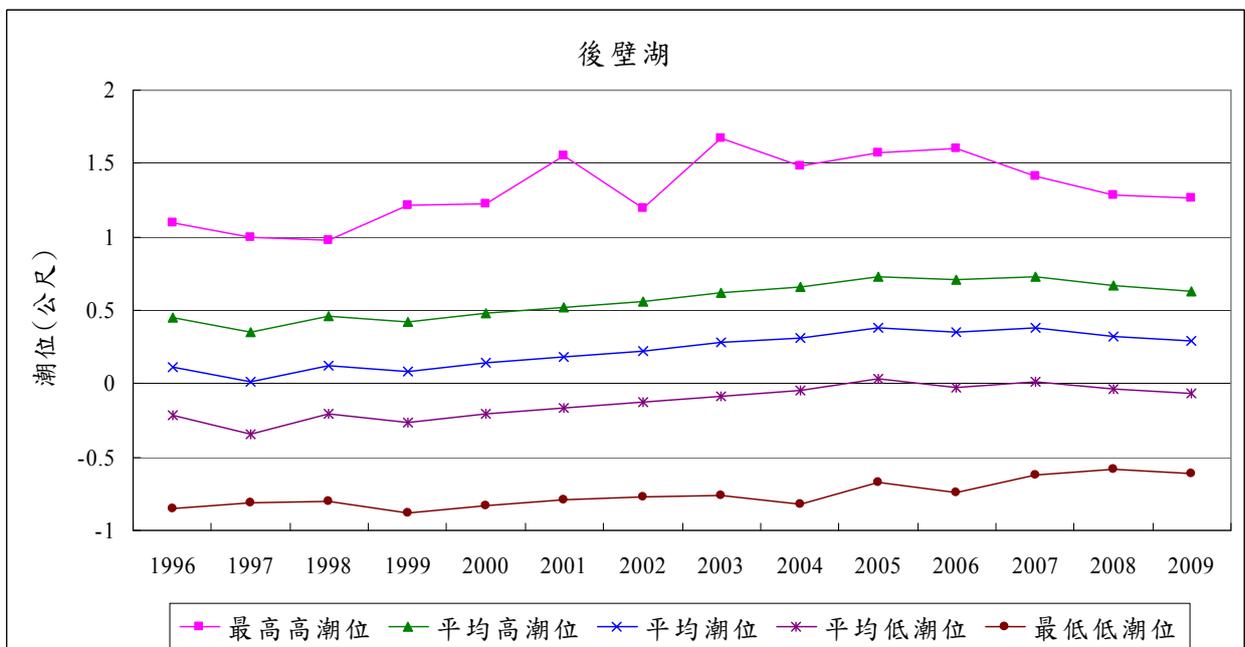


圖 5-69 後壁湖潮位站長期潮位分析

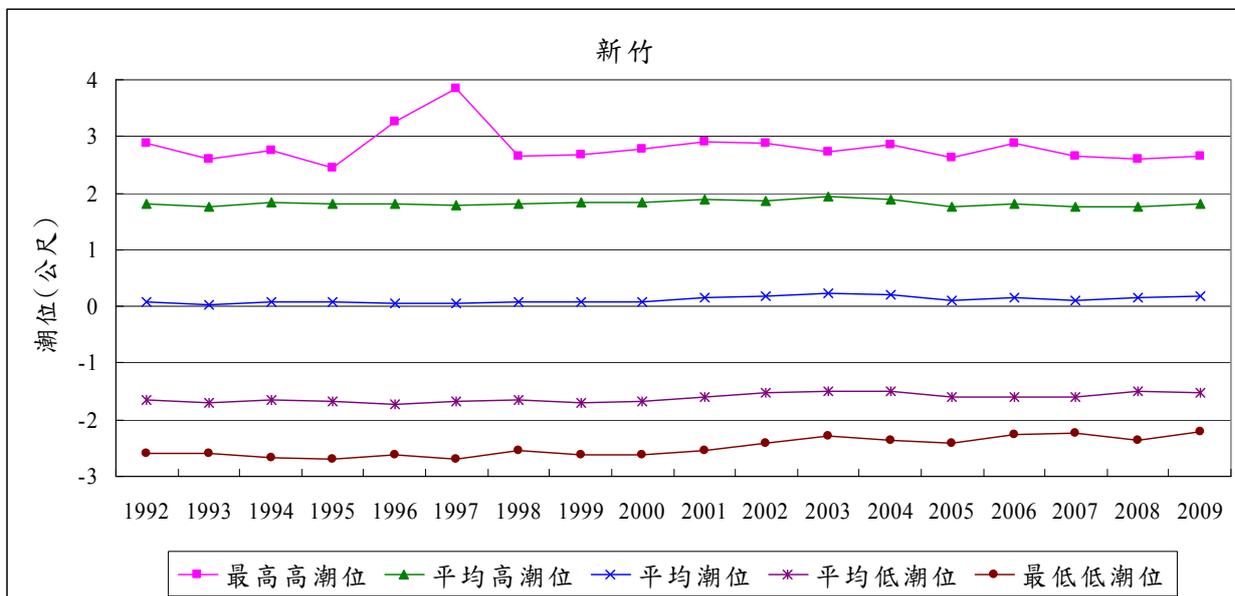


圖 5-70 新竹潮位站長期潮位分析

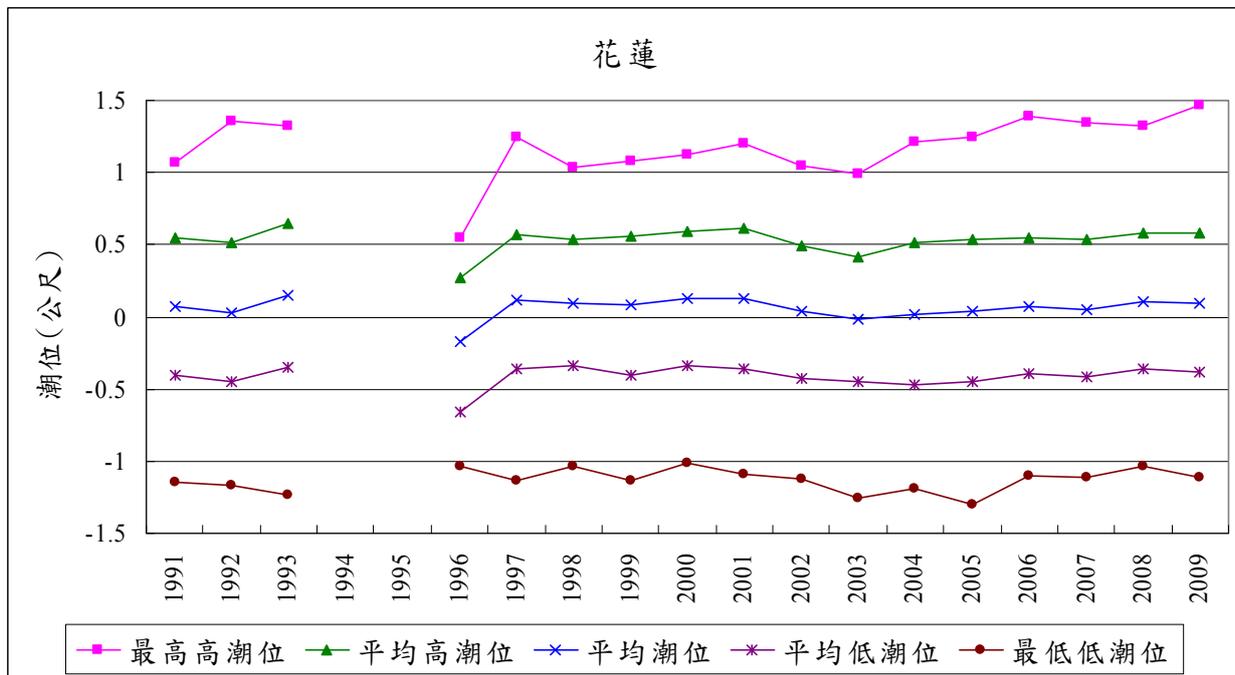


圖 5-71 花蓮潮位站長期潮位分析

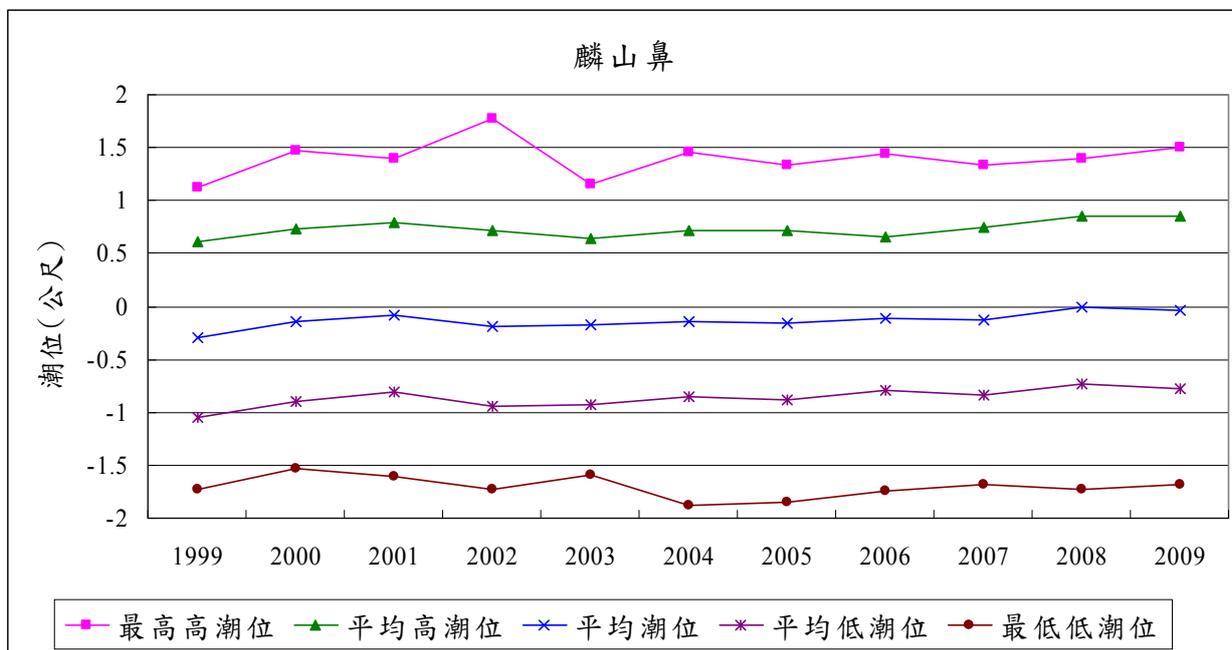


圖 5-72 麟山鼻潮位站長期潮位分析

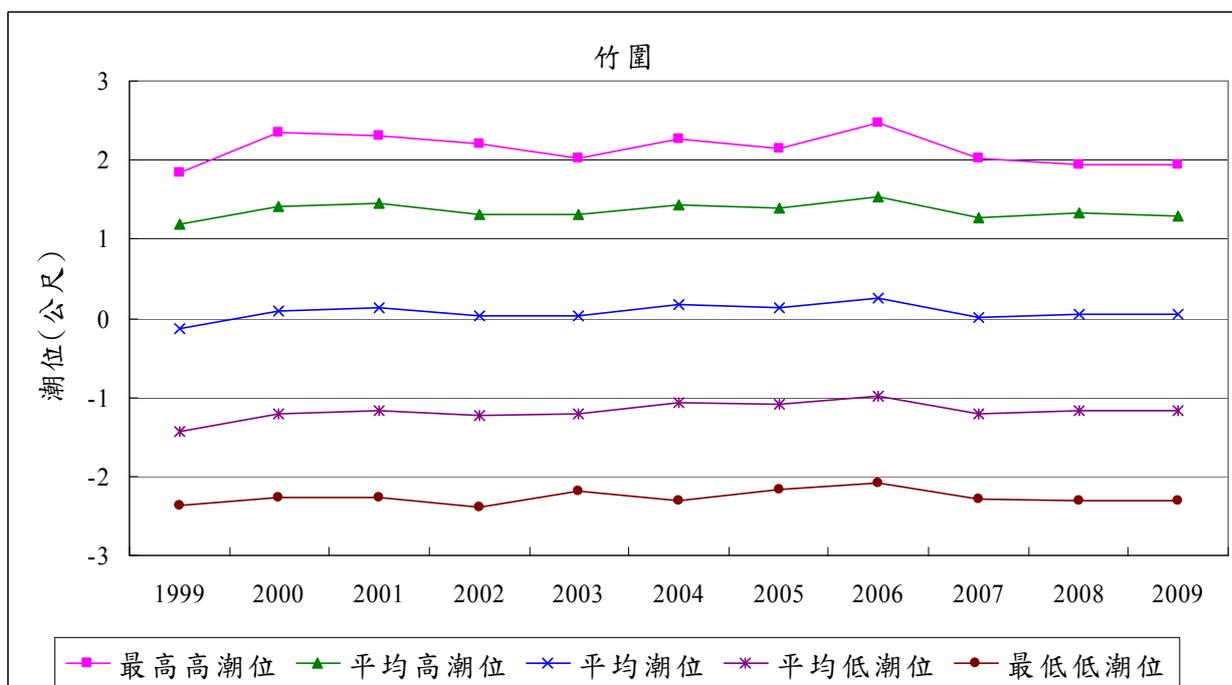


圖 5-73 竹圍潮位站長期潮位分析

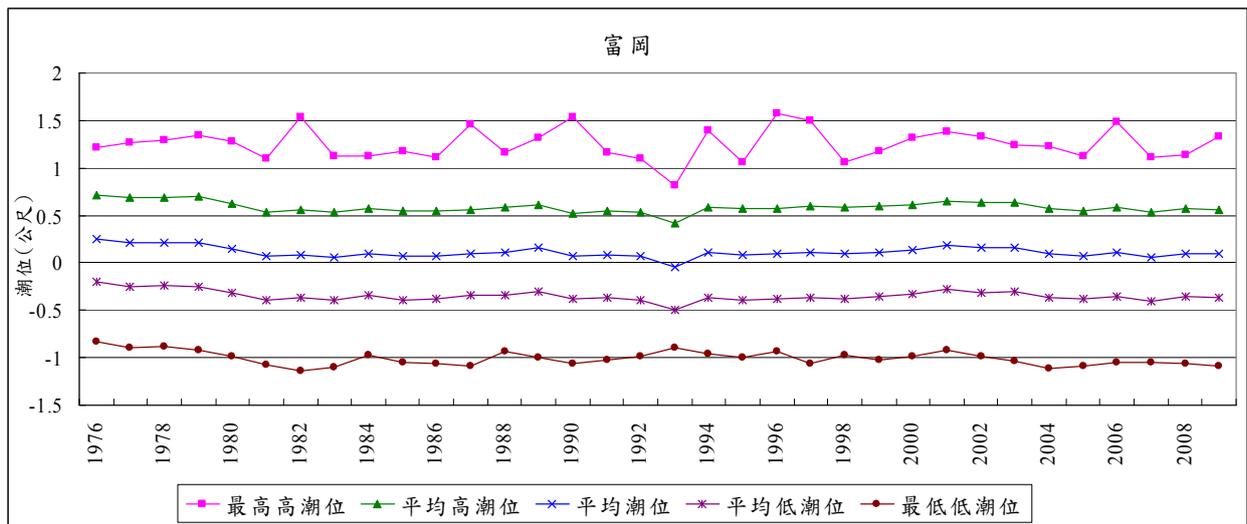


圖 5-74 富岡潮位站長期潮位分析

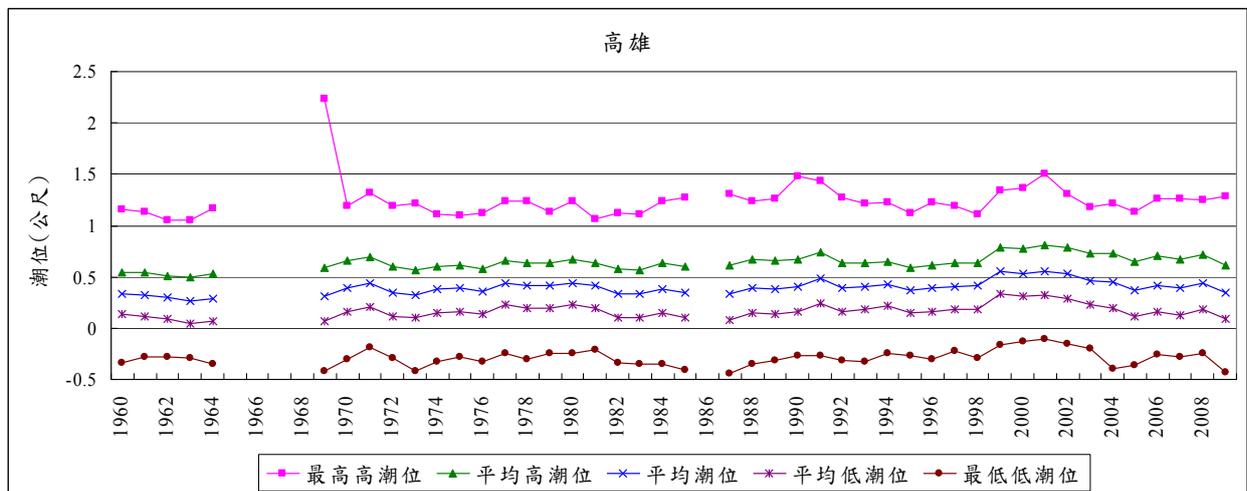


圖 5-75 高雄潮位站長期潮位分析

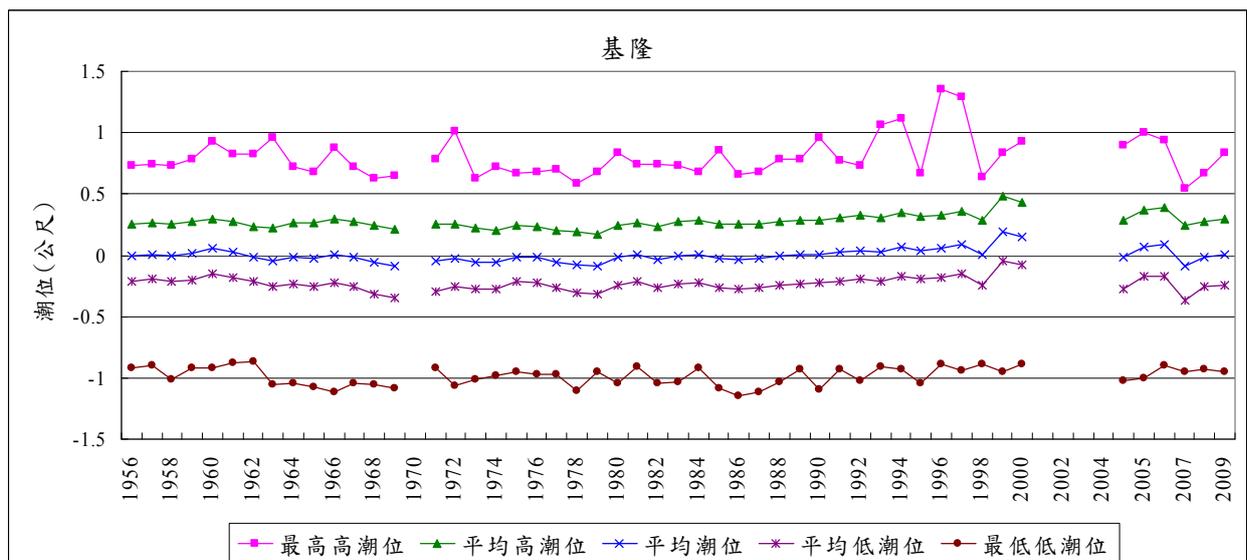


圖 5-76 基隆潮位站長期潮位分析

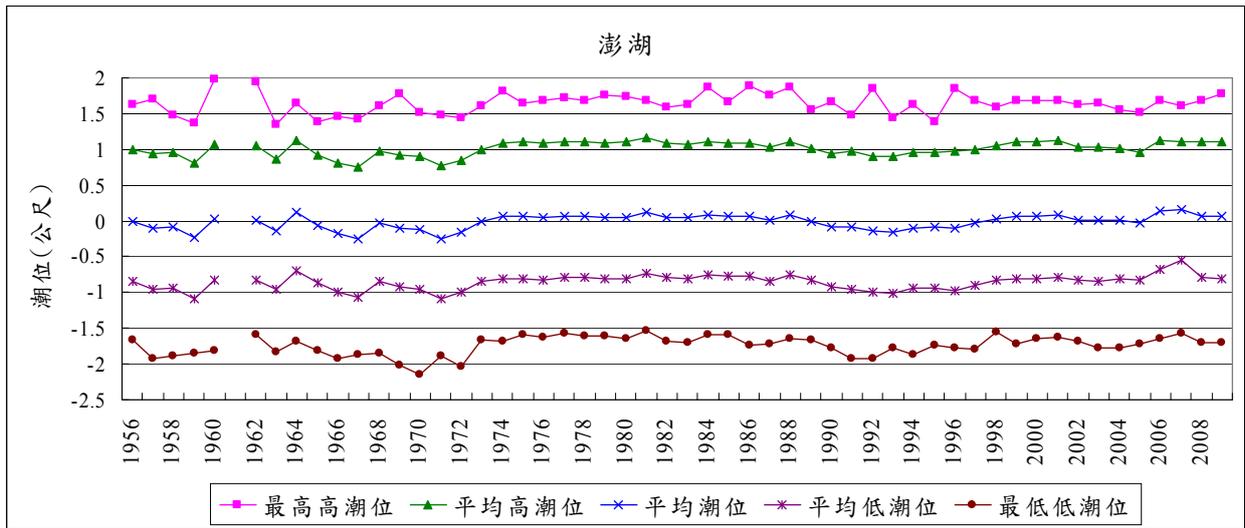


圖 5-77 澎湖潮位站長期潮位分析

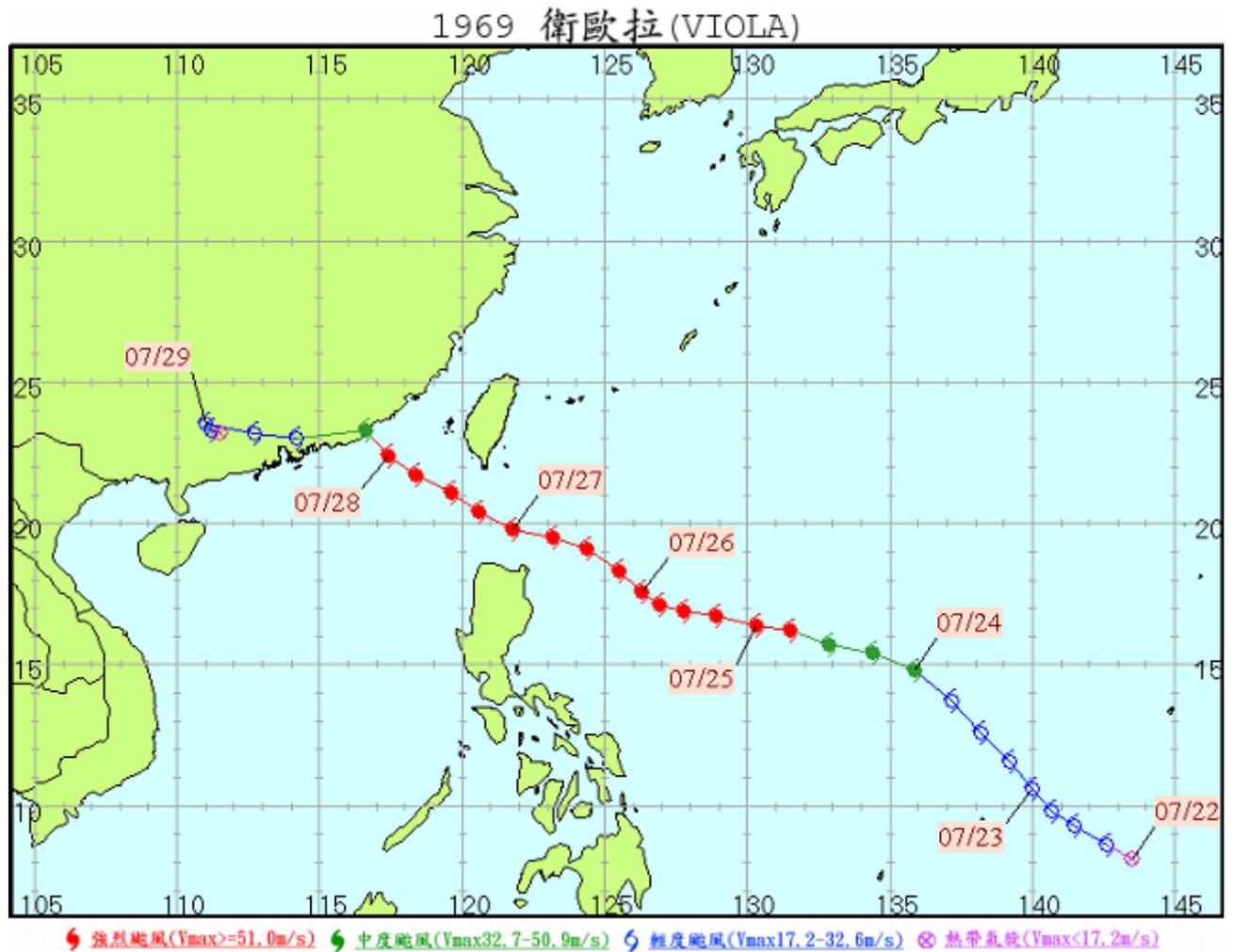


圖 5-78 衛歐拉颱風路徑圖(圖片來源：中央氣象局網站)

3. 海陸基準關係

民國 90 年，台灣地區建立的 TWVD2001 台灣高程基準(曾清涼等，2001；曾清涼等，2003；楊名和蕭翔文，2003；Yang *et al.*, 2003)，提供了 2065 個新設一等水準點(內政部地政司衛星測量中心網頁)，並改善台灣地區大地水準面模式的現有精度，獲得一新的公分等級之區域性大地水準面模式(陳，2004)。內政部於九二一大地震後費時一個月完成衛星控制點系統重測工作，並於民國 92 年建置完成高程控制網部分(經濟部水利署，2008)。

海岸工程所需之水深及陸上地形圖一般以某地之平均海平面為共同基準(郭，2001)，臺灣的陸地水準標點(Bench Mark, BM 或 Tide Gauge Bench Mark, TGBM)便是以基隆港的平均潮位為基準(湯等人，1999)，因此臺灣本島各地設置許多一等水準點，其高程便是各水準點相對於基隆平均潮位的高程，意即其水準點及其引測之高程值均屬於基隆中潮系統。其他離島部分如澎湖、琉球、蘭嶼、綠島與基隆現已完成聯測。為取得較穩定之平均海水面作為國家的高程基準，所需的潮位資料需超過天體運行之轉動周期，即 18.6 年，如此所算得之基準面才可作為高程基準的起算依據，同時亦可長期監測平均海面之變化。

潮位觀測站的基準面通常定於當地最低低潮面，可使任一時間的水面高於基準面，如此便可得到皆為正值的潮位資料(劉，1996)，然儀器故障、維護及更新等原因可能導致潮位資料水準變動之狀況。屏東的東港潮位站於 1998 年 3 月 11 日至 2003 年 12 月 10 日之間所採用的潮位儀為壓力式，但在 2003 年 12 月 10 日之後所使用的潮位儀更新為音波式，造成兩段潮位資料有些微的偏移，見圖 5-79。位於宜蘭縣的蘇澳潮位站資料分布如圖 5-80，於 1997 年至 2002 年之間亦有潮位資料偏移的情況，然根據記錄此時段之潮位儀均為超音波式，推測此偏移量是因為儀器故障或維護時所造成。其它如富基、小琉球、澎佳嶼測站均有類似的情況，需扣除其偏移量，

資料方可為後續之分析方式所使用。

圖 5-81 為潮位基準示意圖，其示意圖之潮位儀以音波式為例說明，若該站潮位儀為壓力式，則實測值(SL)便為正值。相對於基隆海平面之潮位值等於觀測基準面高程(OL)加 offset 加量測值(音波式潮位儀量測距離 SL)。由於 offset 值依各測站不同而異，故本專案暫予以不計。各站一等水準點編號及高程可由 98 年度公告之臺灣潮位站一等水準點的高程檢測表查得；各潮位站水準點及潮位儀水準點高程可由 98 年度公告之高程基準檢測往返閉合差檢測結果表推得，即 KP 與 OL；12 站潮位站之實測值(SL)亦由內政部國土測量中心提供，其中由於新竹與東石測站為壓力式測位儀(潮位示意圖見圖 5-82)，故除了 SL 變更為正值外，還需知道該測站之管長，方可得知該站之潮位高程；新竹與東石測站之管長分別為 5.93 公尺與 4.01 公尺(由內政部國土測量中心提供)。各站之計算結果如表 5-26。

表 5-26 各潮位站之高程表

測站 名稱	一等水準點		潮位站水準點		潮位儀水準點		平均 潮位面 高程(m)
	編號	高程(m)	編號	高程(m)	編號	高程(m)	
箔子寮	G046	0.613	TG08	1.148	TG08A	4.379	0.130
花蓮	9104	8.780	TG19	2.487	TG19D	2.771	-0.685
竹圍	X017	5.270	TG04	2.294	TG04A	0.697	-2.888
新竹	D037	4.574	82043	3.449	TG05A	3.709	0.473
東石	X202	0.381	TG10	0.706	TG10A	2.424	0.991
後壁湖	Q012	23.688	TG34	1.886	TG34B	4.112	0.820
麟山鼻	2017	49.118	TG02	2.686	TG02A	3.293	-0.054
成功	A061	53.317	TG17-1	2.667	TG17A	3.732	0.111
澎湖	PF01	1.924	TG73	1.839	TG73A	3.354	-0.300
基隆	K999	5.616	TG01	1.584	TG01A	4.183	0.113
富岡	A087	7.502	TG16-1	2.329	TG16A	3.454	-1.409
高雄	K700	2.202	TG12	1.485	TG12A	3.074	0.358

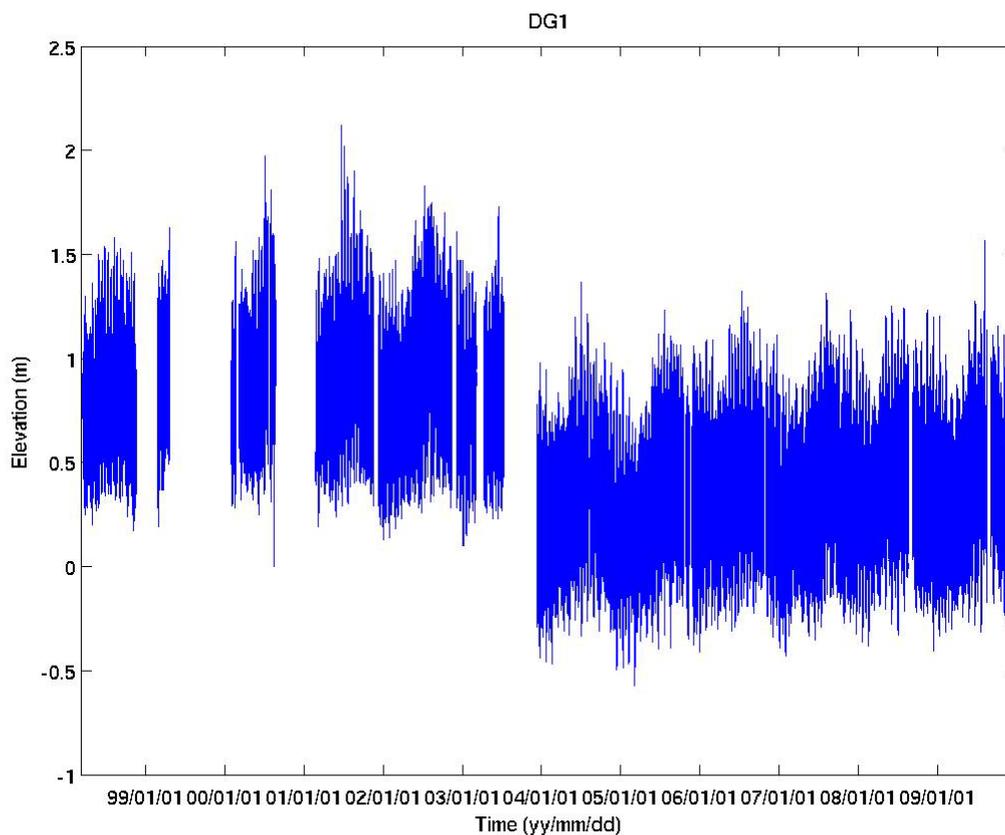


圖 5-79 東港潮位站時序圖

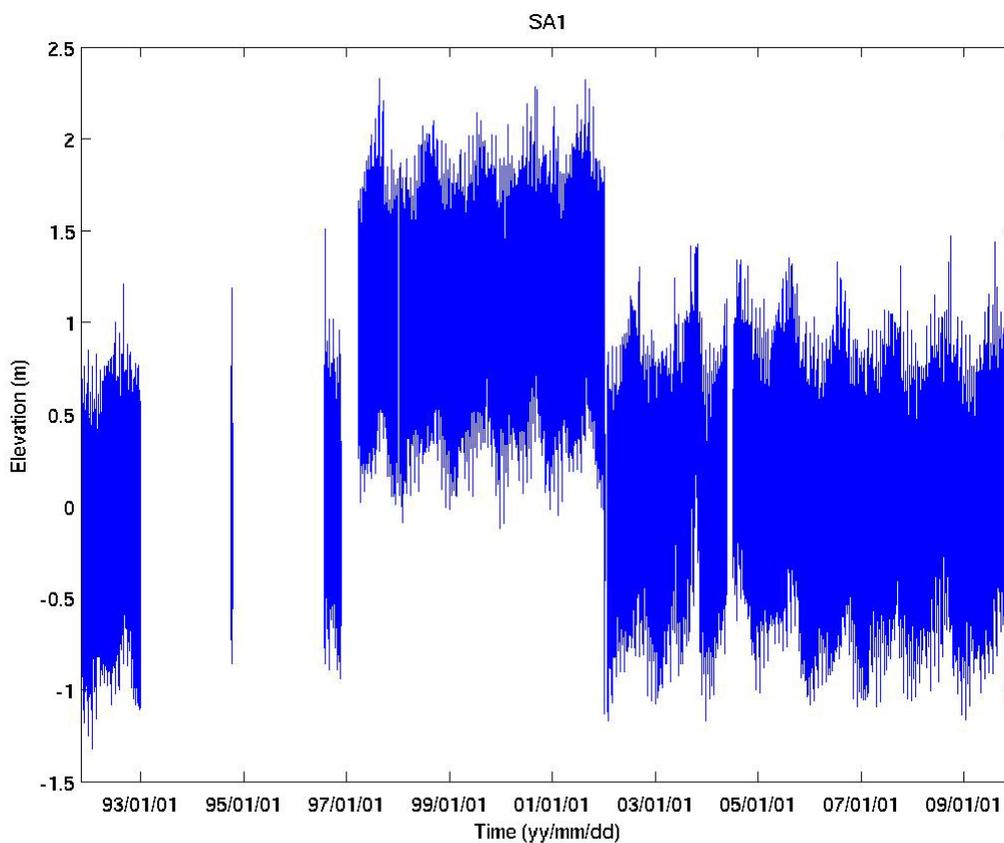


圖 5-80 蘇澳潮位站時序圖

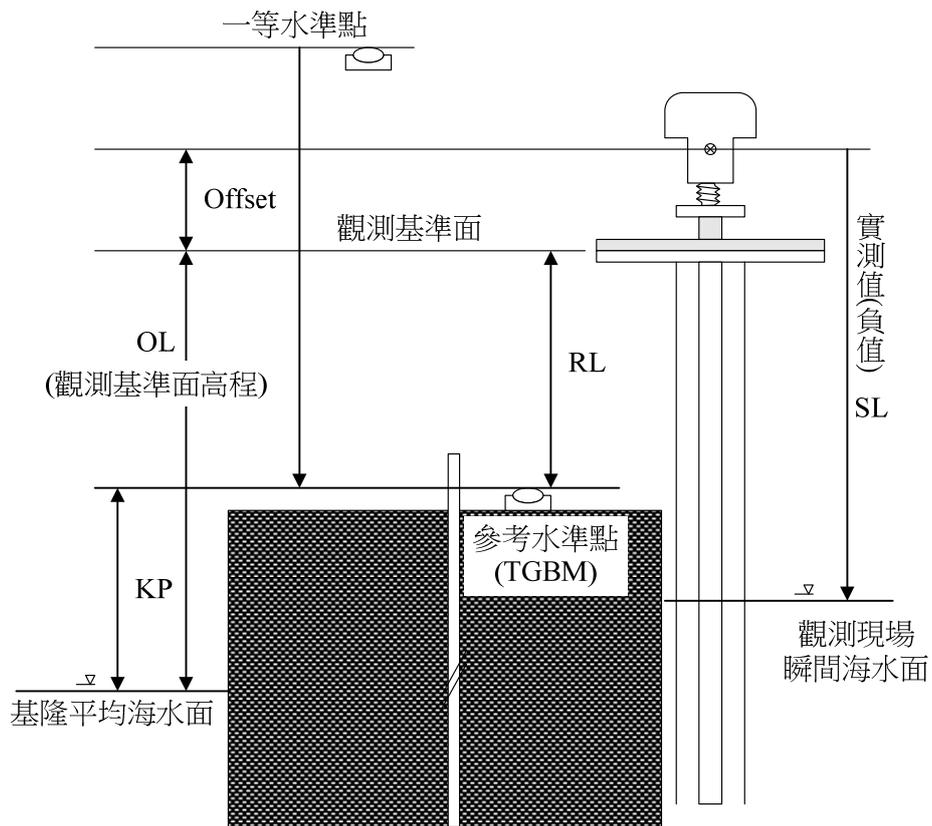


圖 5-81 音波式潮位基準示意圖(摘自經濟部水利署，2008)

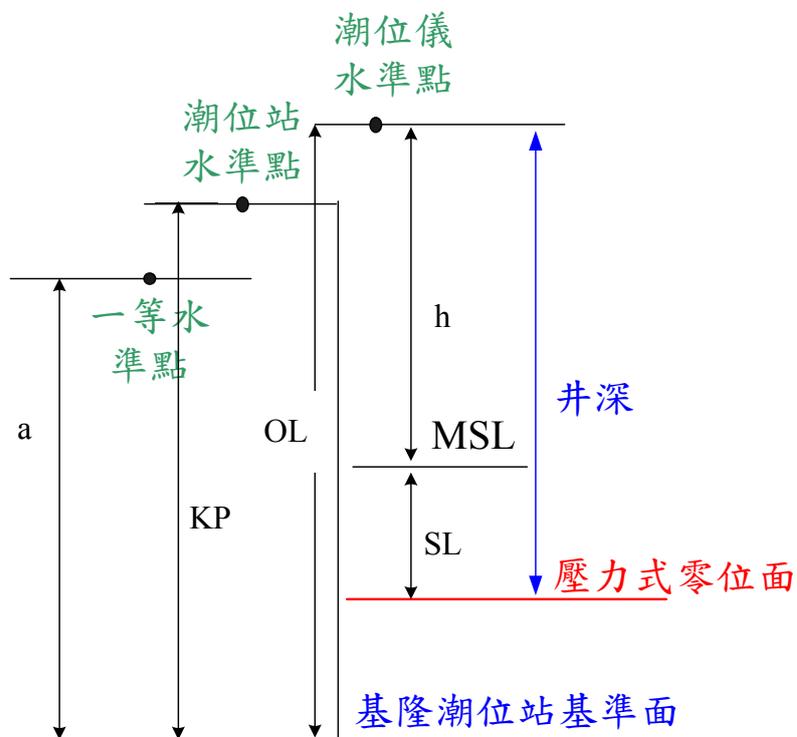


圖 5-82 壓力潮位儀潮位基準示意圖

4. 臺灣海域潮位特性

臺灣鄰近海域，受到海峽、海脊、海槽等各種不同海底地形之影響，常可發現潮汐在實際表現上具有不同的潮位特性(莊與江，2000)。潮波自太平洋向亞洲大陸沿海傳播時，因地形之影響，造成潮汐有不同的漲落。劉(1996)說明臺灣四周海底地形複雜(圖 5-83)，200 公尺等深線大陸棚邊緣，由臺灣東北角向東北延伸經彭佳嶼海域至日本九州。花東海岸坡度陡峭，海水深度的範圍在三千至四千公尺之間，故花東沿海地區的潮汐特性類似。從桃園往南經新竹、苗栗、台中到彰化沿海的坡度平緩，深度在 40 公尺左右，所以從桃園到彰化沿海的潮汐特性也很類似。但從蘇澳到基隆、從台東大武經鵝鑾鼻到屏東西岸、以及高雄和台南交界處的海底地形變化較複雜，所以這些地區的潮汐特性和其他地區不同

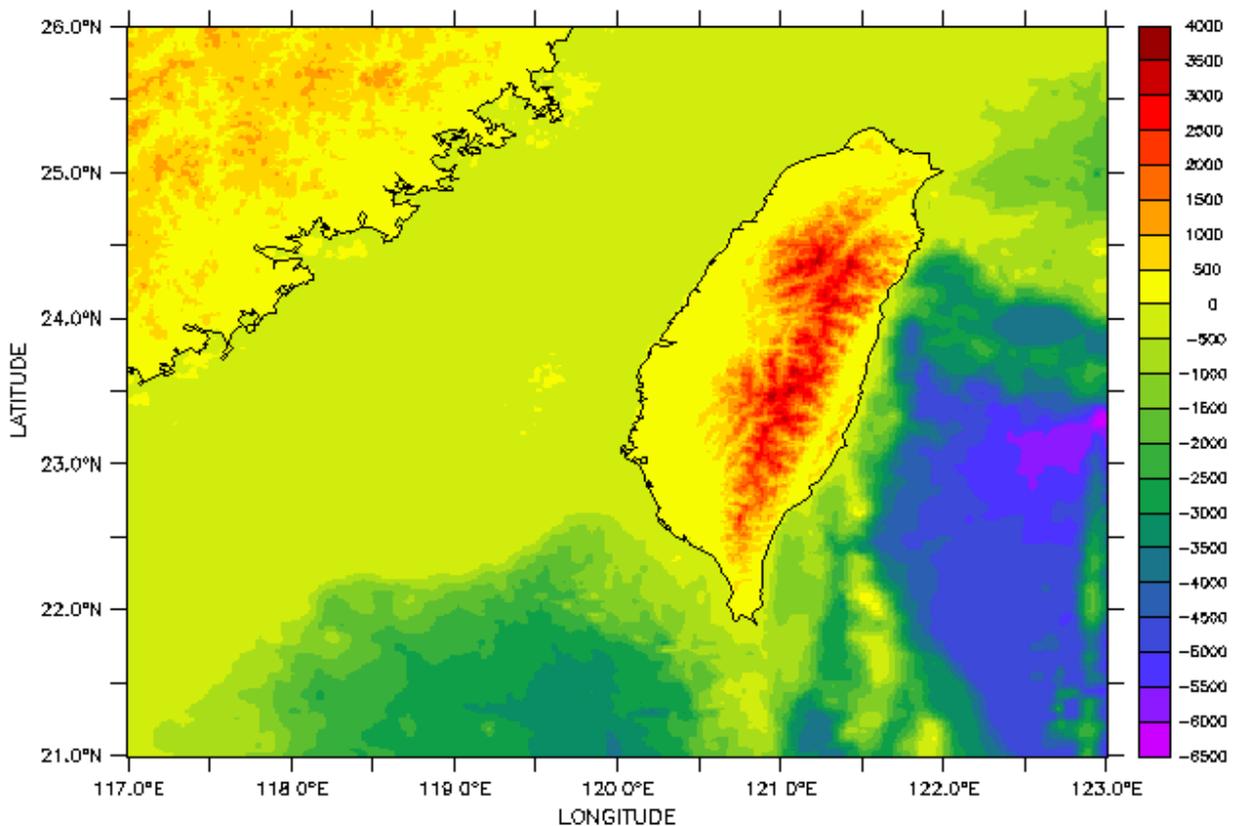


圖 5-83 臺灣附近海域海底地形圖

影響地球潮汐主要的天體為月球和太陽，兩者對地球海水所造成的引力及離心力之合力即為引潮力(tide generating force)，而海水僅受日月引潮

力而產生長週期波動，呈現水位規律的升降，稱天文潮。其中，潮汐中週期為 24 小時 50 分稱為全日潮(diurnal tides)；而週期為 12 小時 25 分者為半日潮(semi-diurnal tides)；介於兩者之間之為混合潮(mixed tides)。為了推求各天文潮的分潮振幅及相位角，本案採用 12 站 2009 年全年實測潮位資料進行調和分析(harmonic analysis)，以便做後續之潮位資料分析。

調和分析(harmonic analysis)基本概念是將潮汐視為各種週期的分潮總和。由氣象等因素所引起的水位變化，對於潮位之調和分析的影響極小(黃，1995)，故可利用調和分析推算分潮，分潮曲線可表示如下之函數

$$y(t) = f \times H \times \cos(\omega t + (V_0 + u) - k)$$

其中 $y(t)$ 為分潮之潮高， f 為修正係數， H 為分潮振幅， ω 為分潮角速度， $(V_0 + \mu)$ 為平衡引數(equilibrium argument)， k 為相位角(phase lag)，意指以平衡潮理論推算和實際發生時間之差異，其中振幅與相位角稱為調和常數(harmonic constants)，二者之大小隨地點而異，需由當地之潮汐觀測記錄分析來決定，而修正係數、角速度及平衡引數等則與天體運動有關。

為推求各分潮的振幅及相位角，可透過分析計算各實測潮汐記錄，即可決定當地之潮汐特性及推算未來之潮汐水位。理論上潮汐包括無限多的分潮成分，但應用上僅能就主要分潮來進行分析。一般常取用的 60 分潮之名稱及分潮角頻率示如表 5-27，此 60 分潮為對應採用 369 日潮汐記錄進行分析之用。

引潮力中以四個主要分潮最為重要，即 M_2 (主太陰半日潮 principal lunar)、 S_2 (主太陽半日潮 principal solar)、 K_1 (主太陰全日潮 luni-solar diurnal) 及 O_1 (主太陽全日潮 principal lunar diurnal)(郭，2001)。一般從這四個主要分潮來判別潮型，常用分潮振幅比來進行區別，其判別式見表 5-28。為瞭解臺灣潮汐特性，以 2009 年 12 站潮位資料進行調和分析推算各站八個主要分潮的調和常數，分別為 Q_1 、 O_1 、 K_1 、 P_1 、 N_2 、 M_2 、 S_2 及 K_2 ，各站之潮型結果見圖 5-84，圖 5-85 至圖 5-104 為 12 潮位站各分潮振幅比較圖，

圖 5-105 至圖 5-112 為 12 潮位站各分潮相位角比較圖，其調和常數表見附錄八。

由圖 5-84 可知臺灣本島東部測站是以半日潮為主的混合潮型；北部的基隆測站與南部的高雄、後壁湖測站為混合潮型。由於潮汐從太平洋進入臺灣海峽前，必須通過臺灣南北兩端，因水深及臺灣南北端地形變化之因素，使原屬全日潮之潮波開始轉變，成為半日潮佔優勢之混合潮；當潮汐進入海峽後，因海峽邊界之限制，故臺灣西部海岸測站，如竹圍、麟山鼻、新竹、箔子寮及東石測站皆為半日潮型。

由圖 5-85 至圖 5-96 可看出全日潮的 O_1 和 K_1 分潮振幅皆約在 0.2 至 0.3 公尺之間，而半日潮的 M_2 和 S_2 分潮振幅在臺灣西邊中部的測站(新竹與箔子寮測站)明顯比其它北南部測站大，表示 O_1 和 K_1 分潮振幅受地形影響不大，然 M_2 和 S_2 分潮振幅則因為海峽地形束縮而增大(郭，2001)。臺灣東部測站分潮振幅並無因緯度不同而有明顯的變化趨勢。由圖 5-93 可看出，基隆測站的全日潮分潮振幅較半日潮大，而其它西部測站竹圍、麟山鼻、新竹、箔子寮及東石則是以 M_2 為主要分潮，尤其是新竹測站的 M_2 分潮振幅更是達到 1.5 公尺以上；直到南部的高雄及後壁湖測站，全日潮的 O_1 、 P_1 和 K_1 的振幅又變成主導分潮。

由圖 5-105 至圖 5-112 可看出八個分潮相位角都是由北向南遞增，直到南部的東石或是高雄測站達到最高，然後開始往南遞減。東部測站八個分潮相位角則是沒有明顯的變化趨勢。

Davies(1964)依不同潮差的差距將河口分為四種 (尤等人，2005)。微潮區(microtidal) 潮差小於 2 公尺，中潮區(mesotidal)潮差介於 2 至 4 公尺，大潮區(macrotidal) 潮差大於 4 公尺，極大潮區(hypertial) 潮差大於 6 公尺。圖 5-113 為利用數值模式模擬臺灣海域附近 1976 年至 1996 年的最大潮差，並依上述分類方法區分之結果。深紅色為微潮區，黃色為中潮區，綠色為大潮區，紫紅色為極大潮區。

表 5-27 六十分潮名稱及角頻率表

分潮	角頻率(°/hr)	分潮	角頻率 (°/hr)
Sa	0.0410686	M2	28.9841042
Saa	0.0821371	MKS2	29.0663415
Mm	0.5443747	λ 2	29.4556253
Msf	1.0158958	L2	29.5284789
Mf	1.0980331	T2	29.9589333
2Qt	12.8542862	S2	30.000000
σ 1	12.9271398	R2	30.0414667
Q1	13.3986609	K2	30.0821373
ρ 1	13.4715145	MSN2	30.5443747
O1	13.9430356	KJ2	30.6265120
MP1	14.0251729	2SM2	31.0158958
M1	14.4920521	MO3	42.9271398
X1	14.5695476	M3	43.4761563
π 1	14.9178647	S03	43.9430356
P1	14.9589314	MK3	44.0251729
S1	15.000000	SK3	45.0410686
K1	15.0410686	MN4	57.4238337
φ 1	15.0821353	M4	57.9682084
φ 1	15.1232059	SN4	58.4397295
θ 1	15.5121597	MS4	58.9841042
J1	15.5854433	MK4	59.0662415
SO1	16.0569644	S4	60.000000
OO1	16.1391017	SK4	60.0821373
OQ2	27.3416964	2MN6	86.4079380
MNS2	27.4238337	M6	86.9523127
2N2	27.8953548	MSN6	87.4238337
μ2	27.9682084	2MS6	87.9682084
N2	28.4397295	2MK6	88.0503457
v 2	28.5125831	2SM6	88.9841042
OP2	28.9019669	MSK6	89.0662415

表 5-28 潮型判別式表

$F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2} + H_{S2}}$	H_{K1} : K ₁ 分潮振幅
	H_{O1} : O ₁ 分潮振幅
	H_{M2} : M ₂ 分潮振幅
	H_{S2} : S ₂ 分潮振幅
$F < 0.5$	半日潮
$F > 1.25$	全日潮
$0.5 < F < 1.25$	混合潮

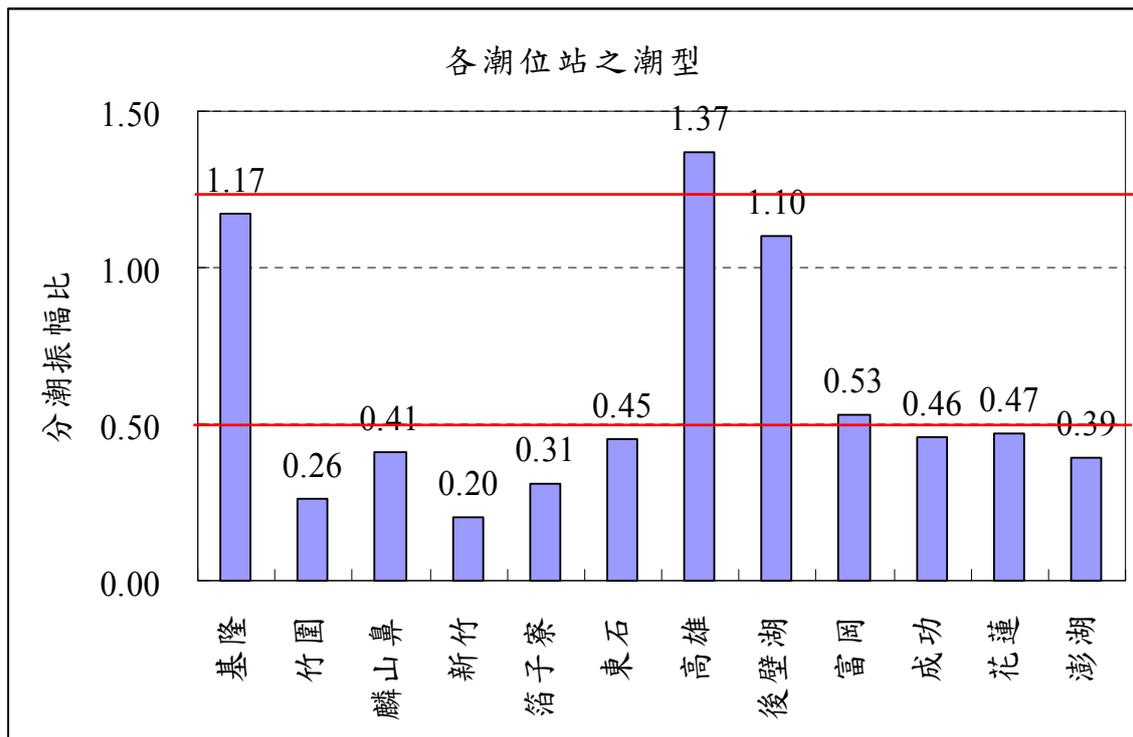


圖 5-84 各潮位站之分潮振幅比

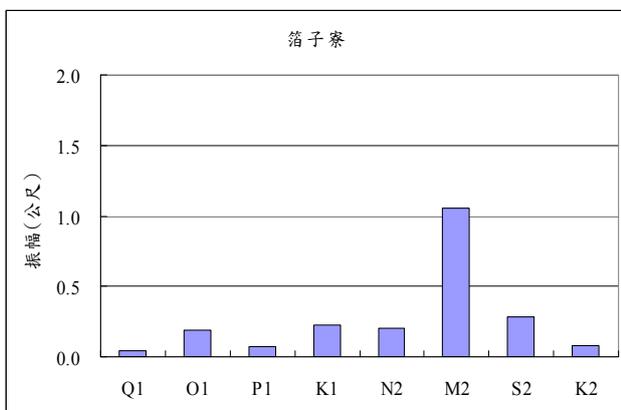


圖 5-85 箔子寮測站各分潮振幅比較圖

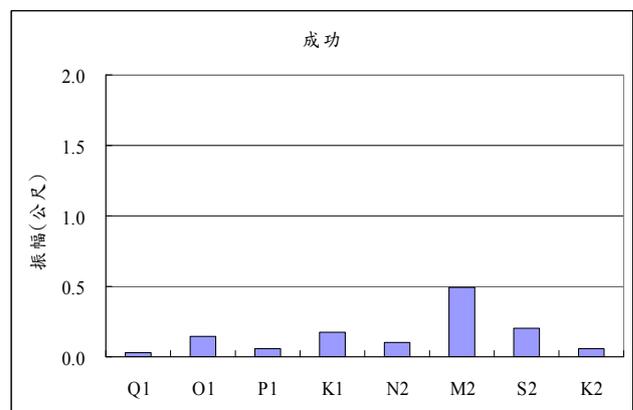


圖 5-86 成功測站各分潮振幅比較圖

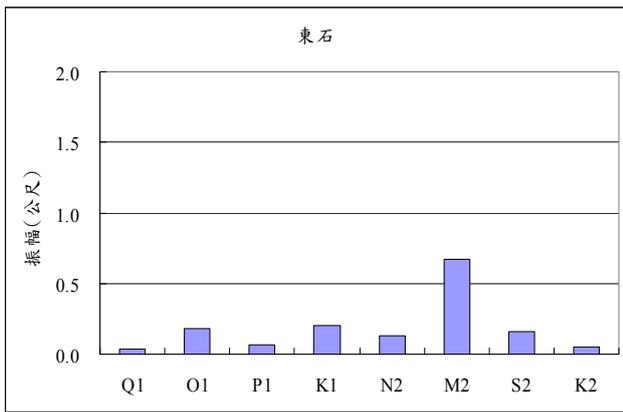


圖 5-87 東石測站各分潮振幅比較圖

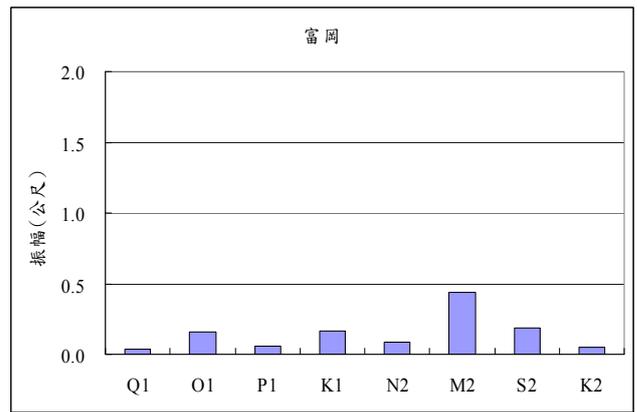


圖 5-88 富岡測站各分潮振幅比較圖

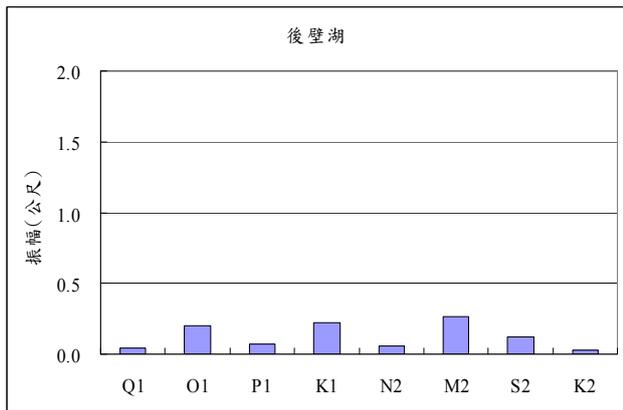


圖 5-89 後壁湖測站各分潮振幅比較圖

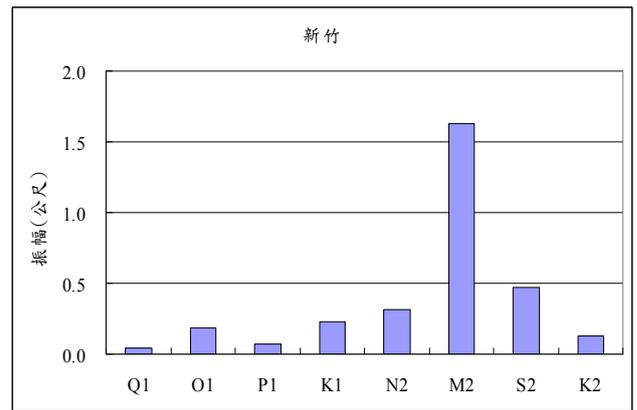


圖 5-90 新竹測站各分潮振幅比較圖

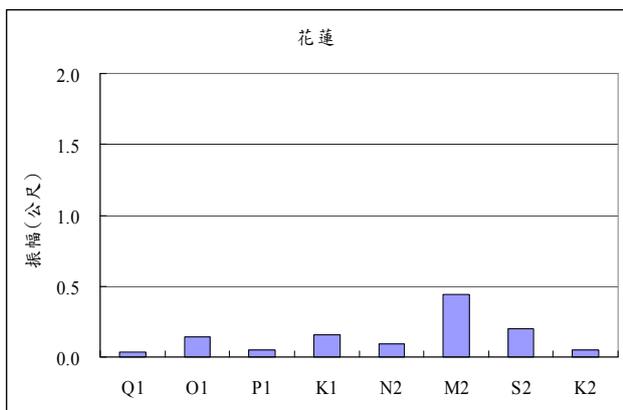


圖 5-91 花蓮測站各分潮振幅比較圖

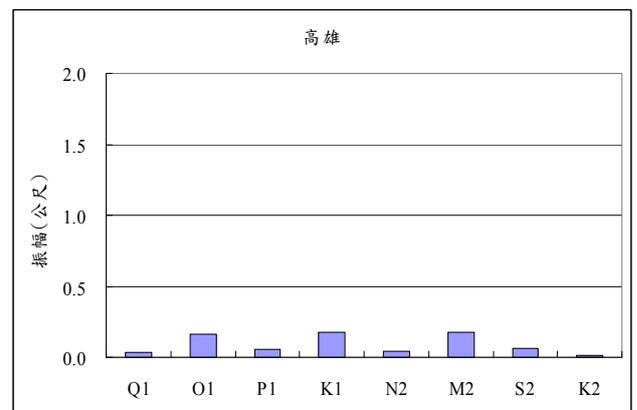


圖 5-92 高雄測站各分潮振幅比較圖

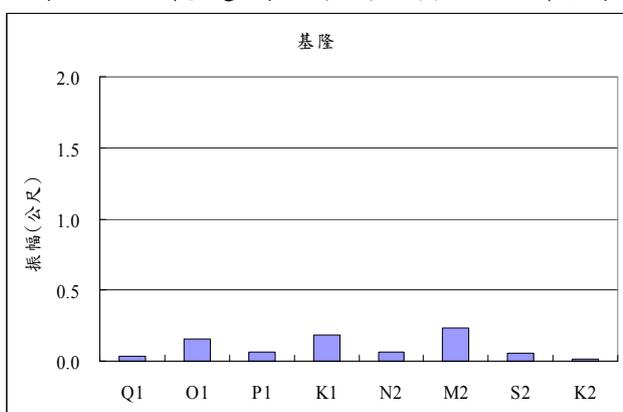


圖 5-93 基隆測站各分潮振幅比較圖

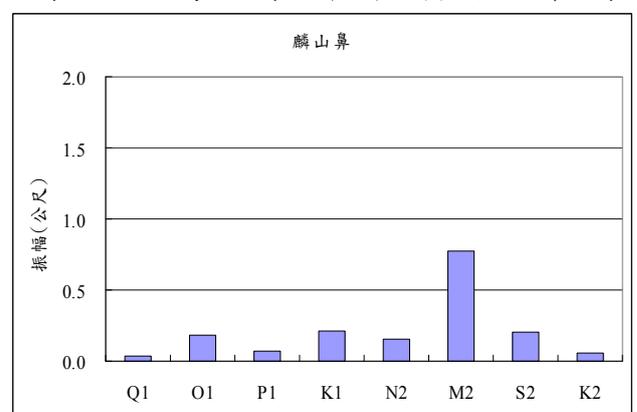


圖 5-94 麟山鼻測站各分潮振幅比較圖

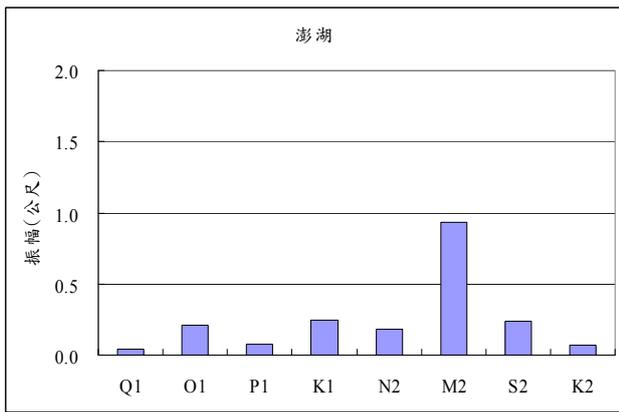


圖 5-95 澎湖測站各分潮振幅比較圖

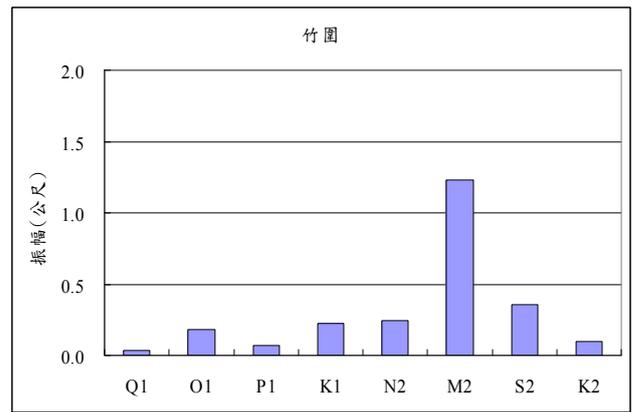


圖 5-96 竹圍測站各分潮振幅比較圖

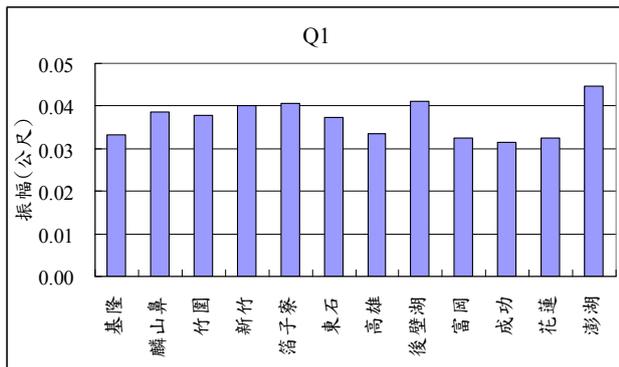


圖 5-97 各潮位站 Q1 分潮振幅比較圖

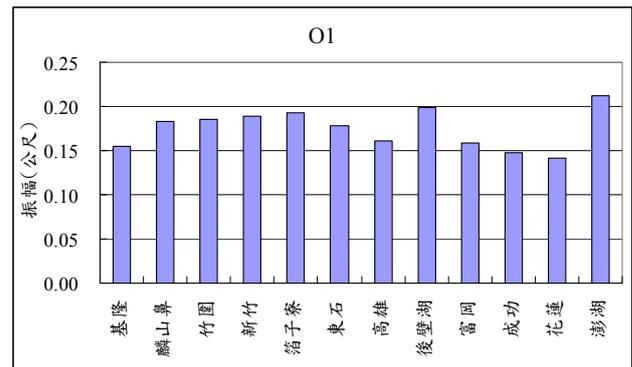


圖 5-98 各潮位站 O1 分潮振幅比較圖

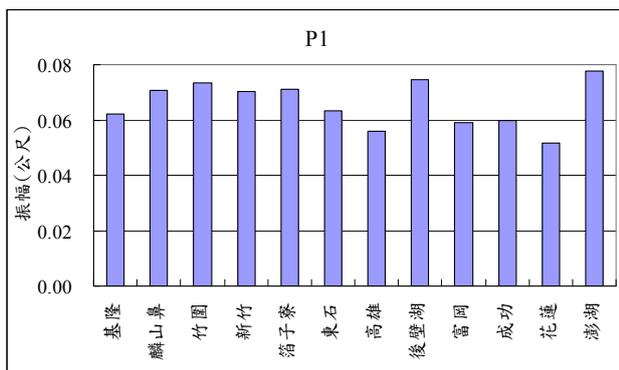


圖 5-99 各潮位站 P1 分潮振幅比較圖

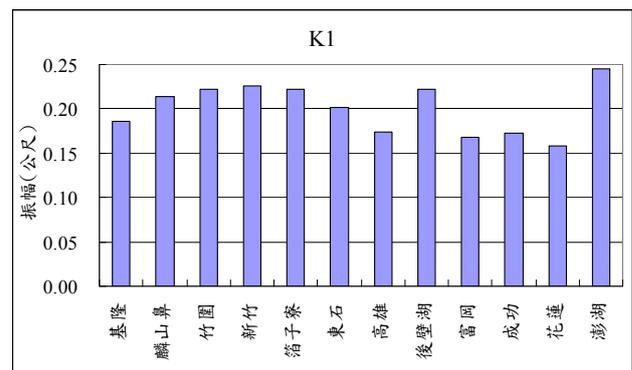


圖 5-100 各潮位站 K1 分潮振幅比較圖

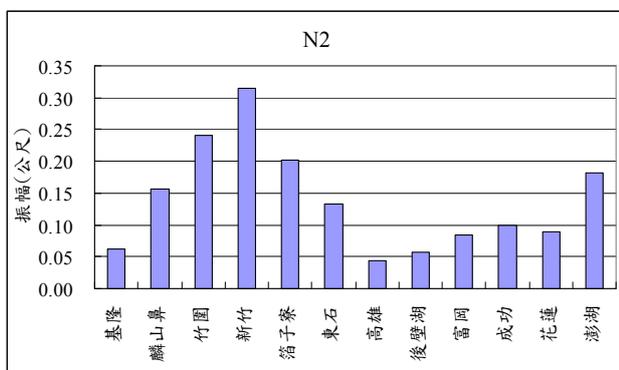


圖 5-101 各潮位站 N2 分潮振幅比較圖

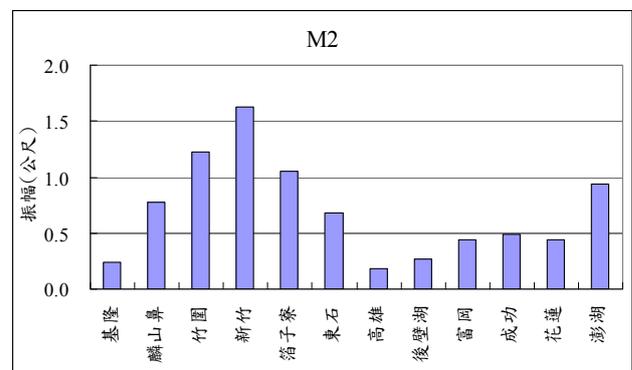


圖 5-102 各潮位站 M2 分潮振幅比較圖

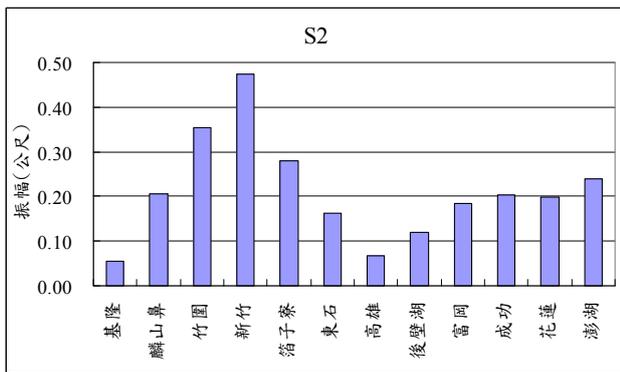


圖 5-103 各潮位站 S₂ 分潮振幅比較圖

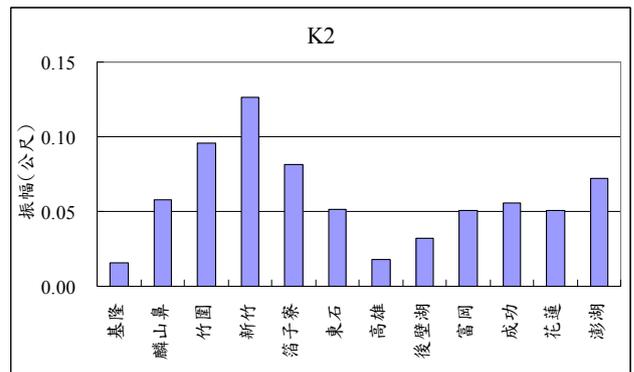


圖 5-104 各潮位站 K₂ 分潮振幅比較圖

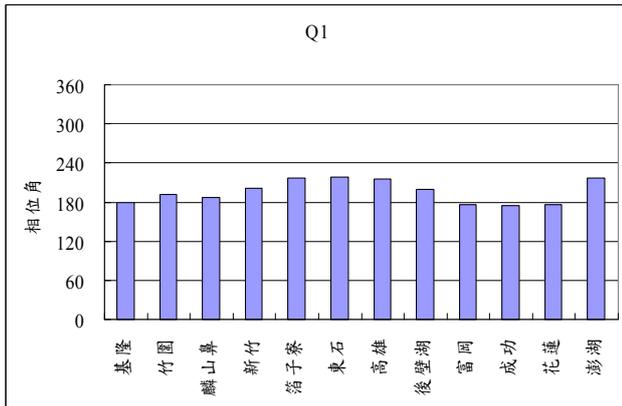


圖 5-105 各潮位站 Q₁ 分潮相位角比較圖

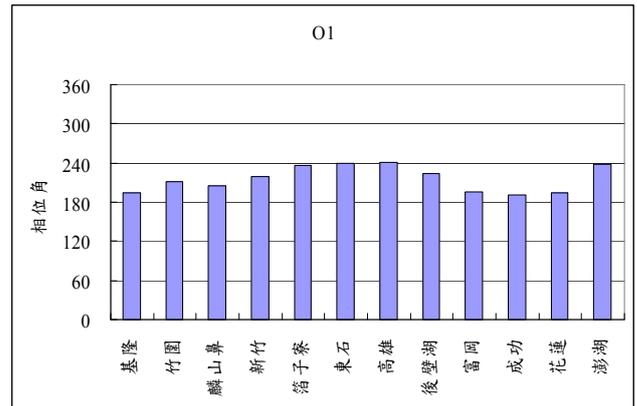


圖 5-106 各潮位站 O₁ 分潮相位角比較圖

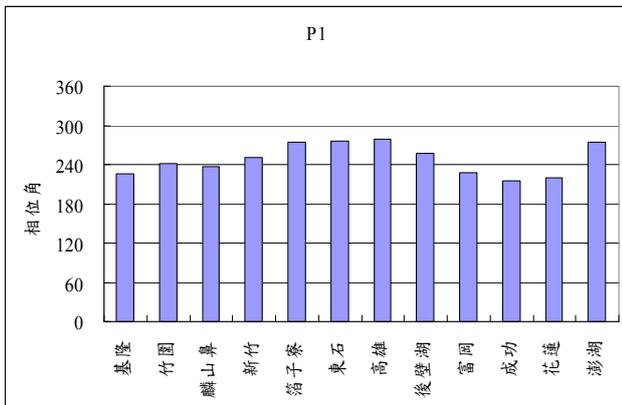


圖 5-107 各潮位站 P₁ 分潮相位角比較圖

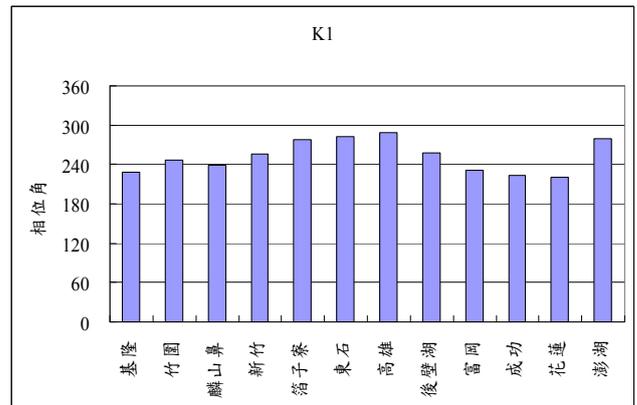


圖 5-108 各潮位站 K₁ 分潮相位角比較圖

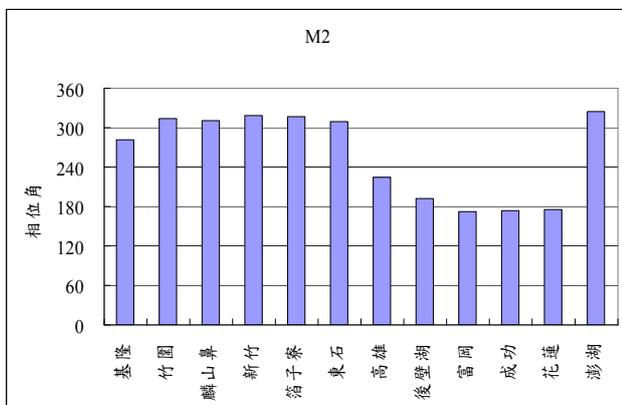


圖 5-109 各潮位站 M₂ 分潮相位角比較圖

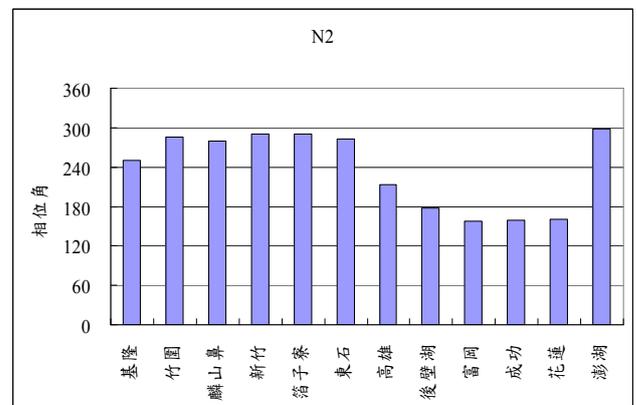


圖 5-110 各潮位站 N₂ 分潮相位角比較圖

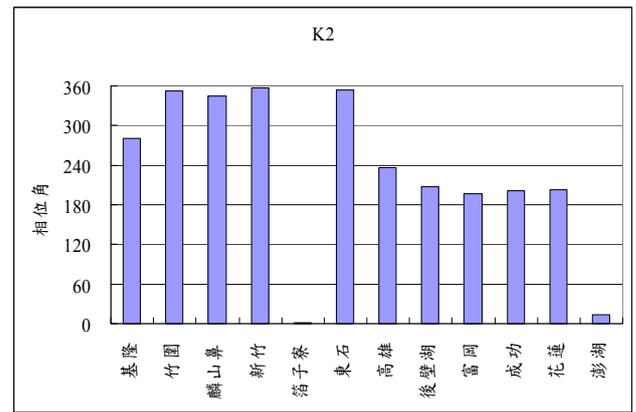


圖 5-111 各潮位站 S₂ 分潮相位角比較圖

圖 5-112 各潮位站 K₂ 分潮相位角比較圖

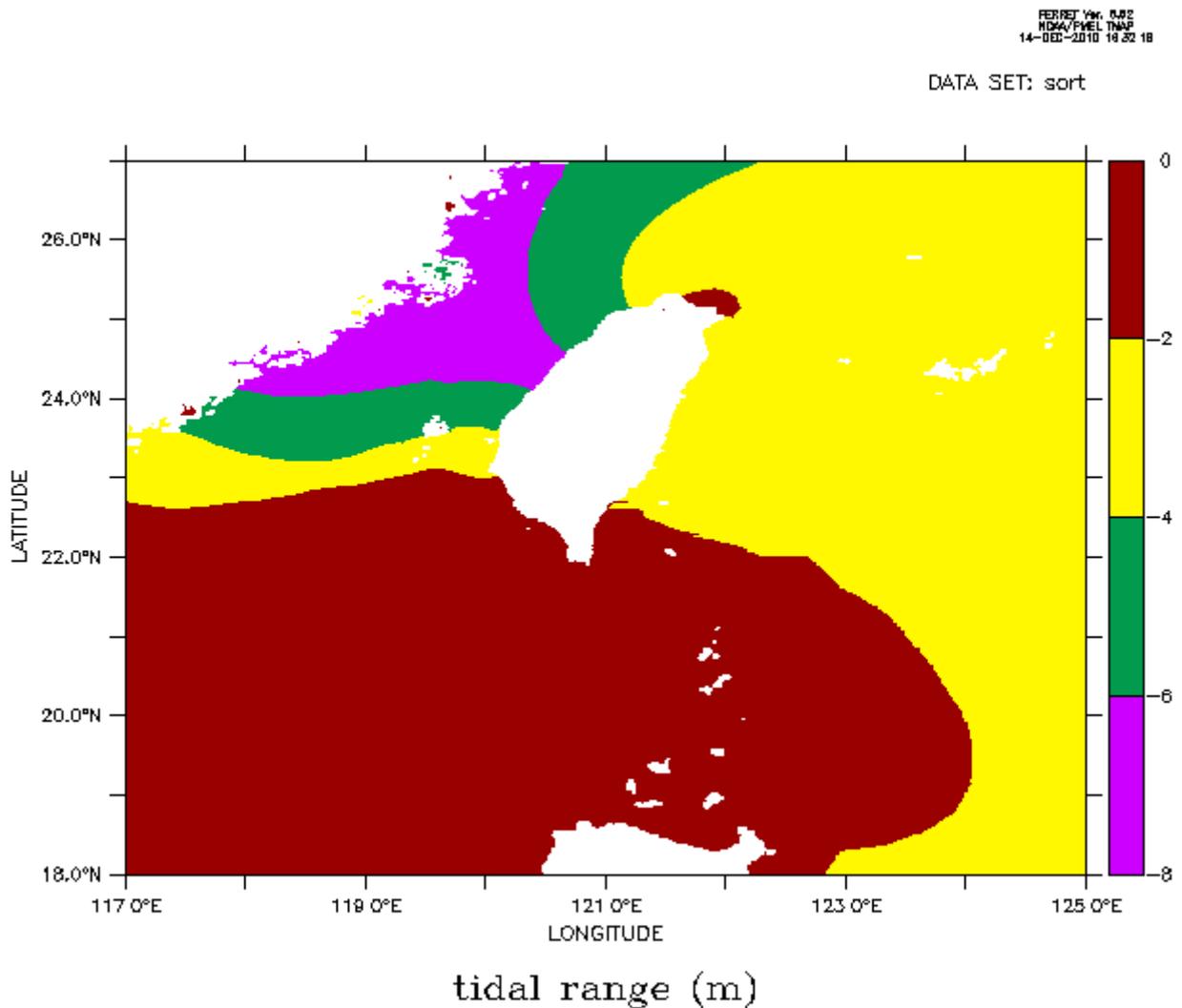


圖 5-113 1976 年至 1996 年最大潮差分區圖

5. 深度基準參考之潮位站

目前海事工程之水深測量，由於現場環境的限制，潮位站都固定設置在同一地點，並進行全天性觀測以便能掌握該港附近海域潮汐情況。不論是測量港口的任何區域，潮位的校正值皆以該點水位變化作為基礎，港外

的水深測量作業亦引用港內的潮位站資料作為潮位校正值(戴與林，2004)。然而，港灣形狀常呈不規則狀且開口的大小位置均有變化，港內因外海潮汐漲退的水位變化，可能會受港內半封閉水體的水力平衡影響而與外海的潮汐漲退有一段延遲，且水位的變化量也可能有所差異。又此一變化的差異性可能因為港池的縱深與形狀使得在不同的位置有不同的變化，故不同位置的驗潮站可能會有不同的結果(戴，2005)。

因此，設置潮位站的設置地點應以干擾最少的地方為主，盡量避免設置在河口附近、狹長的海灣或地形複雜的海港內(劉，1996)，而潮型與地形之因素則需視情況納入考量，如在漂沙活動旺盛的區域，常可發現靜水井淤沙導致儀器在低潮位時無法紀錄(郭，2001)。地層下陷嚴重之地區亦應避免，盡量以地殼為岩盤之區域為較佳。此外，根據經濟部水利署(2009)潮位站選址原則，除了以上所述，還需選擇可觀測最高與最低潮位之地點、易受颱風影響產生暴潮溢淹之地區及受海岸結構物影響程度較低之站址。各種潮位可由實測記錄經統計分析求得，且對同一地點而言，雖然不同年份分析之結果相近，但偏差亦可能達數十公分，故應取數年或更長期之統計平均值來代表潮位。

同時，為了全面了解臺灣海域的狀況，設置潮位站時亦應考量地域上的平均分布，最佳狀況為東部、西部、南部和北部至少各設立一站。依目前各測站資料品質及運行狀況評估，東部取富岡測站，南部取高雄測站，中部取台中港測站，北部取基隆測站為較佳地點。北部選基隆測站有另一優點，即可同時做資料的檢核，以確定基隆中潮系統之正常運行。

造成海面水位變化之原因，除了週期為數小時的潮汐運動，還包括十秒左右短週期的波浪作用及其它影響因素，所以若是希望觀測系統只量測週期較長的潮汐，潮位觀測站需在能過濾短週期波動之穩定井進行。目前各相單位所使用的儀器以壓力式及超音波式潮位計為主。

本專案建議潮位儀以雷達波式為主，其優勢在於雷達波式潮位儀為非

接觸式儀器，不會有生物附著等無法預期之問題發生，且無需支出大量的人力維護成本。此外，雷達波式潮位儀的訊號收發機制不受氣候影響，如溫度、濕度等因素。臺灣每逢夏秋兩季，常遭受到颱風的侵襲，伴隨著颱風的低氣壓、強風、巨浪與豪雨等氣候因素，導致沿岸地區常發生水位異常上升之暴潮現象。因此，沿岸地區居民常因水位異常抬升而飽受生命財產損害之苦，若採用雷達波式潮位儀，其收發訊號便不受強風豪雨等影響，可將重要的暴潮資料紀錄並保存，以供各界進行相關之暴潮模擬分析，更可應用在未來潮位預報及預警防災的使用上。雷達波式潮位儀架設及後續維護保養等估價內容詳見表 5-29，而有關雷達波潮位儀相關評估規格文件請參見附錄九。

表 5-29 雷達波潮位站架設及維護保養、資料接收處理估價表

項次	品名	規格	數量	單價	小計
1.	雷達波水位計	(1) 量測範圍:0-30m (2) 量測精度:±2mm 以內 (3) 工作溫度:-10℃~70℃ (4) 電源供應:12 或 24VDC (5) 信號輸出類比 4-20mA 或 0-5VDC	1 式	280,000	280,000
2	資料記錄器	含程式軟體	1 式	95,000	95,000
3	無線傳輸模組	3G 或 GPRS(不含 SIM 晶片及傳輸費用)	1 式	45,000	45,000
4	太陽能電源供應系統	(1) 85W 太陽能版 (2) 太陽能充電控制器 (3) 12V, 100AH 蓄電池 (4) 電源供應:12 或 24VDC (5) 其他電源切換及裝置相關零配件	1 式	75,000	75,000
5	水位計固定架及戶外儀器保護箱	316 不鏽鋼材及施工	1 式	350,000	350,000
6	現場安裝及施工		1 式	95,000	95,000
7	水準引測	基隆中潮系統	1 式	50,000	50,000
8	資料接收處理	1 年(含接收處理設備、耗材、人力)	1 式	750,000	750,000
9	維護保養	一年(每月一次，含現場校驗)	1 式	100,000	100,000
				小計	1,840,000
10	稅金及管理費	15%			
合計:				NT\$ 2,116,000	
備註: 1.不含土地取得相關費用 2.現場安裝施工僅為臺灣本島公共交通可達區域概估費用 3.離島或偏遠地區架設應視現場狀況另行評估 4.儀器架設及相關規格另詳附錄九					

(二) 最低潮位面計算工具

1. 前言

根據國際海測組織(International Hydrographic Organization, IHO)之海圖規範 M-4(Regulations of the IHO for International Charts and Chart Specifications of the IHO, Edition 3.003, August 2006)，海圖基準應採用最低天文潮位面(Lowest Astronomical tide, LAT)，或是盡可能相當於 LAT 的約最低低潮面，且應以 LAT 為長期目標。目前已有歐洲、澳洲等國家將 LAT 作為國家海圖的水深參考基準。若把海圖之水深參考基準改為 LAT，便會有潮汐表中無負值、僅於長時間離岸風的作用下才會出現比 LAT 更低水位，故採用 LAT 為水深參考基準的海圖更為安全等優點(Neemann *et al.*, 2009)。

對航行中的船隻來說，必須以海圖為參考資料，避免因海床過高而發生擱淺或觸礁的情況。目前大多數國家所發行之海圖，以平均海平面(M. W. L.)或平均較低低潮位(M. L. L. W. S.)為基準而繪製。但在北海地區，由於周圍國家眾多，為了統一此區域海圖之水深基準，亦在安全考量的因素下，已開始改最低天文潮位(L. A. T.)為繪圖之基準。

因此，為求與國際規範接軌，本專案根據最低天文潮位面之定義開發最低潮位面計算工具，提供 TWVD2001 水深資料改算至最低天文潮位面。由於典型潮汐的周期為 18.6 年，而上一個周期處於 1976 至 1996 年之間(蕭, 2002)，故本專案將利用潮汐模式推算 1976 至 1996 年(約 20 年)，並涵蓋臺灣海域基本圖測量作業範圍之潮位資料，即東經 117 度到 123 度，北緯 21 度到 26 度，如圖 5-114，以規則網格計算，網格解析度在經緯度方向均為一弧分(= 1 浬)，引用之開放邊界條件為八個分潮之資料為基礎設定，利用模式計算之長期最低潮位面作為水深參考，並採用臺灣沿岸潮位觀測資料做為模式結果比對之基礎，進而推算 1976 至 1996 年長期最低天文潮位面，並於實測資料經調和分析後之預報長期天文潮位資料進行比對及分析。

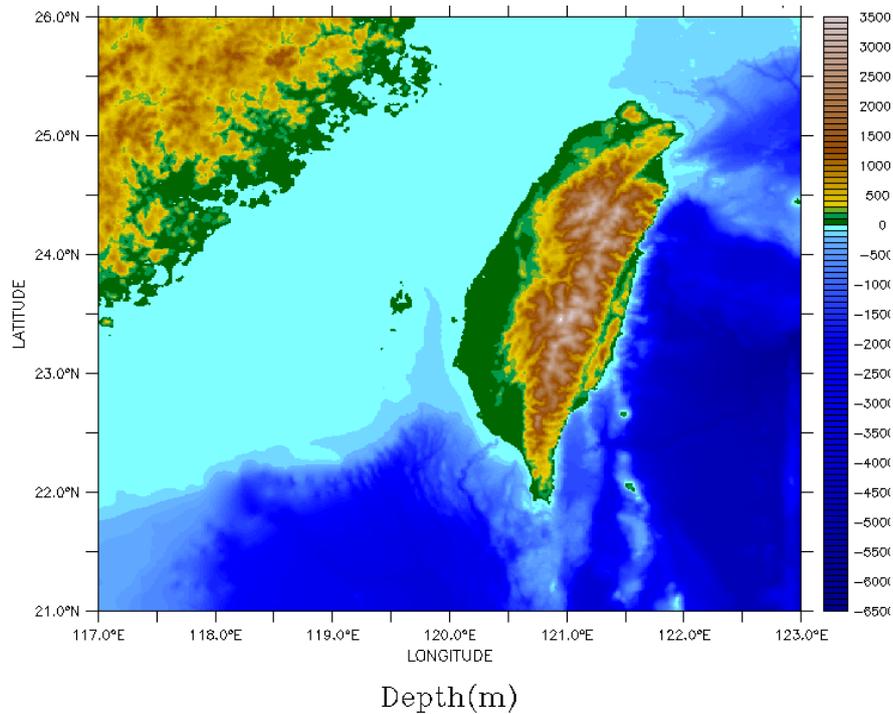


圖 5-114 潮汐模式範圍

2. 模式簡介與模式設定

本計畫採用之潮汐模式，對於不可壓縮流體的基本水動力方程式可分為兩個部分，動量方程式(momentum equation)及連續方程式(continuity equation)，如下：

(1) momentum equation :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_t \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right]$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_t \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_t \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right]$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_t \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_t \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right]$$

(2) continuity equation :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

由於潮汐運動為海水表面重力波傳遞的現象，水層間的垂直循環並不會嚴重影響水位的計算，故本計畫之潮汐模式以建置二維的水動力模式為主；由於垂直流速原本就比水平流速小很多，因此可以忽略不計，將水層

間的流速積分後除以水深則可定義水深平均流速計算如下：

$$\bar{u} = \frac{1}{(h+\zeta)} \int_{-h}^{\zeta} u dz \quad ; \quad \bar{v} = \frac{1}{(h+\zeta)} \int_{-h}^{\zeta} v dz \quad (h \text{ 為水深, } \zeta \text{ 為水位變化})$$

故，方程式可改寫如下：

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} = f \bar{v} - g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \alpha_x \left(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho(h+\zeta)} + \frac{\tau_{sx}}{\rho(h+\zeta)}$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = -f \bar{u} - g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \alpha_y \left(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho(h+\zeta)} + \frac{\tau_{sy}}{\rho(h+\zeta)}$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\bar{u}(h+\zeta)) + \frac{\partial}{\partial y} (\bar{v}(h+\zeta)) = 0$$

底層摩擦產生之剪力可表示為：

$$\tau_{bx} = \rho k u \sqrt{u^2 + v^2} \quad , \quad \tau_{by} = \rho k v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (k \text{ 為底床摩擦係數})$$

風於表層產生之剪力可表示為：

$$\tau_{sx} = C_D \rho_a W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad , \quad \tau_{sy} = C_D \rho_a W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

在實際計算時，網格格點是以經緯度來表示，所以需將卡氏坐標轉換成球面座標，如此可將方程式改寫如下：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial u}{\partial \chi} + \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial \phi} - \frac{uv \tan \phi}{R} - v(2\omega \sin \phi) = -\frac{g}{R \cos \phi} \frac{\partial \zeta}{\partial \chi} - \frac{1}{\rho R \cos \phi} \frac{\partial p_a}{\partial \chi} - \frac{\tau_{bx} - \tau_{sx}}{\rho(h+\zeta)}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial v}{\partial \chi} + \frac{v}{R} \frac{\partial v}{\partial \phi} - \frac{u^2 \tan \phi}{R} + u(2\omega \sin \phi) = -\frac{g}{R} \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} - \frac{1}{\rho R} \frac{\partial p_a}{\partial \phi} - \frac{\tau_{by} - \tau_{sy}}{\rho(h+\zeta)}$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial}{\partial \chi} (u(h+\zeta)) + \frac{\partial}{\partial \phi} ((h+\zeta)v \cos \phi) \right) = 0$$

以上三式便是二維暴潮水位預報模式的基本控制方程式，表 5-30 為模式所示用的變數及參數。模式網格分配採用 Arakawa C 方式分佈，即水位與流速交錯分佈。

表 5-30 潮汐模式使用之變數及參數

ν_t	垂直渦流(eddy)黏滯係數
ρ	水體密度(kg/m ³)
F	科氏力
G	重力加速度(m/s ²)
u、v、w	x、y 及 z 方向流速(m/s)
H	水深(m)
ζ	水位變化(m)
T	時間
p_a	大氣壓力(N/m ²)
τ_{bx}, τ_{by}	底床摩擦產生之剪力
τ_{sx}, τ_{sy}	風於表層產生之剪力
α_x, α_y	水平擴散係數
C_D	風驅係數
ρ_a	空氣密度(kg/m ³)
W_x, W_y	x 及 y 方向風速(m/s)
n	時間步
i, j	x 方向及 y 方向網格指標
adv_v	速度 v 之對流擴散項
adv_u	速度 u 之對流擴散項

本專案之模式以經緯度方向均為一弧分(= 1 海浬)的網格解析度下進行模擬，模擬之範圍為臺灣海域基本圖測量作業範圍，東經 117 度到 123 度，北緯 21 度到 26 度，以期完整解析臺灣附近海域的地形。

利用模式進行潮汐推算時，主要動力為邊界水位之變化，因此必須取得模式計算範圍邊界的實測水位值。然而當邊界區域至於大洋深海或是無法取得實測水位資料時，便可利用另一較大範圍模式的計算結果做為邊界。Egbert *et al.*(1994)以全球環流模式進行潮位與海流的模擬，其模式邊界使用全球天文潮模式計算結果並以 T/P 衛星測高系統進行同化。因此，本專案為了解決邊界實測資料難以取得的困難，採用全球天文潮模式計算結果，並在模式的邊界輸入以 8 個分潮的振幅及相位為基礎設定，包含四個主要全日潮(Q₁、O₁、P₁、K₁)及四個主要半日潮(N₂、M₂、S₂、K₂)。為

確定模式計算之準確度，以數值模式推算 2009 年之潮位，並根據測站之實測資料進行校驗，再利用此結果推算 1976 至 1996 年，共 20 年之潮位，擷取模式每個網格點之結果，進行低潮位面推算工具之開發，並製作可供查詢系統介面以供使用者查詢。

3. 模式校驗與結果

潮位受到日月兩星體影響較大，因此可知潮位受到天文潮的主導。故模式校驗將先由天文潮潮位著手，將模式結果與 12 站潮位站之實測資料同時進行調和分析(Pawlowicz *et al.*, 2002)，以天文潮配合 2009 年實測潮汐水位資料做比對，藉由比較各個測站的潮位變化，以實測調和分析之結果，比對各測站模式與實測潮位值的分潮振幅及相位角，結果見圖 5-115 至圖 5-118，得知比對情況大致良好，各分潮振幅誤差皆在 5 公分以下。圖 5-119 至圖 5-130 為 12 站潮位站實測與模式的相關散佈圖，x 軸為模式模擬的天文潮結果，y 軸為實測結果進行調和分析後的天文潮潮位，比對時間為 2009 年全年，每一小時一筆，共 8760 筆資料，除了高雄與東石測站有些許偏移，箔子寮測站較為分散外，其餘測站比對結果相當良好，由圖中可知各站的相關係數 R 均有 0.83 以上。

經過天文潮的比對校驗後，利用數值模式計算最低天文潮位之前，以天文潮作為驅動進行 1 個月的模擬，使模式達穩定狀態(warm-up)後，才開始進行為期 20 年的天文潮潮位計算，並推算每年的最低天文潮水位值。因經過 20 年天文潮之推算，已把可能出現的低潮位納入考量，故擷取模式每個網格點的計算結果，即每網格點位置之最低天文潮位。為確定此最低潮位系統之準確度，採用調和分析程式進行一年實測潮位資料的調和分析，再根據其調和常數預報 1976 年至 1996 年之間的天文潮水位，以當中最低水位值與模式計算的最低天文潮位結果進行比對，並計算兩者的均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)值進行模式結果與實測狀況之比對，結果如表 5-31，除了新竹、竹圍與澎湖有超過 30 公分的 RMSE 誤差

其它測站皆在 25 公分以下。

表 5-32 為歷年最低天文潮位的誤差值，其中以澎湖與竹圍的狀況較不佳，其它測站的誤差值大約保持在 20 公分以下。表 5-8 為各測站模式與實測潮位之最低天文潮位比較，除了澎湖與高雄測站有高於 25 公分的誤差，其它測站皆在可容許之範圍，表 5-34 則為各測站更詳細歷年的計算誤差，其中以竹圍與新竹的結果較不佳，其它測站的歷年誤差皆可保持在 20 公分以下。

最後利用數值模式計算 20 年長期天文潮位的資料，推得各網格點上的最低潮位值，即臺灣海域附近的最低天文潮位面，如圖 5-131。由圖可知臺灣東部的最低天文潮位大約為-1 公尺至-1.2 公尺，北部與南部約僅-0.4 至-1.0 公尺之間，西部的情況則為由南北兩邊向臺灣中部逐漸加深至約-3.0 公尺左右。

表 5-31 各測站模式與實測潮位每年最低天文潮位之 RMSE (單位：公分)

測站	箔子寮	成功	東石	富岡	後壁湖	新竹
RMSE	23.05	12.65	16.6	6.25	6.97	37.86
測站	花蓮	高雄	基隆	麟山鼻	澎湖	竹圍
RMSE	3.33	7.943	18.26	7.89	36.75	33.24

表 5-32 各測站模式與實測潮位之最低天文潮位比較

測站名稱	箔子寮	成功	東石	富岡	後壁湖	新竹
LAT(m)	-2.001	-1.061	-1.563	-1.023	-0.991	-2.758
obs-HA(m)	-1.833	-1.194	-1.405	-1.085	-0.905	-2.817
誤差(cm)	-16.8	13.3	-15.8	6.2	-8.6	5.9
測站名稱	花蓮	高雄	基隆	麟山鼻	澎湖	竹圍
LAT(m)	-1.149	-1.085	-0.785	-1.484	-2.086	-2.018
obs-HA(m)	-1.105	-0.824	-0.577	-1.479	-1.745	-2.268
誤差(cm)	-4.4	-26.1	-20.8	-0.5	-34.1	25

表 5-33 各潮位站發生最低天文潮位之時間

測站 名稱	最低天文潮位發生之時間			
	年	月	日	時
箔子寮	1987	01	01	05
成功	1991	07	12	12
東石	1991	01	02	05
富岡	1991	07	12	12
後壁湖	1982	06	22	14
新竹	1983	01	01	06
花蓮	1991	07	12	12
高雄	1987	01	01	03
基隆	1995	06	14	15
麟山鼻	1995	12	24	05
澎湖	1987	01	01	05
竹圍	1982	06	22	17

表 5-34 模式與實測潮位之各年最低天文潮水位誤差(單位：公分)

	基隆	麟山鼻	竹圍	新竹	箔子寮	東石	高雄	後壁湖	富岡	成功	花蓮	澎湖
1976	-23.7	13.1	21.1	17.1	18.6	-16.6	-10.1	3.3	9.9	14.3	-9.3	-28.0
1977	-14.9	5.4	24.5	7.6	-10.2	-8.2	1.5	-0.9	6.8	12.5	1.4	-29.6
1978	-12.6	4.5	25.8	9.5	-9.9	-8.5	1.8	0.0	8.7	16.0	5.4	-25.8
1979	-12.4	4.9	28.9	7.0	-7.4	-10.2	1.4	2.0	8.0	15.2	5.0	-26.5
1980	-17.0	-1.2	19.7	3.5	-15.8	-7.0	-1.6	-3.4	6.9	12.1	3.3	-35.5
1981	-17.1	2.3	24.9	10.2	-12.4	-7.5	1.0	-3.7	8.9	14.9	2.7	-29.0
1982	-16.2	2.9	27.0	4.7	-12.7	-9.6	-0.9	-2.0	6.1	11.9	2.4	-31.5
1983	-17.1	2.0	21.3	6.5	-13.8	-15.5	-3.8	-5.9	7.3	14.0	2.8	-31.6
1984	-19.3	-1.7	17.3	2.0	-18.4	-17.7	-8.2	-9.3	3.3	11.4	0.5	-37.4
1985	-21.1	-1.2	23.2	6.9	-16.5	-13.0	-3.5	-10.5	2.5	8.9	0.1	-36.4
1986	-20.6	0.5	23.1	3.1	-18.3	-15.4	-5.0	-10.0	4.7	10.7	0.8	-34.8
1987	-20.8	-0.6	24.5	6.1	-16.8	-18.6	-6.2	-9.1	5.0	12.9	1.9	-33.6
1988	-19.0	-1.5	22.2	8.2	-17.3	-22.6	-8.4	-9.9	3.0	10.6	-0.3	-33.6
1989	-22.6	-5.7	19.4	0.4	-23.0	-13.1	-8.5	-13.3	2.6	7.9	-0.6	-41.5
1990	-22.7	-0.3	23.4	6.8	-17.8	-17.2	-4.4	-10.4	4.5	10.8	1.5	-38.9
1991	-19.4	-1.4	21.1	3.8	-16.8	-13.2	-4.8	-7.5	6.2	13.3	2.7	-32.5
1992	-15.3	3.3	26.5	6.9	-10.0	-15.6	-5.4	-4.4	6.5	14.7	2.9	-30.4
1993	-19.0	-3.9	18.5	6.9	-18.5	-14.9	-5.6	-5.7	0.5	9.2	-1.4	-42.7
1994	-19.1	1.2	22.6	6.3	-15.1	-9.0	-1.4	-8.3	3.9	10.8	1.5	-33.3
1995	-15.1	4.5	25.2	8.0	-10.0	-8.8	1.2	-1.3	7.2	13.8	3.7	-29.6
1996	-12.1	5.5	25.3	7.9	-8.1	-9.7	0.8	0.9	8.5	15.5	4.2	-27.1

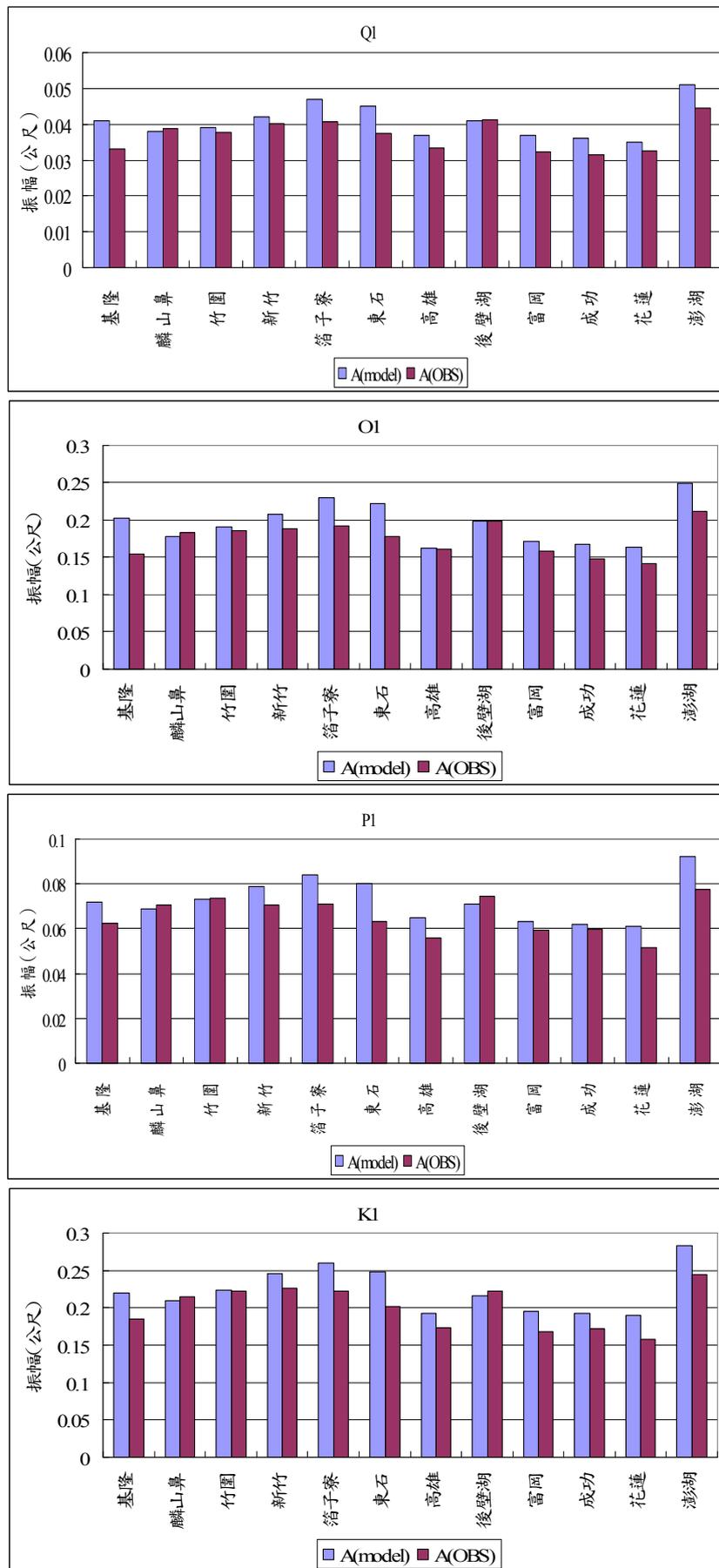


圖 5-115 模式結果與實測資料全日潮振幅比對

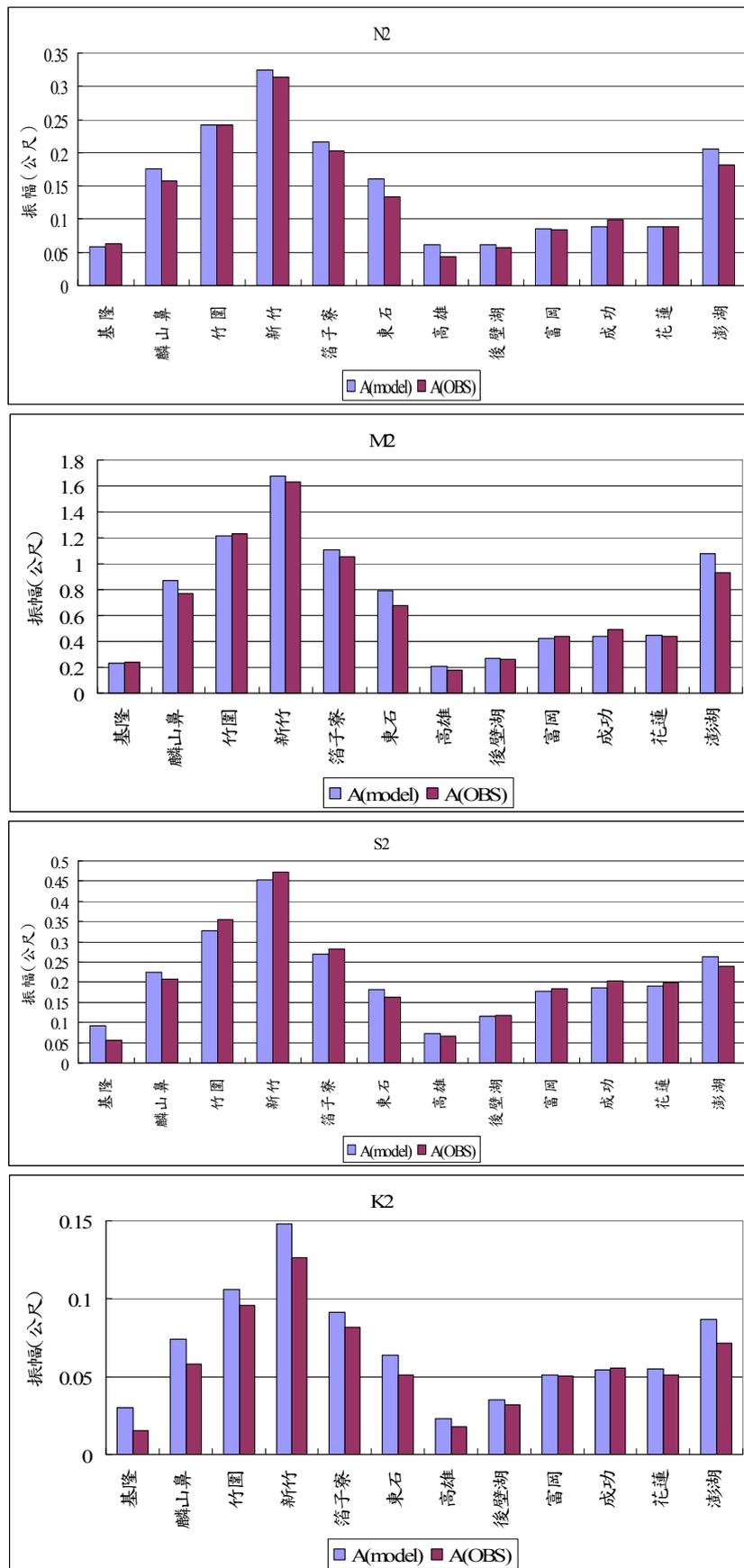


圖 5-116 模式結果與實測資料半日潮振幅比對

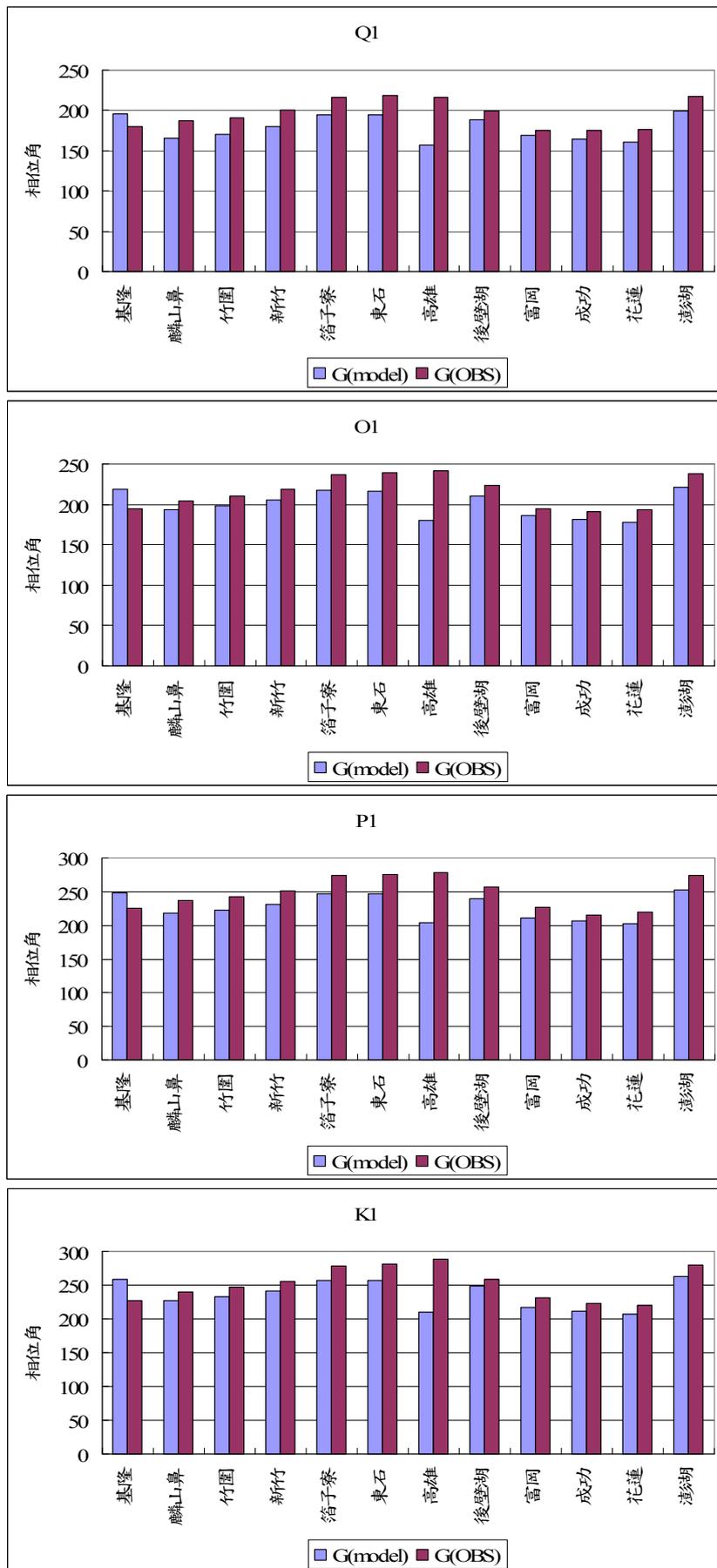


圖 5-117 模式結果與實測資料全日潮相位角比對

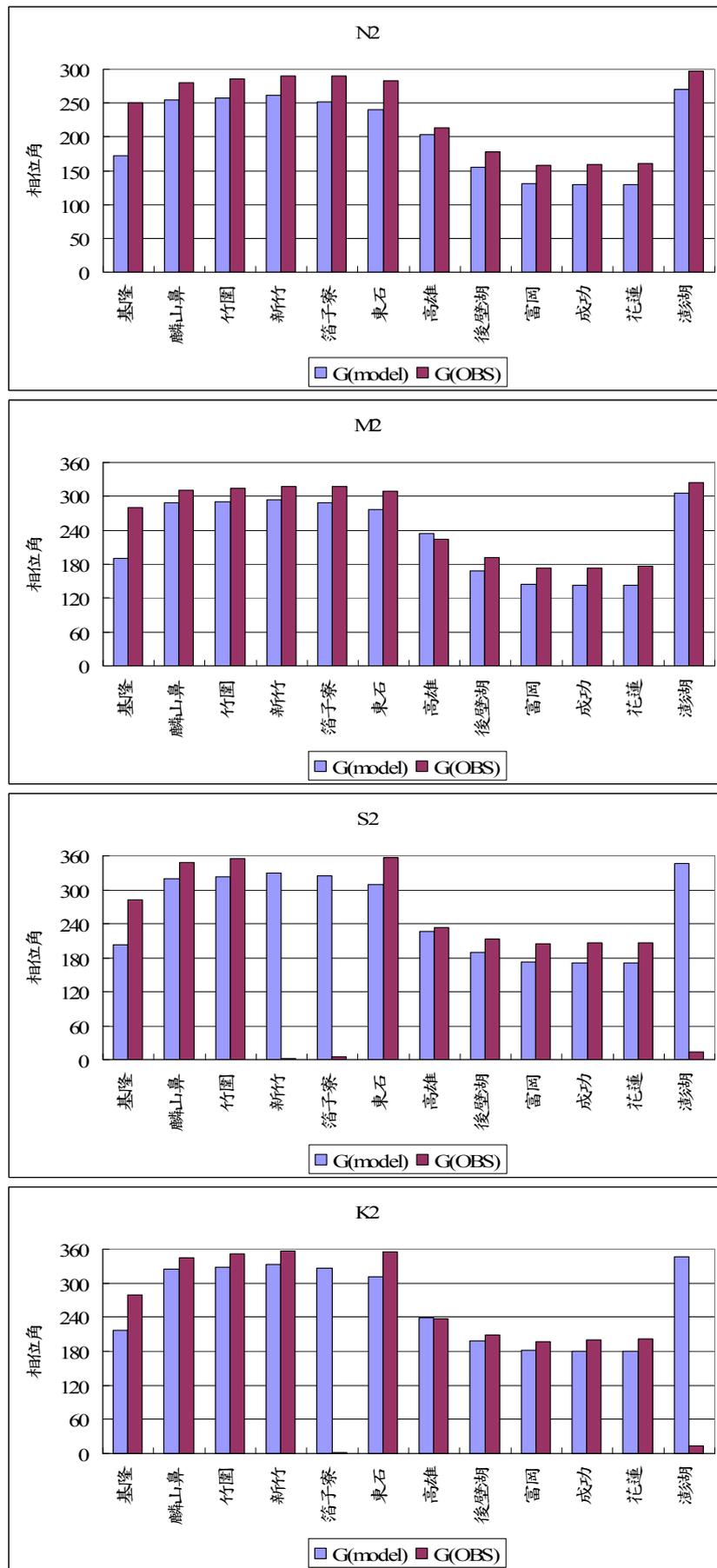


圖 5-118 模式結果與實測資料半日潮相位角比對

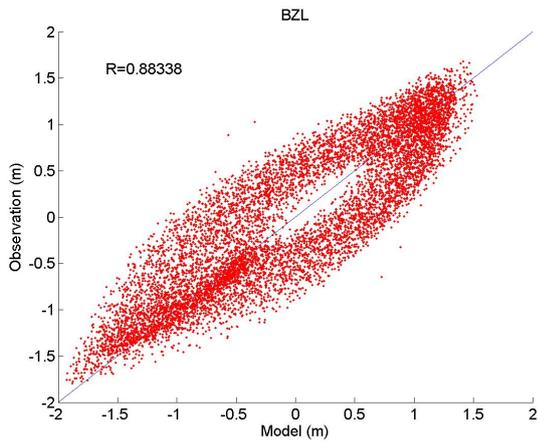


圖 5-119 箔子寮模式與實測相關散佈圖

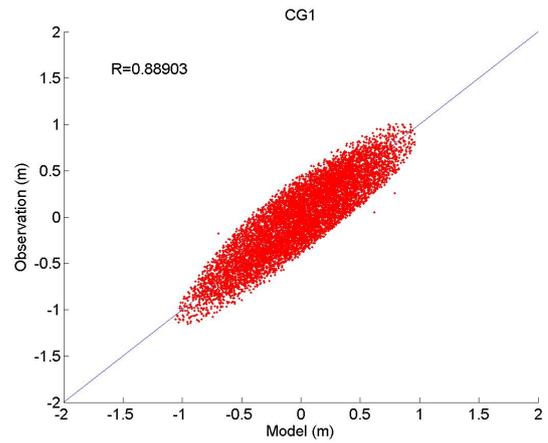


圖 5-120 成功模式與實測相關散佈圖

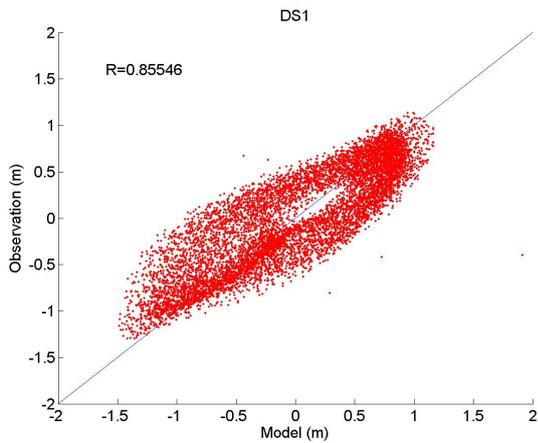


圖 5-121 東石模式與實測相關散佈圖

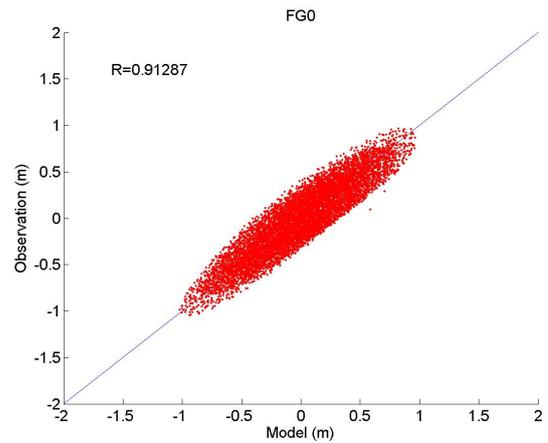


圖 5-122 富岡模式與實測相關散佈圖

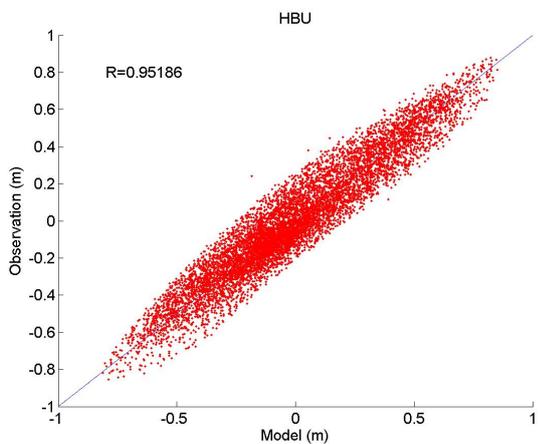


圖 5-123 後壁湖模式與實測相關散佈圖

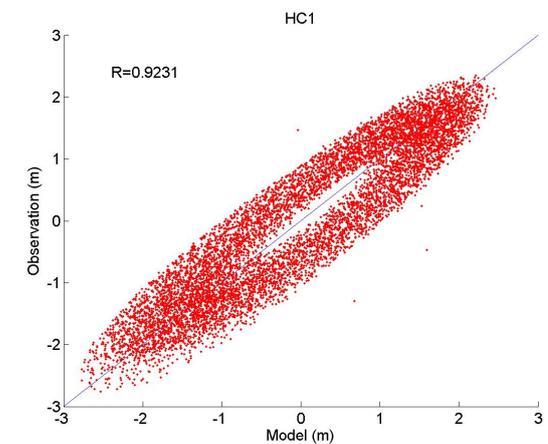


圖 5-124 新竹模式與實測相關散佈圖

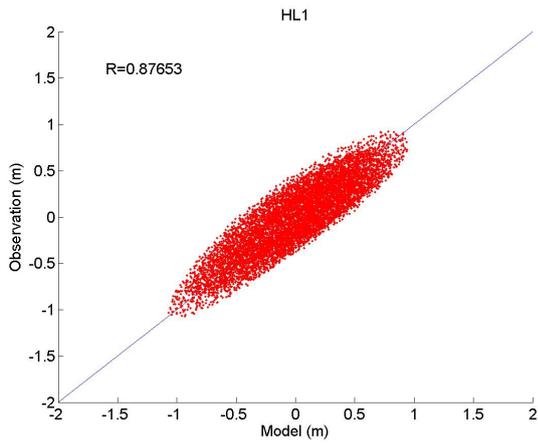


圖 5-125 花蓮模式與實測相關散佈圖

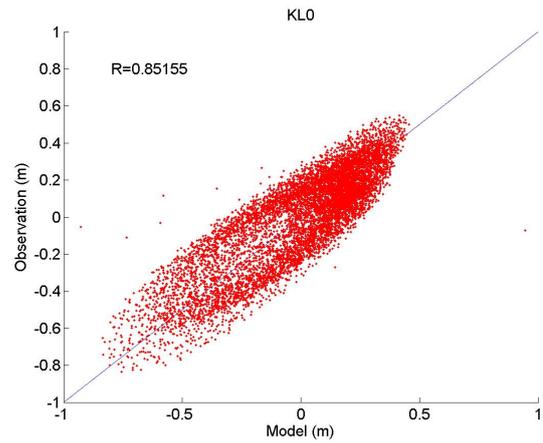


圖 5-126 基隆模式與實測相關散佈圖

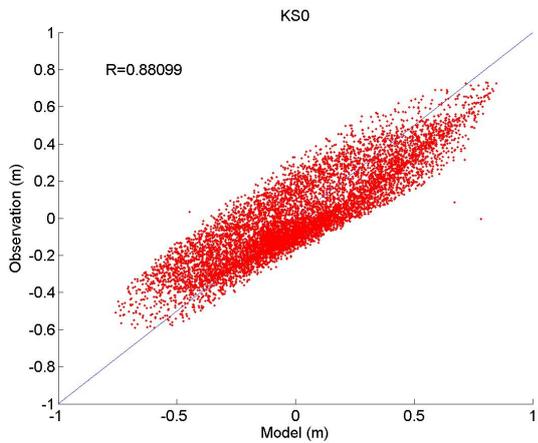


圖 5-127 高雄模式與實測相關散佈圖

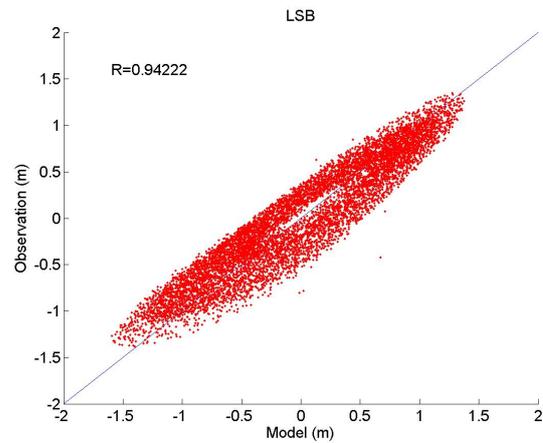


圖 5-128 麟山鼻模式與實測相關散佈圖

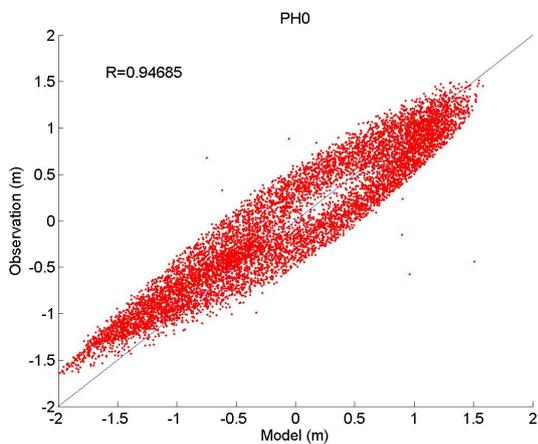


圖 5-129 澎湖模式與實測相關散佈圖

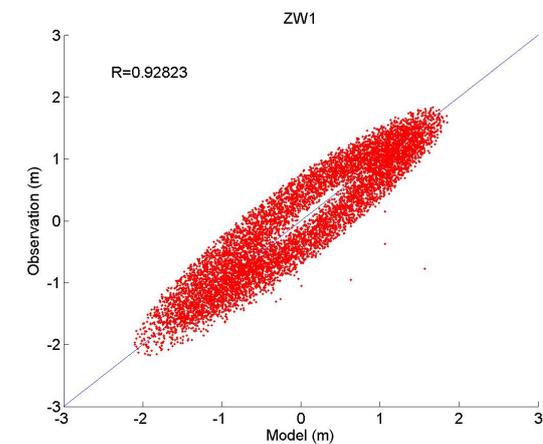
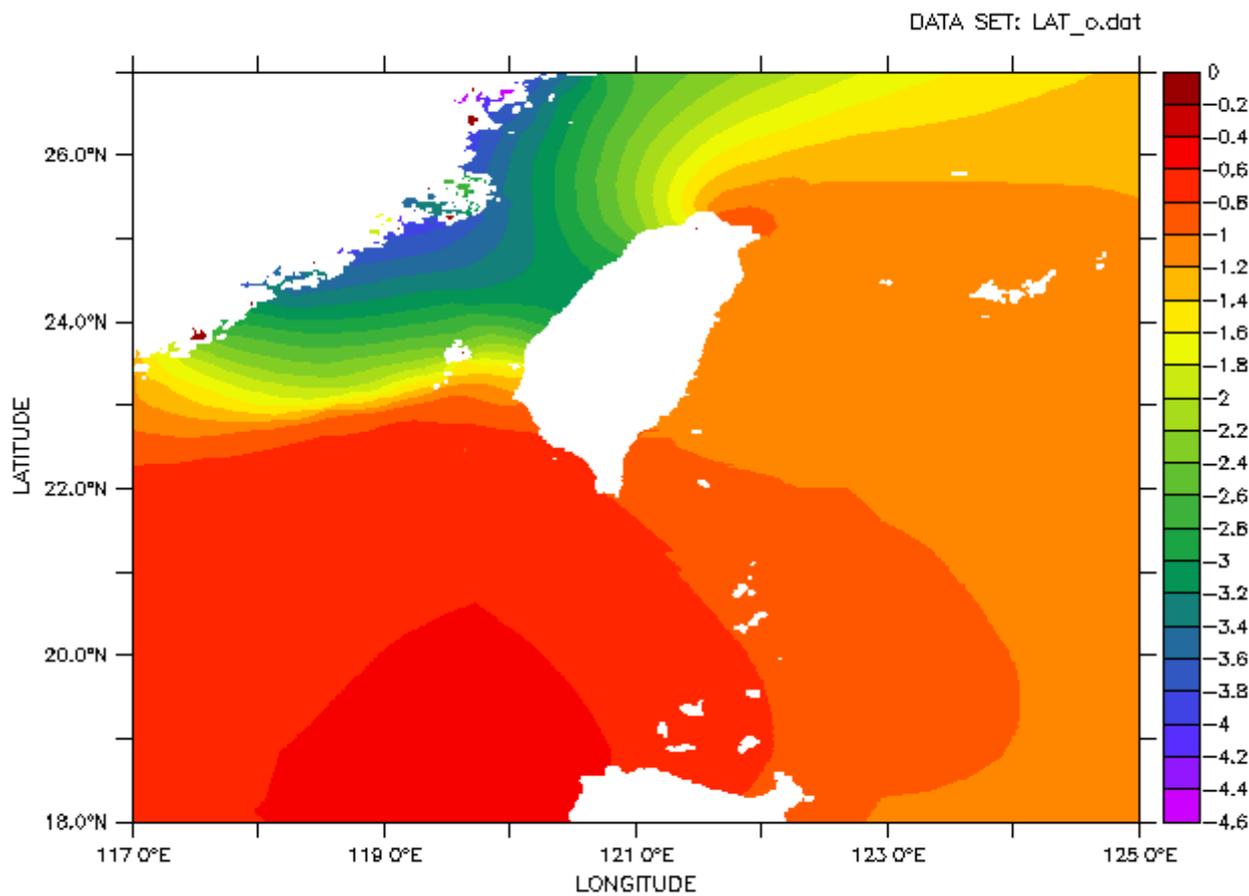


圖 5-130 竹圍模式與實測相關散佈圖



1976-1996 LAT (m)

圖 5-131 最低天文潮位面分佈圖

4. 最低潮位面計算工具使用說明

如圖 5-132 所示為最低潮位面計算工具執行視窗，目前功能分為單點計算與坐標檔批次計算，以及由圖面瀏覽與查詢臺灣周邊地區中潮系統與最低天文潮潮差等功能，標題並具備版本（如 V1.0 代表 1.0 版）與更新日期（如 99/12/23 代表中華民國 99 年 12 月 23 日）以供辨別版本新舊，分別說明如下：

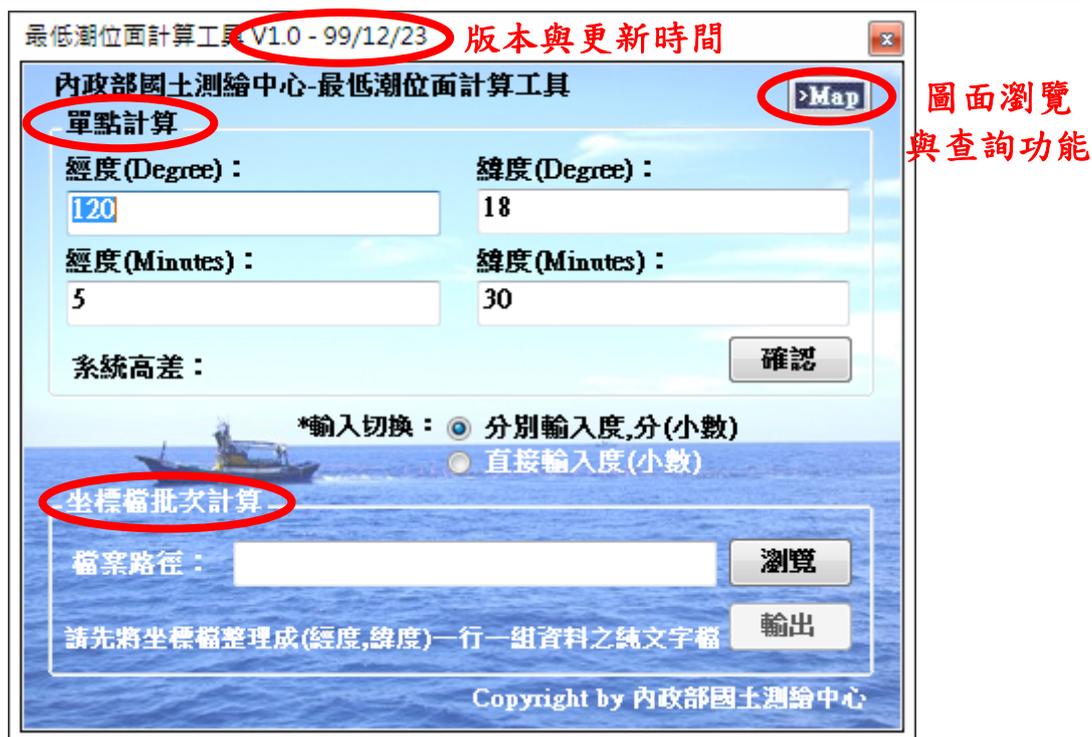


圖 5-132 最低潮位面查詢系統介面

(1) 單點計算使用方式

由於本程式基礎資料是建立於經緯度一分網格上，故在計算上系統以分為最小單位，使用者可在 WGS84 坐標系統下，輸入緯度的度、分值與經度的度、分值後，按下確定鍵，則系統將依該點顯示系統高差值。

使用者可視經緯度坐標資料形態進行輸入切換的選擇，在分別輸入度、分的狀態時，輸入範例如（緯度 Degree, 緯度 Minutes, 經度 Degree, 經度 Minutes）=（120, 12.6, 18, 30.2），需注意此處在經緯度「度」的單位需輸入整數，而經緯度「分」的單位，如輸入小數時系統將自動四捨五入。按下確定後將，傳回對應之系統高差，如圖 5-133 所示之-0.477，單位為公尺。

此外，若選擇直接輸入帶有小數的經緯度，則經緯度「分」的輸入窗格將呈現灰色不可使用狀態。而使用者可直接輸入帶有小數的經緯度「度」的部分，如範例（緯度, 經度）=（120.2233, 18.5566）系統將自動四捨五入，計算對應的系統高差-0.395，如圖 5-134 所示。

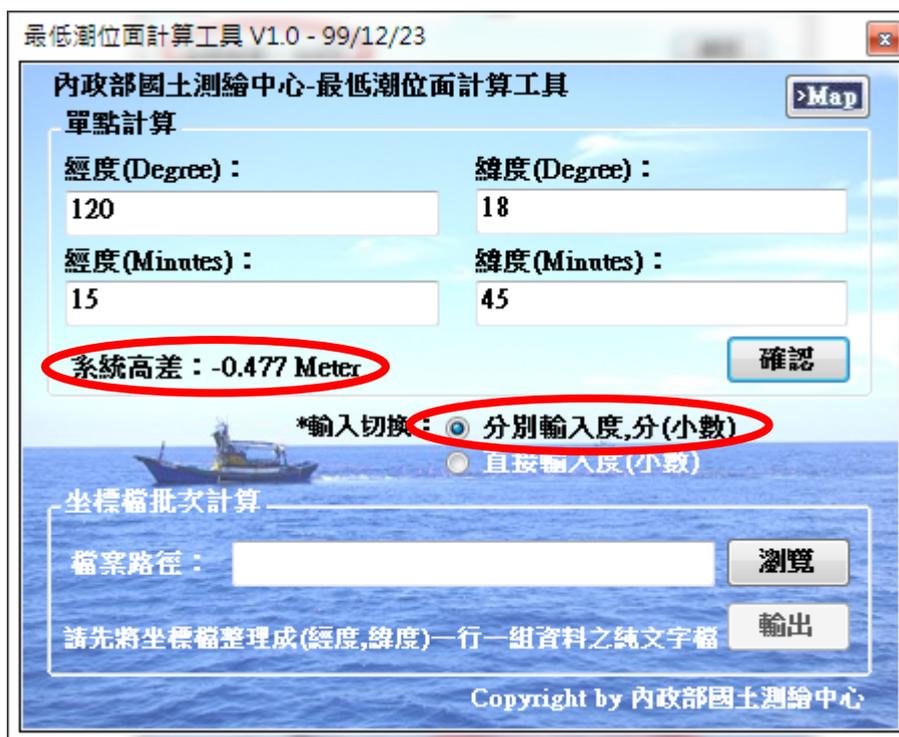


圖 5-133 單點計算—分別輸入度、分範例圖

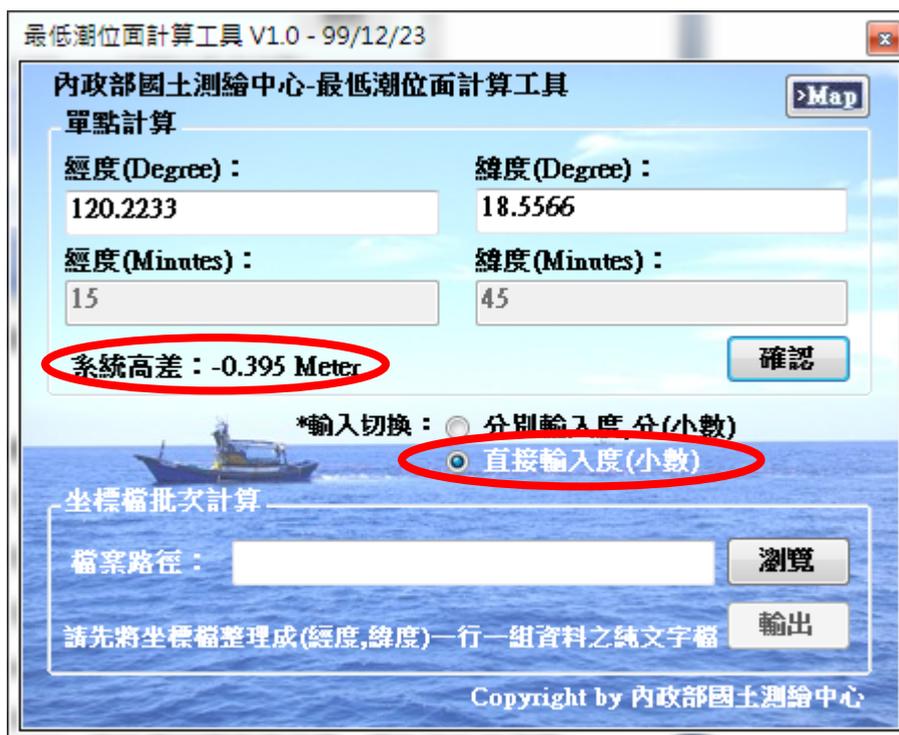


圖 5-134 單點計算—直接輸入度範例圖

(2) 坐標檔批次計算使用方式

最低潮位面計算工具另具備批次檔計算功能，使用者僅需將欲查詢之坐標整理為純文字檔 (.txt)，每一行紀錄一組坐標值如 (120.352, 18.114) 之純文字檔，即可透過設定檔案路徑，計算該批資料的潮位改正值，如圖

5-135 所示。而圖 5-136 為設定輸出位置後，系統將輸出一批帶有 3 維坐標之純文字檔。

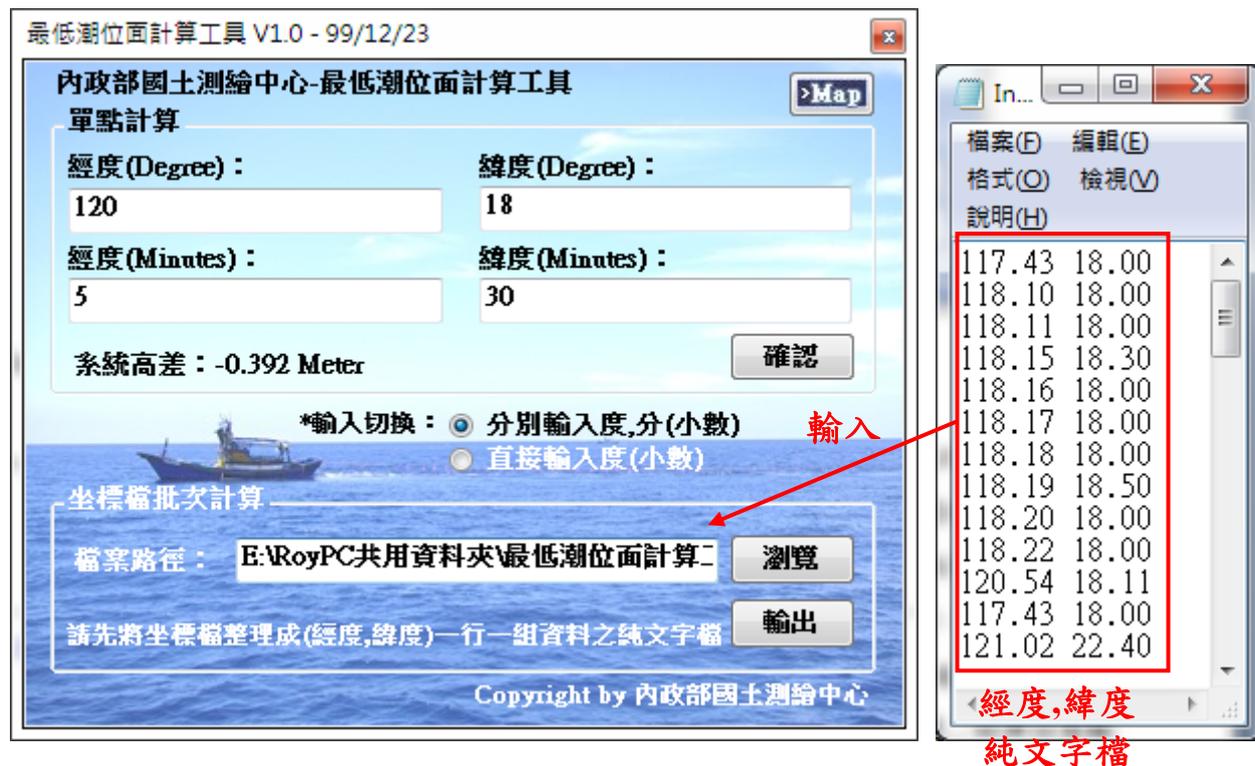


圖 5-135 批次計算—設定檔案路徑範例圖



圖 5-136 批次計算—設定檔案輸出位置範例圖

(3) 圖面瀏覽與查詢臺灣周邊地區中潮系統與最低天文潮潮差

系統可透過點選右上方地圖鈕，可檢視最低天文潮位面分布圖，如圖 5-137 所示，可使用放大、縮小、平移、全圖檢視、前後畫面切換、重繪圖面與高差查詢等功能瀏覽臺灣周邊地區潮差。而按查詢鍵後點一下圖面可顯示該點高程差。

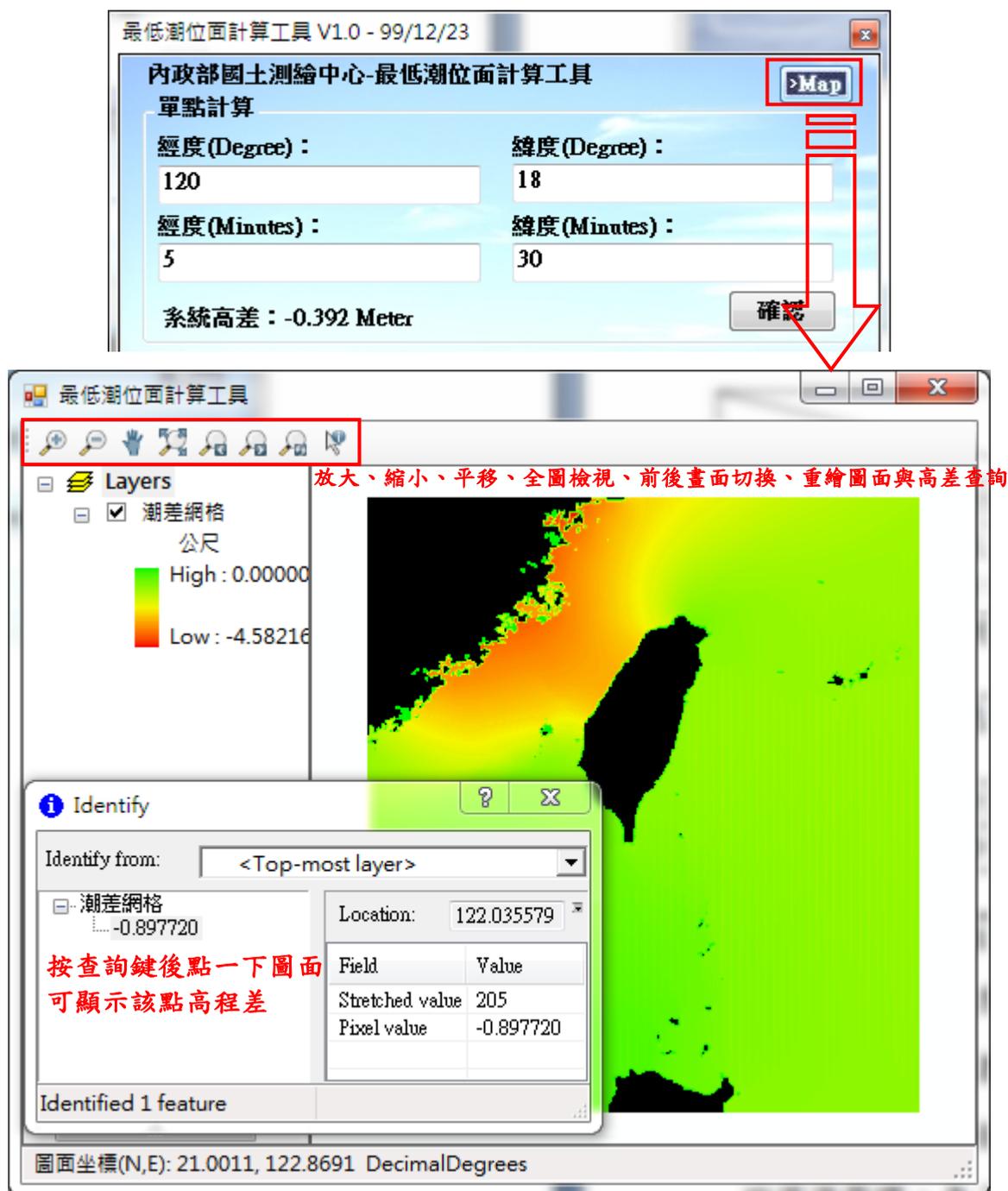


圖 5-137 最低天文潮位面分布圖瀏覽與查詢示意圖

陸、工作進度與品質管控

一、工作預定進度

表 6-1 各月各項工作預定進度表

工作項目	99 年									單項 比例
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
訪談及工作事項討論	1	2								3
海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析	1	3	3	1						8
研擬海域基本圖測量作業手冊	1	4	6	8	6	6	5	4		40
規劃海洋測繪訊息交流平台	1	4	5	5	4	1				20
開發最低潮位面計算工具					1	4	4	4	1	14
投稿文件與總報告書						4	5	4	2	15
預計累積進度	4	17	31	45	56	71	85	97	100	

*每月進度執行結果於隔月 10 日前提送國土測繪中心進行進度查驗。

目前工作進度截至 12/15，累積進度為 100%符合預期進度。

二、工作預定控管

工作管理是指對完成計畫目標所需執行的任務及分配執行這些任務所需的資源管理。為了在計畫時程內準時完成專案，由專案經理負責各工作分組計畫之擬定、人員掌握、工作分派、進度控制、開發控制、版本控制、問題管理等方法，並定期召開會議進行成果彙報及問題檢討等工作，本專案管理工作內容及控制程序如表 6-2 所示，茲說明如下：

表 6-2 人力配置及儀器設備調度與運用表

ID	工作項目	人力	配置儀器設備	備註
1.	訪談及工作事項討論	全員參與		
2.	海洋測繪技術與成果管理等相關文件彙整分析	4 人月	桌上型電腦	
3.	研擬海域基本圖測量作業手冊	16 人月	桌上型電腦	
4.	規劃海洋測繪訊息交流平台	8 人月	桌上型電腦	
5.	開發最低潮位面計算工具	8 人月	桌上型電腦 伺服器電腦	
6.	投稿文件與總報告書	4 人月	桌上型電腦	

三、品質管控

因應專案管理之需要，嚴謹控管每一作業環節，確保本案執行成功，成果品質得以獲得保障，本公司自建 Web-Based ERP 系統(如圖 6-1 所示)，作為公司專案管控作業之管理系統。該系統遵照專案管理知識體系 (Project Management Body of Knowledge, PMBOK) 與 ISO PDCA 循環 (Plan-Do-Check-Act) 精神制定了一套符合本公司工作標準的制度。品質保證工作方面亦訂有嚴謹之作業規範(主要參考依據 IEEE12207.1 6.20.3[d、f])。本公司針對專案的執行也研擬了一套風險管理的機制，在每個專案在起始之初，乃至專案執行結束，採取全程風險管理，風險管理的流程如圖 6-2 所示。

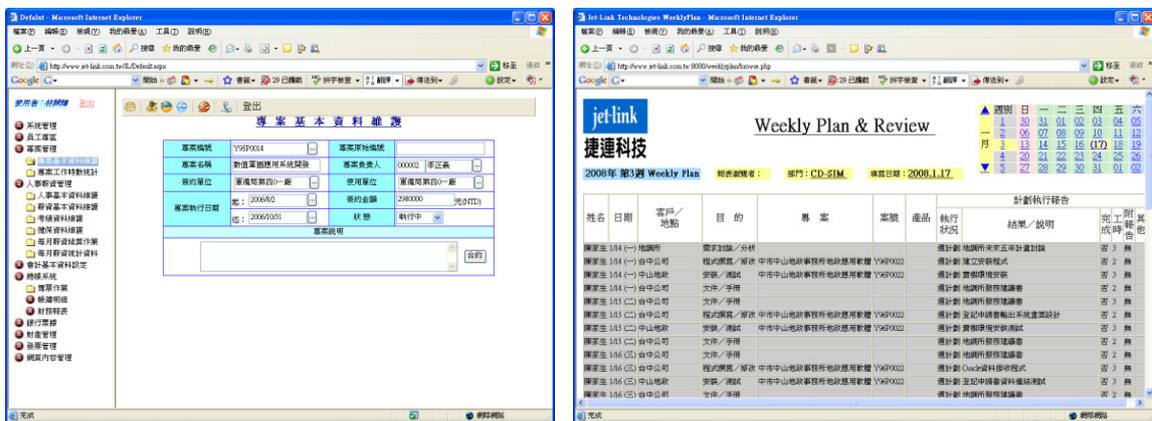


圖 6-1 Web-Based ERP 系統圖

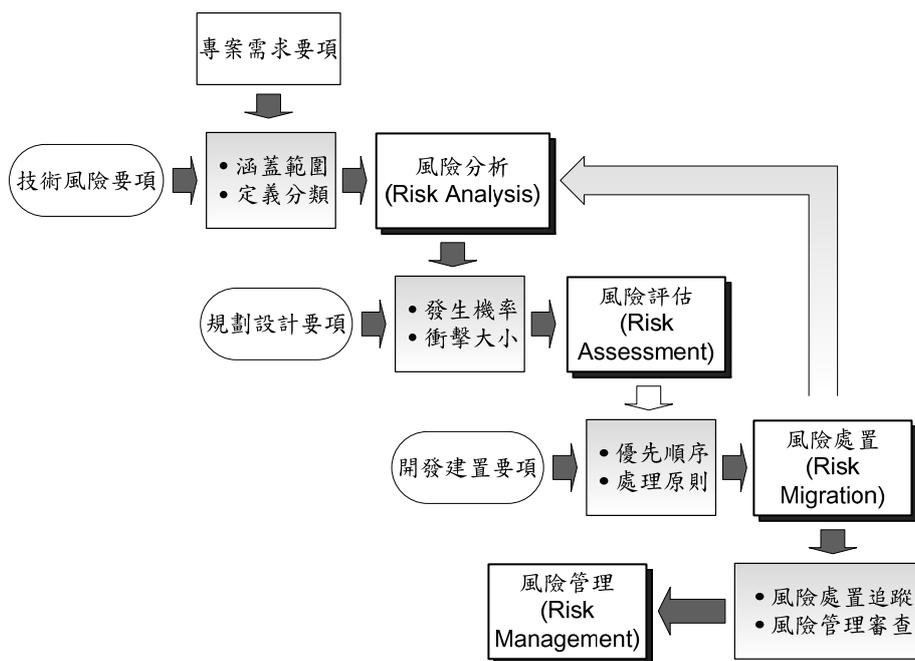


圖 6-2 風險管理流程圖

柒、投稿文件

依據合約書內容，需將本計畫成果彙整成投稿文件，茲說明如下：

一、期刊投稿論文

有關本案所彙整之論文投稿資料，由於本案執行內容收集許多海域測量方法文獻，並執行海域基本圖測量作業手冊編撰，對於海域測量有相當豐富之資訊可供彙整，故修撰一篇「國內外先進水深測量技術探討與發展現況」，欲投稿至「國土資訊系統通訊」，供社會大眾了解先進水深測量技術種類與發展，並歸納主要可行之測量技術搭配與優缺點，以供海底地形測繪主管機關參考。詳如附錄十期刊投稿論文。

以下為該文摘要與關鍵字：

摘要

為有效掌握海洋資源，水深測量已發展為一專門的整合性技術。本文探討水深測量技術之演變，並針對主流技術如多音束測深、側掃聲納、水下載具、氣墊船與水上摩托車等特殊載具與空載測深光達等，逐一介紹相關技術的原理、運作機制、適用環境與目前的應用狀況，並期透過本文之測深技術彙整，對於目前國內之海域相關調查提供可行之技術搭配建議，以供海底地形測繪主管機關參考。

關鍵字：多音束測深、側掃聲納、水下載具、測深光達、海底地形測繪

二、研討會投稿論文

而有關本案所彙整之研討會投稿資料，由於本案執行內容包括最低潮位面計算工具，並基於臺灣周邊中長期潮位站計算潮位模式，現修撰一篇「臺灣海域最低天文潮位面之推算」，經投稿後已刊登於第 32 屆海洋工程研討會（2010 年 11 月），詳如附錄十一研討會投稿論文。

以下為該文摘要與關鍵字：

摘要

海圖為航行船隻航行必備的地形參考資料，為避免因海床過高而發生擱

淺或觸礁，目前臺灣所發行海圖多採用平均海面下之水深約最低低潮位做為水深參考基準。根據國際海測組織 IHO 之海圖規範 M-4，海圖基準應採用最低天文潮位面(LAT)，或是盡可能相當於 LAT 的約最低低潮面，且以 LAT 為長期目標。在北海地區，為了統一此區域海圖之水深基準，亦在安全考量的因素下，已自 2007 年開始改以 LAT 做為海圖繪製基準。為求與國際規範接軌，本研究以數值模式計算臺灣海域的長期水位變化，推算 1979 至 2000 年之長期最低天文潮位面，並使用臺灣沿岸潮位觀測資料做為模式比對基礎，得各測站的誤差皆在 10 公分以下。根據計算結果，南北兩地的最低天文潮位最小，其次為東部，西部則有由南北兩邊向臺灣中部逐漸加深的情況。

關鍵字：最低天文潮位面、參考基準、調和分析、數值模式

捌、結論與建議

一、結論

- (一) 目前水深測量方面仍以近岸淺水域問題較複雜，如水質清澈建議以光達測深方式施作；如水質混濁則以船測方式，並考慮載具之改良可能，例如引進氣墊船技術或使用水上摩托車，使安全作業範圍能更為貼近岸線，並掌握漲退潮時機輔以人工測量。
- (二) 為建立深度基準面之資料，美國陸軍工程署之作業規範中指出可分別於不同地區設立短期（30 天至 1 年）、中期（1 年至 18 年）、長期（19 年以上）潮位站進行觀測與調合計算，整合各方資料與持續進行潮位觀測為建立我國深度基準面之基礎條件。
- (三) 由本案資料蒐集過程發現，海洋測繪領域廣泛，在技術面上如空間定位、音束測深、光達測深、載具姿態監測等硬體均不定期有新式技術出現，IHO 關於海測規範亦不定期更新，呈現海測精度要求近年持續提升之現象。故海域基本圖測量作業手冊未來仍須定期更新與修正以符合現況。
- (四) 由本案規劃海洋測繪訊息交流平台之間卷調查工作，已了解國內各部會對於海洋測繪之工作重點、辦理項目以及交流方式，並獲取各機關對於交流平台之建議與參加意願，未來訊息交流平台將朝向公開資訊的完整彙整，以及海洋測繪訊息迅速傳播進行發展。
- (五) 本案開發之最低潮位面計算工具，提供 TWVD2001 水深資料改算至最低天文潮位面，未來可望提供相關業務單位或學校機關使用。而透過長期潮位資料之評估與分析，已了解臺灣各地天文潮狀況，東部的最低天文潮位大約為-1 公尺至-1.2 公尺，北部與南部約僅-0.4 至-0.8 公尺之間，西部的情況則為由南北兩邊向臺灣中部逐漸加深至約-3 公尺左右。

二、建議

- (一) 經由國內外先進水深測量技術及系統資訊分析，目前水深測繪技術各國

- 仍基於聲納與光達技術延伸，並開始在載具姿態改正上配合高精度感測儀器如 IMU(Inertial Measurement Unit)設備提升測量精度，且已出現聲學與光學整合技術之研究，未來應密切注意相關研究發展趨勢。
- (二) 前項資料收集工作受限於國內、外資訊流通不完整，故建議未來可採出國蒐集各國海測第一手資料之作法，針對美、日等技術先進國家，了解其如何規劃及辦理該國海域資料，及圖幅建置的辦理及作業方式。
- (三) 由本案之專家會議紀錄發現，各政府機關因業管訴求不同，對於海域基本圖應納入與著重項目提出許多豐富意見，惟因經費規劃問題，許多機關建議與認同海域基本圖工作項目應著重於水深測量工作。目前作業手冊規劃作業內容是否於未來測繪工作執行，建議仍需由經費可行性判斷。
- (四) 由專家會議與問卷調查等工作執行過程，部分政府機關反映本案於公文傳送以上以委方發文較適合，也可提升各機關參與及回覆之意願，建議於未來相關計畫中調整作法。此外問卷調查單位的規劃上缺少學術單位，然海域調查資料其實在學術研究上亦有豐碩之成果，建議未來可再詳細了解。
- (五) 長期潮位站之建設與潮位監測為未來海域測量工作必須性之工作，設置潮位站時亦應考量地域上的平均分布，最佳狀況為東部、西部、南部和北部至少各設立一站。依目前各測站資料品質及運行狀況評估，東部取富岡測站，南部取高雄測站，中部取台中港測站，北部取基隆測為較佳地點。北部選基隆測站有另一優點，即可同時做資料的檢核，以確定基隆中潮系統之正常運行。
- (六) 本專案建議未來架設潮位儀以雷達波式為主，其優勢在於雷達波式潮位儀為非接觸式儀器，不會有生物附著等無法預期之問題發生，且無需支出大量的人力維護成本。此外，雷達波式潮位儀的訊號收發機制不受氣候影響，如溫度、濕度等因素。

參考文獻

中央氣象局網站，<http://www.cwb.gov.tw/>。

內政部地政司衛星測量中心網站，<http://www.gps.moi.gov.tw/satellite/>。

梁開龍(1995)，水下地形測量，測繪出版社，北京。

黃瓊珠(1995)，潮位資料補遺及天文潮分潮特性之研究，國立成功大學水利及海洋工程研究所，碩士論文。

陳永奇(1996)，高等應用測量學，武漢測繪科技大學出版社，武漢。

管錚(1996)，海面地形與高程基準，測繪出版社，北京。

劉文俊 (1996)「台灣的潮汐」，自費出版。

張嘉強(1997)，結合 GPS、驗潮及大地水準面資料推求海水面地形，測量工程，第 39 卷，第一期，第 37-45 頁。

吳祥雲、黃明哲(1998)，對潮汐作業之探討，海測資訊，海軍海洋測量局，第 49 期，第 11-4。

湯麟武、徐忠猷、黃正欣(1999)，港灣及海域工程，中國土木水利工程學會出版。

莊文傑、江中權(2000)，台灣四周海域海流數值模擬研究，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，MOTC-IOT-IHMT-NA8916。

劉雁春(2000)，海道測量基準面傳遞的數學模式，測繪學報，第 29 卷，第 4 期，第 310-316 頁。

宋國士、溫良碩、劉康克、劉佩琨(2001)，淡水河口區水下地形，台灣海洋學刊，第 39 期，第 135-139 頁。

海軍海洋測量局(2001)，水道圖書目錄，海軍海洋測量局。

郭一羽(2001)，海岸工程學，文山書局發行。

曾清涼、楊名、劉啟清、余致義、林宏麟(2001)，一等一級水準網測量督導查核工作總報告書，國立成功大學衛星資訊研究中心，台南，154 頁。

李良輝(2002)，高解析遙測多光譜影像於近岸水深量測之應用，國防科技發展

推行委員會學術合作協調小組專題研究計畫成果報告。

孫永大、張嘉強(2002)，利用潮汐測算法與基準傳遞法決定測深基準面之探討，第二十一屆測量學術及應用研討會，國立交通大學，新竹，第 723-730 頁。

蕭翔文(2002)，以大地位數為基礎之 TWVD2001 高程計算，國立成功大學測量工程研究所，碩士論文。

交通部(2002)，美國國家海洋大氣總署第二代水位自動觀測系統技術引進 (II)，MOTC-STAO-90-022。

薛憲文、李良輝、林奕翔(2002)，高解析衛星影像在淺水深度推估之研究，第 24 屆海洋工程研討會論文集，pp.602-608.

楊名、蕭翔文(2003)，以大地位數為基礎之台灣一等一級水準點高程計算，測量工程，第 45 卷，第 2 期，第 77-90 頁。

內政部(2003)，研訂領海及鄰接區海域基本圖測量規範，期末報告書。

張嘉強、李興緯、崔怡楓、孫永大、李宜珊(2003)，GPS 定位技術在近岸海洋測繪上之應用，第一屆數位地球國際研討會，中國文化大學，臺北，共 12 頁。

曾清涼、楊名、劉啟清、余致義、林宏麟(2003)，一等二級水準網測量督導查核工作總報告書，國立成功大學衛星資訊研究中心，台南，229 頁。

陳國華(2004)，整合 TWVD2001 水準及 GPS 資料改進台灣區域性大地水準面模式以應用於 GPS 高程測量，國立成功大學測量及空間資訊學系，博士論文。

戴益寶和林炤圭(2004)，潮位站設置對港灣潮位及水深之影響研究，國立台灣海洋大學河海工程學系九十三年度碩士專班研究成果發表會。

呂黎光(2004)，捷鳥衛星影像應用於墾丁淺海水域之測繪分析，航測及遙測學刊，第 9 卷，第 2 期，第 23 - 42 頁。

尤皓正、黃世宏、于嘉順(2005)，懸浮沉積物於河口動力環境散機制之研究，

第 27 屆海洋工程研討會論文集，國立中興大學。

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。

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研究所，碩士論文，高雄。

趙建虎(2007)，現代海洋測繪(上、下冊)，武漢大學出版社，武漢。

熊同中(2008)，FORMOSAT-2 衛星影像應用於宜蘭淺海水深之研究，國立臺灣海洋大學海洋環境資訊學系，碩士論文。

賴澄漂，林騰威，賴澄燦(2008)，3D 雷射掃瞄應用於海洋工程之可行性探討，第十屆水下技術研討會暨國科會成果發表會。

經濟部水利署(2008)，海岸水文分析應用手冊第二版。

曾宏斌(2009)，移動載具應用於水深測量之精度分析，國立臺灣海洋大學河海工程學系，碩士論文。

經濟部水利署水利規劃試驗所(2009)「海岸基本資料調查及資料庫建置規畫研究」。

Caress, D. W., H. Thomas, W. J. Kirkwood, R. McEwen, R. Henthorn, D. A. Clague, C. K. Paull and J. Paduan (2008), High-Resolution Multibeam, Sidescan, and Subbottom Surveys Using the MBARI AUV D. Allan B., Marine Habitant Mapping Technology for Alaska, Edited by J. R. Reynolds and H. G. Greene, University of Alaska Fairbanks, pp. 47-69.

Chang, C. C. and Y. D. Sun (2004), Application of a GPS-based Method to Tidal Datum Transfer, The Hydrographic Journal, No. 112, pp. 15-20.

Davies, J.L. (1964) "A morphogenic approach to world shorelines," Zeit. f. Geomorph., vol 8, pp. 27-42.

D. Farrant, J. Burke, L. Dickinson, P. Fairman, and J. Wendoloski,(2010) Opto-acoustic underwater remote sensing (OAURS) –an optical sonar?

De Moor, G. (2002), Evaluation of Sea-floor Sediment Dynamics in the Flemish Bank (Southern North Sea) between 1985 and 1995, Géomorphologie: Relief,

- Processus, Environnement, Vol. 8, No. 2, pp. 135-150.
- EdgeTech (2010), 4200-FS Side Scan Sonar System,
[http://www.edtmc.com/upload/EdgeTech-4200-FS\(2\).pdf](http://www.edtmc.com/upload/EdgeTech-4200-FS(2).pdf)
- Egbert, G.D., A.F. Bennett, and M.G. Foreman (1994) “TOPEX/POSEIDON tides estimated using a global inverse model”, J. Geophys. Res., 99(C12), 24821-24852.
- El-Rabbany, A. and R. Adams (2004), Relating Data to a Seamless Vertical Reference Surface, FIG Working Week 2004, Athens.
- EuroSense (2010), Data Acquisition, Seaborne, Fleet,
<http://www.eurosense.be/default.aspx?lc=en&CatID=38>
- Federal Geographic Data Committee (2000), Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 5: Standards for Nautical Charting Hydrographic Surveys-Public Review Draft, Subcommittee on Marine and Coastal Spatial Data Federal Geographic Data Committee, pp. 5.1-5.11.
- Hare, R. M. (2008), Small-Boat Surveys in Shallow Water, Marine Habitat Mapping Technology for Alaska, Edited by J. R. Reynolds and H. G. Greene, University of Alaska Fairbanks, pp. 71-89.
- Houthuys, R., A. Trentesaux and P. De Wolf (1994), Storm Influences on a Tidal Sandbank’ s Surface (Middelkerke Bank, Southern North Sea), Marine Geology, No. 121, pp. 23-41.
- International Hydrographic Organization (1998), Standards for Hydrographic Surveys, 4th Edition, Special Publication No. 44.
- International Maritime Organization (2010), Electronic Charts, ,
http://www.imo.org/safety/mainframe.asp?topic_id=350
- Irish, J. L. and T. E. White (1998), Coastal Engineering Applications of High-resolution Lidar Bathymetry, Coastal Engineering, No. 35, pp.47–71.
- Irish, J. L. and W. J. Lillycrop (1999), Scanning Laser Mapping of the Coastal Zone: the SHOALS System, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, No. 54, pp. 123-129.
- MacMahan, J. (2001), Hydrographic Surveying from Personal Watercraft, Journal

- of Surveying Engineering, Vol. 172, No. 1, pp. 12-23.
- Monfort, C. L. (2008), Assimilation of Airborne Imagery with LIDAR for Bathymetric Estimation, MSc Thesis, The Ohio State University, 35 pages.
- National Ocean Survey (1976), Hydrographic Manual, Fourth Edition, National Oceanic and Atmospheric Administration, US Department of Commerce.
- Neemann and Volker, Klaus Wulff (2009) “Since 2005 new chart datum”, Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs.
- Parrott, D. R., B. J. Todd, J. Shaw, J. E. Hughes Clarke, J. Griffin, B. MacGowan, M. lamplugh and T. Webster (2008), Integration of Multibeam Bathymetry and LiDAR Surveys of the Bay of Fundy, Canada, Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference and National Surveyors Conference 2008, Paper 6-2, 15 pages.
- Shcherbina, A. Y., G. G. Gawarkiewicz, C. A. Linder and S. R. Thorrold (2008), Mapping Bathymetric and Hydrographic Features of Glover’s Reef, Belize, with a REMUS Autonomous Underwater Vehicle, Limnology and Oceanography, Vol. 53, No. 5-2, pp. 2264-2272.
- U.S. Army Corps of Engineers (2001), Engineering and Design: Hydrographic Surveying, U.S. Department of the Army, Manual No. EM 1110-2-1003.
- US Army Corps of Engineers (2001), Engineering and Design: Hydrographic Surveying, US Department of the Army, Manual No. EM 1110-2-1003.
- Van Twembeke, U., A. Muls, G. W. Hein, H. Landau, G. Baustert and K. Hehl (1989), Precise Differential Kinematic Positioning for Hydrographic Surveying Tasks, Marine Geodesy, Vol. 13, No. 4, pp. 253-276.
- Yang, M., K. H. Chen, and S. W. Shiao (2003), A New Height Reference Network in Taiwan, Survey Review, Vol. 37, No. 290, pp. 260-268.