

96-69-7283
MOTC-IOT-95-H2DB008

淺水域多音束量測水深技術研究 (2/4)



交通部運輸研究所
中華民國 96 年 5 月

96-69-7283
MOTC-IOT-95-H2DB008

淺水域多音束量測水深技術研究 (2/4)

著者：邱永芳、薛憲文、蔡金吉、張功武

交通部運輸研究所
中華民國 96 年 5 月

96

淺水域多音束量測水深技術研究
(2/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1009601194
定價：200 元

國家圖書館出版品預行編目資料

淺水域多音束量測水深技術研究. (2/4) / 邱永芳等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所，民 96

面：公分

參考書目：面

ISBN 978-986-00-9741-2(平裝)

1. 海洋－探測 2. 水中聲學 3. 地理資訊系統

351. 924

96009151

淺水域多音束量測水深技術研究(2/4)

著者：邱永芳、薛憲文、蔡金吉、張功武

出版機關：交通部運輸研究所

地址：臺北市敦化北路 240 號

網址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電話：(04)26587176

出版年月：中華民國 96 年 5 月

印刷者：承亞興企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書坊臺視總店：臺北市八德路 3 段 10 號 B1•電話：(02)25781515

五南文化廣場：臺中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1009601194

ISBN：978-986-00-9741-2 (平裝)

著作財產權人：中華民國 (代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：淺水域多音束量測水深技術研究(2/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN:978-986-00-9741-2 (平裝)	政府出版品統一編號 1009601194	運輸研究所出版品編號 96-69-7283	計畫編號 95-H2DB008
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳主任 計畫主持人：邱永芳主任 研究人員：蔡金吉、廖慶堂 聯絡電話：04-26587221 傳真號碼：04-26571329	合作研究單位：國立中山大學 計畫主持人：薛憲文副教授 研究人員：張功武 地址：高雄市鼓山區蓮海路 70 號 聯絡電話：07-5255067		研究期間 自 95 年 03 月 至 95 年 11 月
關鍵詞：多音束測量、水深測量規範、地理資訊系統			
摘要： 本計畫目的在研究我國之各國際商港港域全覆蓋水深、回淤率、底質分佈，藉以因應船舶大型化之國際港灣水域之競爭，進入 WTO 之海事及疏浚工程國際化，避免工程糾紛。近年來多音束測深系統的發展已趨成熟，本計畫依據國際海測組織(IHO)所制訂之水深測量規範之精神，針對淺水域多音束測深技術之相關議題作全面性的研究探討，其研究包含多音束測深技術、人員培訓、規範標準、資料庫之建立、漂沙回淤率及底質分類技術等相關應用的層面。 本案為四年計畫之第二年，繼續進行同一區域多音束測深示範作業，比對去年多音束測深資料探討漂沙回淤率；並且開設多音束測深訓練班；同時探討港灣水域底質分類及資料庫的建立方式。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
96 年 5 月	146	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
機密等： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密【限】條件：☐ 年 月 日解密，☐ 公布後解密，☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密，☐ 另行檢討後辦理解密） ■ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Applying Multibeam Echo Sounding Technology to Measure Water Depth in Shallow Water (2/4)			
ISBN (OR ISSN) 978-986-00-9741-2 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009601194	IOT SERIAL NUMBER 96-69-7283	PROJECT NUMBER 94-H2DB008
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yuang-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yuang-fang PROJECT STAFF: Tsai Chin-chi, Liaw Ching-tarng PHONE: +886-4-26587221 FAX: +886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM March 2006 TO November 2006
RESEARCH AGENCY: NATIONAL SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRINCIPAL INVESTIGATOR: Shyue Shiahn-wern PROJECT STAFF: Chang Kung-wu ADDRESS: 70 Lien-hai Rd. Kaohsiung 804, Taiwan ROC PHONE: +886-7-5255067			
KEY WORDS: MultiBeam, Echo Sounding Surveys Standard, GIS			
ABSTRACT The purpose of this project is to study full coverage bathymetry, shoaling rate, distribution of the sediment types of Taiwan's international commercial harbors in order to compete with worldwide harbors due to maritime affairs, internationalized harbor engineering and dredging work after joining WTO and to avoid dispute about engineering work. Recently, shallow water multibeam echo sounding (MBES) technology has become matured, it is a good time to investigate all of related issues, such as: MBES standard processes, staff training, survey standards development, bathymetric database establishment, shoaling rate and acoustic seabed classification technique, etc., according to the principles of IHO Standards for Hydrographic Surveys. The second year of the project is to perform a demonstrative MBES survey with standard procedures as the same way as last year. Sediment deposition rate in the harbor is explored to compare to two-year MBES's data. A 10-20 persons training course about MBES technology has offered this year. Seabed classification using multibeam echo sounding backscatter data for harbor bathymetric survey is investigated. A database for bottom types is also explored in this research.			
DATE OF PUBLICATION May 2007	NUMBER OF PAGES 146	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目 錄	III
圖目錄	VII
表目錄	XI
第一章 前 言	1
1.1 計畫背景分析	1
1.2 研究範圍與對象	4
1.3 研究內容與工作項目	5
1.3.1 研究內容	5
1.3.2 工作項目	5
1.4 重要文獻回顧	5
1.5 研究方法及進行步驟	7
1.5.1 進行第二次示範作業計算回淤率	7
1.5.2 舉辦專家會議討論多音束測深規範	15
1.5.3 辦理多音束測深教育訓練	16
1.5.4 探討示範作業區以多音束回波反射強度進行底質分類	16
1.5.5 探討港灣水域底質資料庫建立方式及整合底質資料與多音束測深資料的呈現方式	17

1.6 預期成果	17
第二章 舉辦專家會議討論多音束測深規範	21
2.1 專家會議目的及討論內容	21
2.2 專家會議記錄	22
2.3 修改後之草案	23
第三章 進行多音束測深示範作業	25
3.1 單音束及多音束測深成果比較	29
3.2 多音束測深成果精度檢核	31
3.2.1 相對精度檢核	31
3.2.2 絕對精度檢核	34
3.3 二次多音束測深成果比較	36
3.3.1 水深變化量及回淤率比較	39
3.3.2 剖面比較	41
第四章 開設多音束測深技術及規範說明訓練班	63
4.1 開課時間、地點及報名人次	63
4.1.1 開課時間及地點	63
4.1.1 報名人次	63
4.2 教育訓練教材	64
4.2.1 多音束測繪技術原理簡介	64
4.2.2 多音束測深應注意事項	65
4.2.3 港灣水域多音束測深規範草案	65

4.2.4 招標及驗收範例說明	65
4.2.5 多音束測深表格範例	65
4.2.6 多音束測深資料特性分析表	66
4.3 多音束測深技術及規範說明訓練班效益	66
第五章 探討示範作業區以聲波方式進行底質分類作業模式	67
5.1 示範測區聲學探測結果分析比較	67
5.1.1 測區背景資訊及儀器規格及設定參數	67
5.1.2 多音束測深資料與側掃聲納影像比較	67
5.1.3 使用聲學探測海床底質的可能性	69
5.2 底質分析理論及方法	69
5.3 使用 QTC MultiView 分析示範測區底質之研究	75
5.3.1 使用 QTC MULTIVIEW 分析示範測區底質之問題	75
5.3.2 使用 QTC MULTIVIEW 分析示範測區底質之結果	76
第六章 探討港灣水域底質資料庫建立方式	79
6.1 底質資料分類規範及編碼探討	79
6.1.1 基本地形圖地質分類方式	79
6.1.2 自然環境基本資料庫地質分類方式	79
6.1.3 電子海圖地質分類方式	80
6.2 海床底質資料庫	81
第七章 結論與建議	83

7.1 結論	83
7.1 建議	84
附錄一 專家會議審查意見處理情形表	85
附錄二 淺水域多音束測深規範(草案)	93
附錄三 S-57 底質分類說明	127
附錄四 期中報告審查意見處理情形表	133
附錄五 期末報告審查意見處理情形表	137
附錄六 期中簡報資料	141
附錄七 期末簡報資料	147

圖 目 錄

圖 1 高雄港區示意圖	8
圖 2 多音束測深資料處理流程圖	9
圖 3 潮位圖範例	10
圖 4 聲速剖面圖範例	11
圖 5 船隻儀器配置圖範例	12
圖 6 Patch Test 航線規劃圖	12
圖 7 測線間距與航線重疊率的關係圖	13
圖 8 Cross Check 檢驗圖範例	13
圖 9 條件式及視覺式資料篩選範例	14
圖 10 等深線色階圖及三維立體圖範例	14
圖 11 高雄港測深示範作業範圍圖	25
圖 12 第一測區測線及水深色階圖	26
圖 13 第二測區水深色階圖	26
圖 14 第三測區水深色階圖	27
圖 15 船隻及儀器安置位置圖	28
圖 16 單音束水深測量成果圖	31
圖 17 單音束與多音束測深網格比較圖	31
圖 18 多音束交錯檢核誤差分佈圖	33
圖 19 單音束及多音束交錯檢核誤差分佈圖	36
圖 20 第一次多音束示範測深成果	37

圖 21 第二次多音束示範測深成果	38
圖 22 水深變化色階圖	38
圖 23 浚挖第一區水深變化色階圖	40
圖 24 浚挖第二區水深變化色階圖	40
圖 25 全區(不含浚挖區)水深變化色階圖	41
圖 26 水深變化劇烈區域色階圖	41
圖 27 剖面分佈圖	42
圖 28 多音束測剖面圖 01	42
圖 29 多音束測剖面圖 02	43
圖 30 多音束測剖面圖 03	43
圖 31 多音束測剖面圖 04	44
圖 32 多音束測剖面圖 05	44
圖 33 多音束測剖面圖 06	45
圖 34 多音束測剖面圖 07	45
圖 35 多音束測剖面圖 08	46
圖 36 多音束測剖面圖 09	46
圖 37 多音束測剖面圖 10	47
圖 38 多音束測剖面圖 11	47
圖 39 多音束測剖面圖 12	48
圖 40 多音束測剖面圖 13	48
圖 41 多音束測剖面圖 14	49

圖 42 多音束測剖面圖 15	49
圖 43 多音束測剖面圖 16	50
圖 44 多音束測剖面圖 17	50
圖 45 多音束測剖面圖 18	51
圖 46 多音束測剖面圖 19	51
圖 47 多音束測剖面圖 20	52
圖 48 多音束測剖面圖 21	52
圖 49 多音束測剖面圖 22	53
圖 50 多音束測剖面圖 23	53
圖 51 多音束測剖面圖 24	54
圖 52 多音束測剖面圖 25	54
圖 53 多音束測剖面圖 26	55
圖 54 多音束測剖面圖 27	55
圖 55 多音束測剖面圖 28	56
圖 56 多音束測剖面圖 29	56
圖 57 多音束測剖面圖 30	57
圖 58 多音束測剖面圖 31	57
圖 59 多音束測剖面圖 32	58
圖 60 多音束測剖面圖 33	58
圖 61 多音束測剖面圖 34	59
圖 62 多音束測剖面圖 35	59

圖 63 多音束測剖面圖 36	60
圖 64 多音束測剖面圖 37	60
圖 65 多音束測剖面圖 38	61
圖 66 多音束測剖面圖 39	61
圖 67 多音束測剖面圖 40	62
圖 68 多音束測深與側掃聲納單一測線成果比較	68
圖 69 側掃聲納單一測線影像	68
圖 70 側掃聲納測線合併色階圖	69
圖 71 QTC 底質分析原理說明圖	71
圖 72 QTC 底質分析流程說明圖	72
圖 73 Q-space 分佈圖	74
圖 74 底質分類模式	74
圖 75 單一測線底質分類圖	75
圖 76 FI02、FI03 及 FI04 分組分佈圖	77

表 目 錄

表 1 IHO 各等級水域測量基本要求	1
表 2 5 月 26 日船隻儀器姿態記錄表	28
表 3 5 月 27 日船隻儀器姿態記錄表	29
表 4 5 月 28 日船隻儀器姿態記錄表	29
表 5 單音束及多音束測深規格比較表	30
表 6 多音束測深交錯檢驗表	32
表 7 單音束測深與多音束測深交錯檢驗表	34
表 8 水深變化量比較表	39
表 9 聲波波長分組表	75
表 10 工程地質圖元符號代碼表	79
表 11 表層屬性分類編碼	80
表 12 表層特性分類編碼	81
表 13 底質資料庫格式	82

第一章 前言

1.1 計畫背景分析

近年來，多音束測深技術已成為 IHO 及 IMO 之積極發展測深技術，並在 IHO 海洋測量規範中具體規定在特等(例如：港區、錨泊區和重要航道等需船底淨空水域)及部分一等水域(例如：港區、進港口水道、建議航路和部分水深 100 公尺以內的海岸地區)強制規定需採用多音束測深技術。

國際海測組織(International for Hydrographic Organization, IHO)於 1998 年 4 月公佈第四版『國際水深測量標準』(IHO Standards for Hydrographic Surveys,S-44)以後，各國相繼以此標準為依據修訂能與國際水道測量接合的國家標準。該標準是將水域區分為特級、一級、二級及三級等四個等級，而其對各等級之水域測量基本要求可參見表 1。加拿大海洋測量局 (Canadian Hydrographic Services,CHS) 除了以四個等級水域為基本分級外，另外增加 CHS 特級水域，其中要求測量系統對於大於 0.5 公尺的海床特徵物需有偵測能力；日本海上保安廳及美國海洋及大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administrator, NOAA)之國家海洋測量局(National Ocean Survey, NOS)與紐西蘭的土地資訊局(Land Information New Zealand, LINZ)亦以 IHO S-44 為基礎規範，將其水域分區也同樣為四級。

表 1 IHO 各等級水域測量基本要求

等級	特等	一等	二等	三等
典型水域範例	港區、錨泊區和重要航道等需最少船底	港區、進港航道、建議航道與水深 100 公尺以內的海岸水域	非特等或一等水域且水深在 200 公尺以內的水域	不屬於上述等級的外海水域

	淨空水域			
水平位置精度(95 % 信賴區間)	2 公尺	5 公尺+5%水深	20 公尺+5%水深	150 公尺+5%水深
歸算後水深的水深精度(95 % 信賴區間) * 備註一	a = 0.25 公尺 b = 0.0075	a = 0.5 公尺 b = 0.013	a = 1.0 公尺 b = 0.023	a = 1.0 公尺 b = 0.023
100%底床搜尋	強制執行 * 備註二	特定水域需要 * 備註二	特定水域可能需要	不需要
量測系統對海床特徵物的偵測能力	大於 1 公尺的海床特徵物	水深 40 公尺以內大於 2 公尺的海床特徵物；水深超過 40 公尺時為 10%水深 * 註三	水深 40 公尺以內大於 2 公尺的海床特徵物；水深超過 40 公尺時為 10%水深 * 註三	不需要
最大測線間距 * 備註四	不需要;需 100%底床搜尋	三倍測區平均水深或 25 公尺, 取較大者	三至四倍測區平均水深或 200 公尺, 取較大者	四倍測區平均水深

備註一：量測精度（95%信賴區間）的公式 = $\pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$

其中：a = 固定水深誤差，如：所有固定水深誤差的總和。

b*d = 從屬水深誤差，如：所有從屬水深誤差的總和。

b = 從屬水深誤差因子。

d = 水深。

備註二：為了航安目的，在特等和一等水域採用機械式掃測測深儀以確定保持最小安全淨空水深，是可行的。

備註三：預計船隻的最大吃水量為 40 公尺。

備註四：若可以保證該水域的量測密度足夠，則測線間距可以加大。

說明：第一列「典型水域範例」，舉例說明此等級適用的水域。

第二列「水平位置精度」，列出達到此等級所需的定位精度。

第三列「水深精度」，說明達此等級的歸算水深所需精度的特定參數。

第四列「100%底床搜尋」，說明需要完整海底搜尋的時機。

第五列「量測系統對海床特徵物的偵測能力」，說明量測系統對底床特徵物搜尋辨識應有的能力。

第六列「最大測線間距」：

- 是指單音束聲納之測線間之距離。

- 是指測帶水深量測系統(Swath Sounding Systems)之測帶最外圍間之距離。

本計畫即針對多音束測深技術建立及其示範作業，多音束測深規範制訂，水深資料庫建制，測深人員訓練及多音束測深技術在港灣工程之應用等工作進行研究。進而充分瞭解各國際商港港域之漂沙回淤率，以為港灣及疏浚工程之參考依據。另外由於各港域之漂沙來自鄰近之海岸，因此充分探討海岸漂沙機制及數量，更可充分掌握漂沙回淤現象，若能配合海氣象觀測資料，即可探討漂沙之動態與模式之建

立。水深資料庫亦可同時提供海洋模式之建立、港域電子海圖之建立及港域操船演練。多音束測深技術同時具有偵搜海床特徵物之能力，可提供港灣水域底床異物資料庫之建立，有益於船隻之航行安全。港域海事工程及疏浚工作，常與水域底質息息相關，因此如何配合多音束測深之回波強度訊號或側掃聲納影像，建立間接研判港域及近岸底質分類特性之機制，進而建立港域及近岸底質資料庫，將有利於各國際商港之營運管理與工程規劃、設計、施工及疏浚工程業務之進行。

1.2 研究範圍與對象

本計畫以針對國內水深測深現況，為提升多音束測深技術之品質與品管，探討相關多音束測深之全面性配套措施：品管技術、規範、教育訓練及實務應用，預計分四個年度完成，各年度預計研究範圍與對象分列如下：

第一年：進行多音束測深示範作業、多音束測深規範擬定、多音束測深資料庫建立研究、多音束測深技術在港灣工程施工之應用探討。

第二年：繼續在多音束測深示範區進行示範作業，探討評估該示範區之漂沙回淤率、開設多音束測深技術訓練班、建立多音束聲波回波強度資訊或側掃聲納對底質之測量及分類技術、探討建立港灣水域底質資料庫。

第三年：研究多音束測深技術在港灣水域疏浚工程之應用及規範制訂、建立近岸水域之多音束測深技術及示範作業、開設多音束測深技術訓練班、探討近岸水域地形變遷監測技術、研究近岸水域地形資料庫之建制與管理。

第四年：探討多音束測深及側掃聲納技術偵測海床特徵物之可行性、研究多音束測深系統及側掃聲納在水下救災技術之應用、探討近岸水域地形變遷與海氣象觀測關係之建立方式、研究近

岸水域底質資料庫之建制與管理。

1.3 研究內容與工作項目

1.3.1 研究內容

本計畫為研究多音束測深系統在港域及近岸水深測量之技術建立，漂沙回淤率探討，及底質分類技術之建立，港灣水域之水深及底質資料庫建立技術研究，與相關海測人員培訓系統之建立等。

1.3.2 工作項目

本年度之工作項目

1. 執行多音束測深示範作業。
2. 舉辦多音束測深規範專家會議。
3. 開設多音束測深技術及規範說明訓練班。
4. 比較示範作業的多音束測深成果，估算回淤率，提出回淤率計算及分析。
5. 探討以聲波方式進行底質分類技術
6. 探討建立港灣水域底質資料庫的方式。

1.4 重要文獻回顧

1. International Hydrographic Organization, April 1998, IHO Standards for Hydrographic Surveys, 4th Edition, Special Publication No. 44.
2. International Hydrographic Organization, Nov 2001, IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, 3.1th Edition, Special Publication No. 57.

3. International Hydrographic Organization, 1982, A Manual on Technical Aspects of the United Nations Convention on the Law of the Sea.
4. Canadian Hydrographic Services, Aug 1998, Standards for Hydrographic Surveys.
5. Canadian Hydrographic Services, Feb 2003, Minimum Standards for Hydrographic Surveys.
6. Federal Geographic Data Committee, June 2001, Shoreline Metadata Profile of the Content Standards for Digital Geospatial Metadata.
7. Federal Geographic Data Committee, June 1998, Content Standards for Digital Geospatial Metadata.
8. U.S. Army Corps of Engineers, Sept 1987, Confined Disposal of Dredged Material.
9. U.S. Army Corps of Engineers, Mar 1983, Dredging and Dredged Material Disposal.
10. U.S. Army Corps of Engineers, Nov 1996, Navigation and Dredging Operations and Maintenance Guidance and Procedures.
11. U.S. Army Corps of Engineers, Jan 2002, Engineering and Design Hydrographic Surveying.
12. U.S. Army Corps of Engineers, Jul 1998, Engineering and Design Geospatial Data and Systems.
13. U.S. Army Corps of Engineers, Aug 1996, Engineering and Design Policies, Guidance, and Requirements for Geospatial Data and Systems.
14. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), 1997, Nautical Chart User's Manual.
15. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), Jun 2000, NOS Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables.

16. Land Information New Zealand, Aug 1999, Provisional Swath Sonar Survey Specifications.
17. 日本海上保安廳，2001，日本水路業務法施行令。
18. 日本海上保安廳，2002，日本水路業務法施行規則。
19. 日本海上保安廳，1989，日本水路測量業務準則施行細則。
20. 日本海上保安廳，2002，日本水路測量各等級測量規則。
21. 日本海上保安廳，2001，日本水路業務法。
22. 張功武，1999，單音束測深之技術品管與流程品管，中山大學海洋環境及工程研究所碩士論文。
23. 薛憲文，1997，應用測量學講義。
24. 公共工程委員會，2000，港灣工程施工綱要規範。
25. 內政部，2003，領海及鄰接區海域基本圖測量規範(草案)。
26. 交通部運研所，2003，港灣水域水深測量(草案)。
27. 交通部運研所，2005，淺水域多音束量測水深技術研究(1/4)。

1.5 研究方法及進行步驟

1.5.1 進行第二次示範作業計算回淤率

為充分瞭解示範作業區之漂沙回淤率機制，在同一測區進行第二次多音束測深示範作業，去年測量高雄國際商港水域，如圖 1，自第一港口至前鎮河，以主航道(約 8 公里)為中心測量左右各約 250 公尺的區域，測量工作區面積約 4 平方公里。基於航行安全考量，部份水域或船席因航隻長期靠泊施測不易，實際測線將依據現場實際狀況進行規劃及測量之。



圖 1 高雄港區示意圖

多音束水深資料處理流程依照圖 2 步驟，其中，『船隻規格』及『儀器安置位置』於現場作業前量測，『音鼓安置角度』於現場選擇適當地形檢測，聲速剖面及潮汐量測應儘可能接近測區。

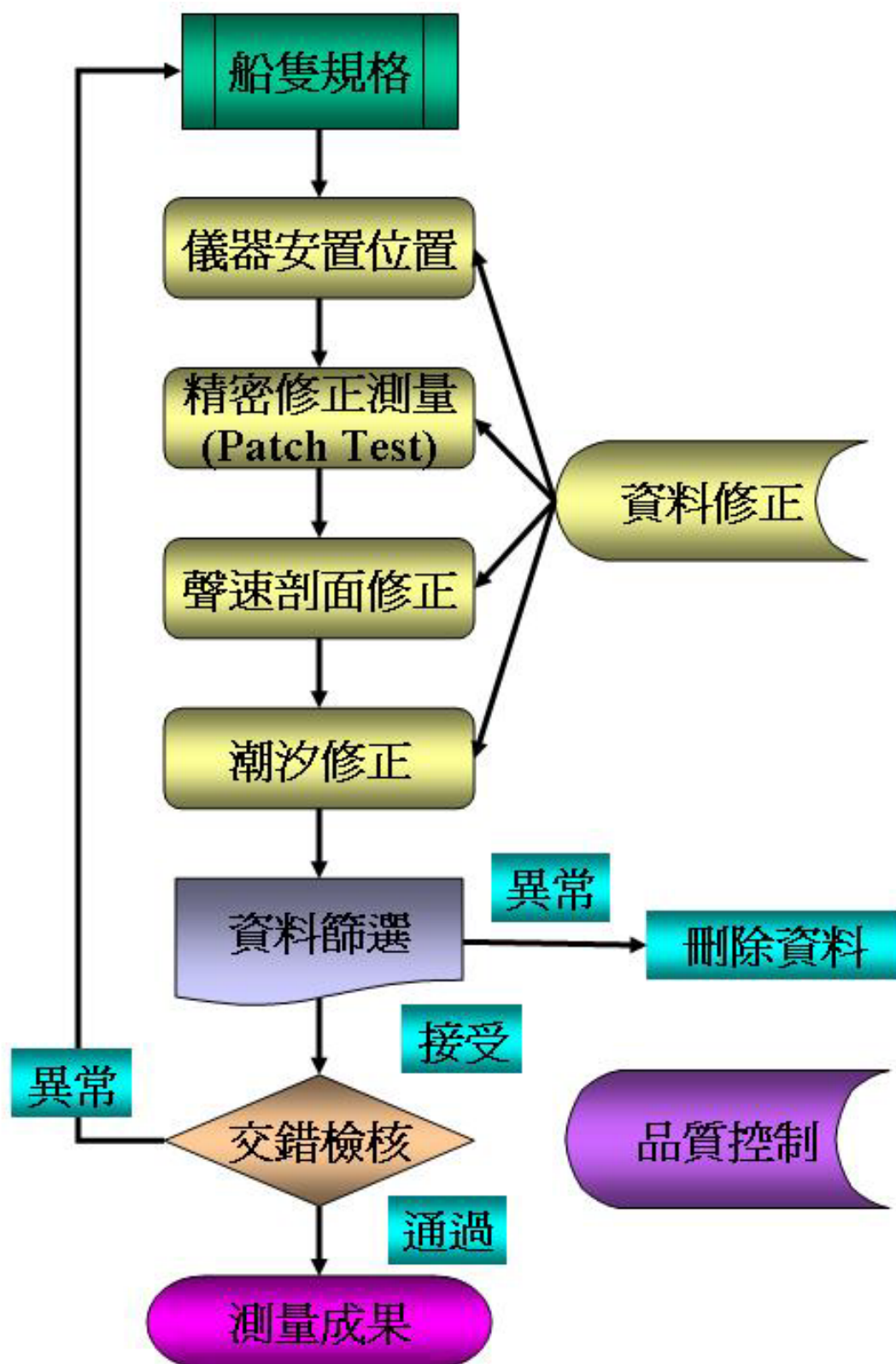


圖 2 多音束測深資料處理流程圖

1.潮位修正

引測潮位站高程及架設潮位站，測量期間潮位之觀測及資料分析(參閱圖 3)，與水深資料之潮位修正。

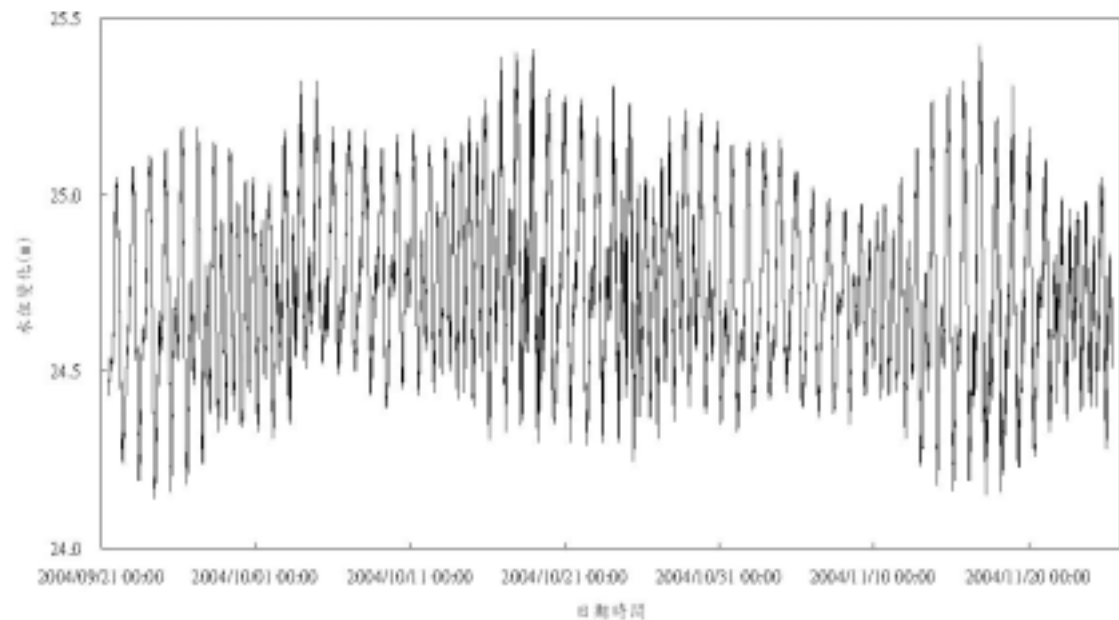


圖 3 潮汐圖範例

2.聲速剖面修正

測量期間每日至少進行聲速剖面(參閱圖 4)測量一次，以進行水深資料之聲速修正。

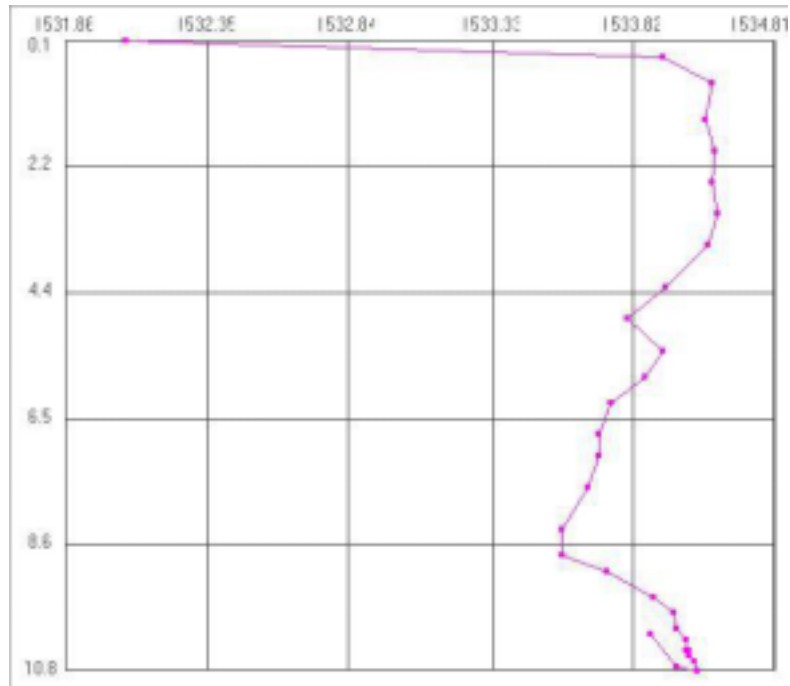


圖 4 聲速剖面圖範例

3.建置載具規格表

廣義的載具規格表包含船隻規格、各項儀器安裝相對位置、角度及時間遲滯。儀器安置之偏移量 (Offsets) (參閱圖 5)，包括定位天線、航向儀(gyrocompass)、船隻姿態收集器(motion sensor)及測深儀音鼓(transducer)等四種儀器至坐標系統之原點(或基準點)的 X,Y 距離分量。音鼓及船隻姿態收集器之安置角度差異及時間遲滯則需要透過 Patch Test 來獲得 roll, pitch, yaw 之修正量及時間遲滯(latency)(參閱圖 6)。每次測深計畫至少需進行 patch test 一次，若每次音鼓經重新安置需再進行乙次以上，藉以確保水深測量資料之品質。

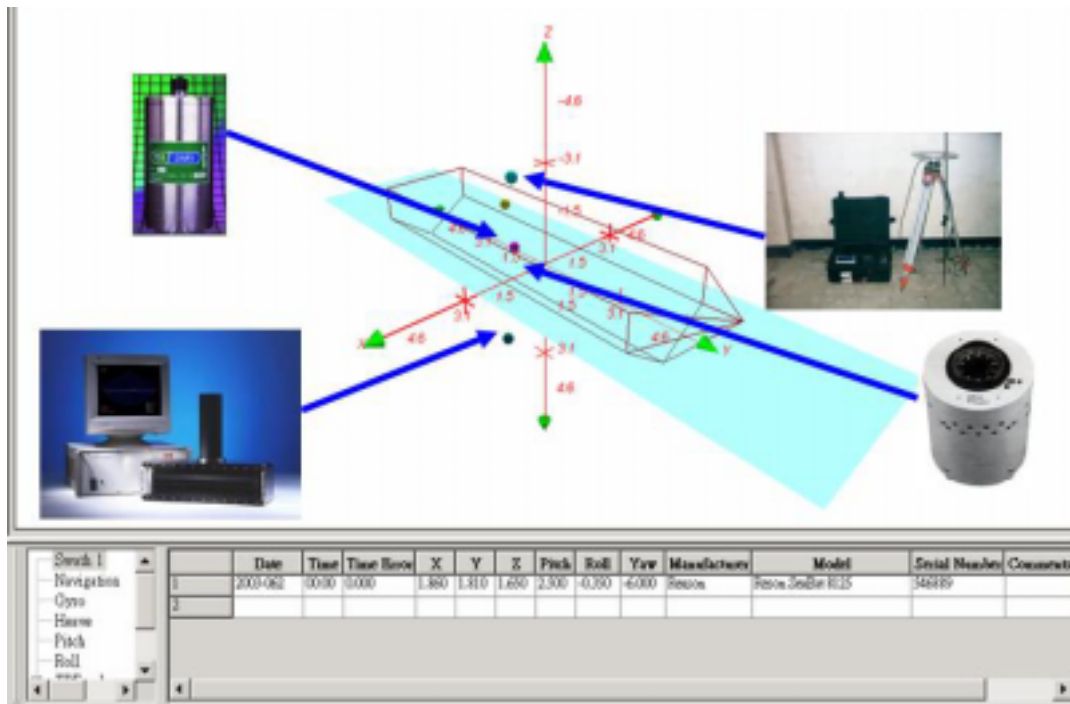


圖 5 船隻儀器配置圖範例

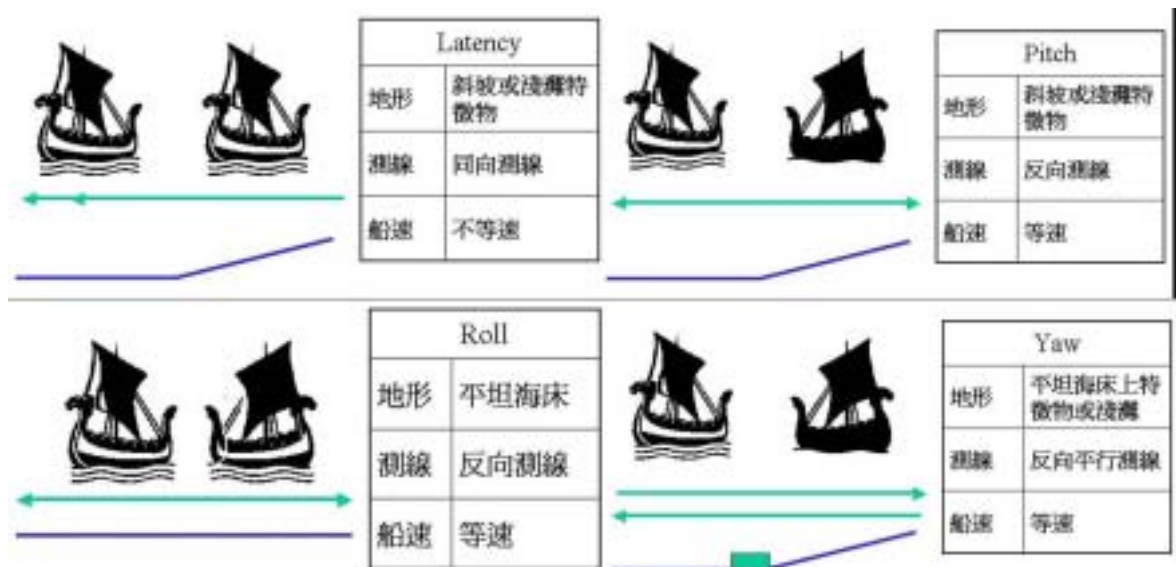


圖 6 Patch Test 航線規劃圖

4. 規劃測帶重疊率及交錯檢核測線

每條測線與相鄰測線宜重疊 30%，測線間距與航線重疊率的關係圖可參閱圖 7。以水深 10 公尺估計測線間距約 25 公尺，且至少應有一條垂直檢核測線，提供內精度(internal accuracy)之誤差分析。

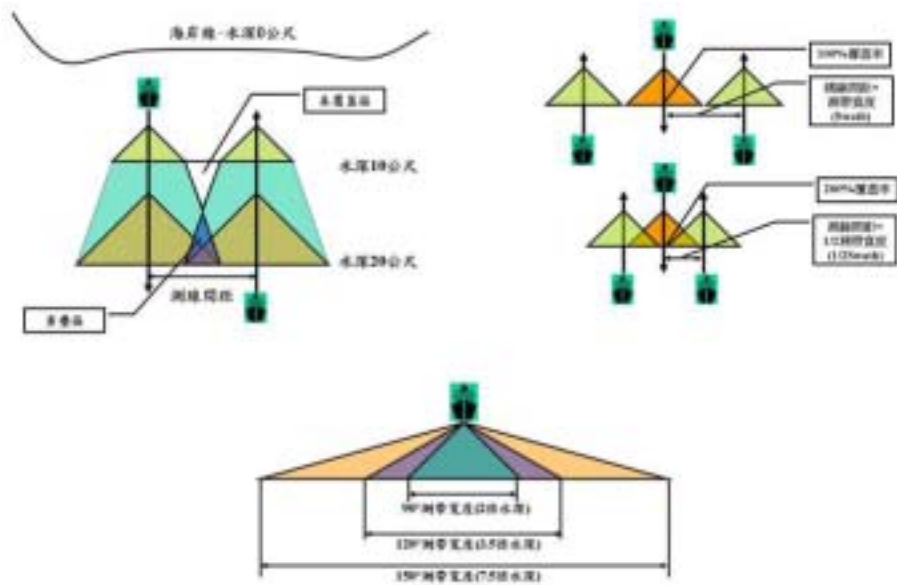


圖 7 測線間距與航線重疊率的關係圖

5. 單音束及多音束測深交錯檢核

多音束測深時宜同時進行單音束測深，並進行兩測深成果資料之比對。在圖 8 中為比較交錯檢核測線之各種統計值是否符合 IHO 一等水深測量之規範。

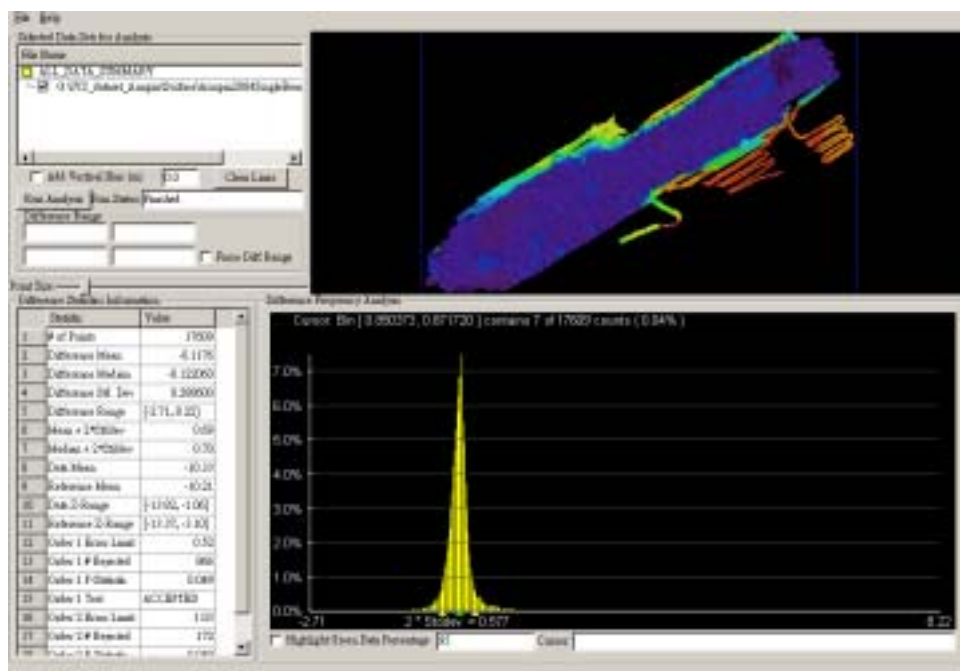


圖 8 Cross Check 檢驗圖範例

6.資料品管篩選

多音束測深資料經處理後加以仔細品管作業，篩除雜訊及不合理之資料(參閱圖 9)。各種軟體提供的資料篩選模式略有不同，大致上分為條件式及視覺式篩選，無論使用何種方式，輸出成果前，可以三維立體視覺方式檢核有否存在雜訊(noise)資料。

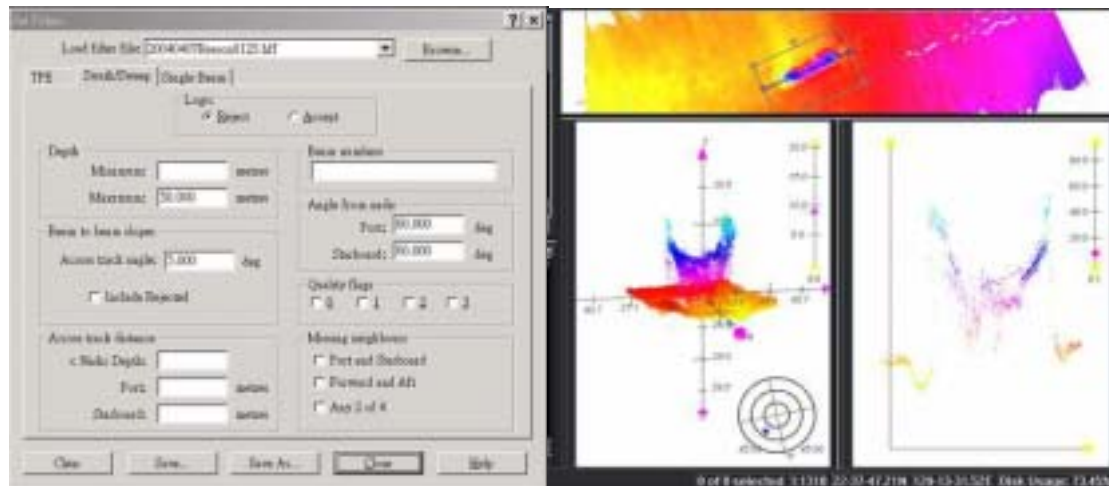


圖 9 條件式及視覺式資料篩選範例

7.成果展示

測深資料在品管後，需繪製成水深色階圖、等深線圖、三維立體圖，如圖 10，並提供至少 5m*5m 水深網格圖。

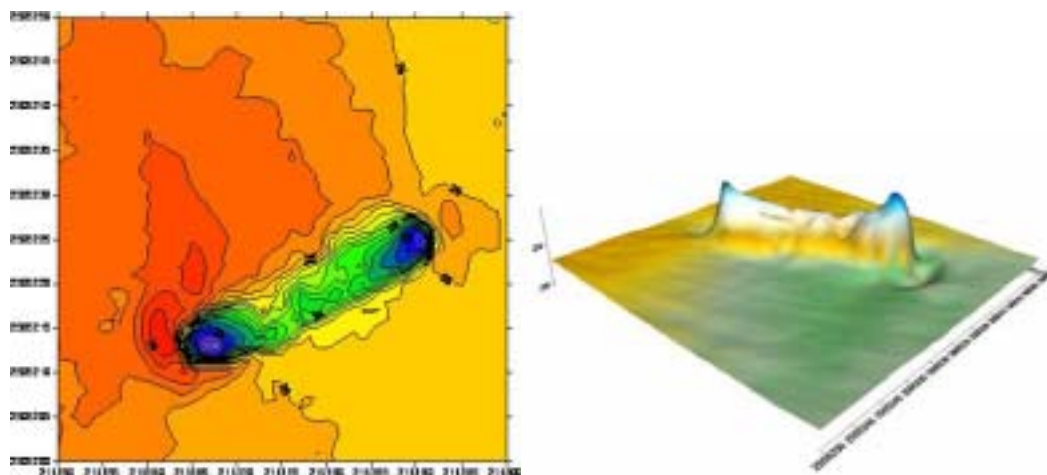


圖 10 等深線色階圖及三維立體圖

8.計算回淤率

比較二年多音束測深資料計算體積差值可估算回淤率，過去使用單音束測深計算回淤率，網格間距約 10 公尺，多音束測深資料密度較高，網格大小可至 1 公尺以內。為了瞭解估算回淤率可能的誤差，可以比較單音束及多音束估算回淤率差異，以及不同網格大小造成回淤率的差異。

1.5.2 舉辦專家會議討論多音束測深規範

近年來多音束測量相關儀器日新月異，電腦軟硬體之執行速度呈倍數成長。國內政府機關、學術單位及測量公司相繼購買多音束測深系統，並承包相關業務。公共工程委員會過去所發佈之水深測量規則行之久遠，與現行儀器設備及作業方法相去甚遠，相關業務發包機關經常面臨發包規格不清、監督不易或驗收規則不明...等窘境。為落實本計畫去年度所提出之『港灣水域多音束測深規範(草案)』，本計畫已辦理國內學術團體之專家會議，討論並修正『港灣水域多音束測深規範(草案)』，期望能早日由交通部發佈此規範，以提供各港務局及相關工程單位等之作業依據。

研擬『港灣水域多音束測深規範(草案)』的精神如下：與國際水深測量規範接軌、充分瞭解國內多音束測深技術可達到的測量精度、不同應用的水深測量可能之等級要求及適用未來的多音束測深技術。

『港灣水域多音束測深規範(草案)』採用 IHO 的 SP-44『國際海洋測量標準』第四版之綱要為藍本，雖然 SP-44 修訂版本為 1998 年，但其規範針對測量原則及最低精度標準，至今仍然是許多國家的海洋測量標準的依據，也符合目前儀器精度的基本要求，所以本草案應可符合國際規範基本要求。

水深測量的坐標系統常採用 UTM 坐標系統，但考量國內水深測量經常需與陸上資料比對，平面坐標基準採用 TWD97，高程基準則採用平均海水面，投影坐標採用橫麥卡托(TM)二度分帶坐標系統。

水深測量精度要求則採用 SP-44 的分級標準，而特等測深測量密度調整為重疊率 20% (覆蓋率 120%)，一等測深調整為重疊率 0% (覆蓋率 100%)。重疊區域除了確保達到全覆式測深(覆蓋率超過 100%)，另因外部音束精度較中央音束為差，部份國際規範建議重疊區域的外部音束可用於交錯檢核(Cross Check)，但不可作為最後的測量成果。當音束張角(swath angle)超過 90 度時，足印(footprint)劇增，其水深測量精度會降低，因此美國 NOAA 之水深測量規範要求，音束張角(swath angle)超過 90 度之資料，需自我證明其可以達到水深測量精度之要求。測量前以總誤差傳播(Total Propagated Error, TPE)評估整體誤差精度量，測量後以交錯檢核(Cross Check)驗收誤差精度，並未針對單一儀器的精度訂定要求標準。

交錯檢核線的檢核比例參考美國、加拿大、紐西蘭等三國國家標準，分別依據製圖比例尺、主測線間距及主測線長度定義檢核比例。由於各有其優缺點與可能的應用層面，草案一併將其規範收錄在其中。

1.5.3 辦理多音束測深教育訓練

使用去年多音束測深示範作業製作的多音束測深教學帶為重要腳本，辦理多音束測深教育訓練班，教材大綱大致如下：

- 1.多音束測深及相關儀器原理及規格介紹。
- 2.測量前規劃及儀器架設。
- 3.現場實際測量作業之軟硬體操作。
- 4.水深資料處理。
- 5.成果展示。

1.5.4 探討示範作業區以多音束回波反射強度進行底質分類

港灣工程的工程款項動輒上億元，施工設計前水深測量費用並不高。雖然港灣工程基本的調查項目可能包含水深、潮汐、波浪、海流及海床底質等項目，但是水深及底質經常是港灣工程計價的重要依據。因此為提供施工規劃時之重要背景資料，減少合約糾紛的發生率，提升水深量測及底質探測之品質是極為重要的研究課題。

傳統海床底質探測必需現場採樣，無論捕砂器及重力式岩心採樣管(Piston Code)都屬於單點採樣，本研究計畫期望將底質探測的密度由點延伸至面，利用多音束回波反射強度探討底質之分佈特性，並研究分類的作業方法及可分類等級，以補充單點現場採樣的不足。

1.5.5 探討港灣水域底質資料庫建立方式及整合底質資料與多音束測深資料的呈現方式

測深系統由單音束演進至多音束，必會遭遇資料量過於龐大的問題，因此水深資料庫之建立多朝向以地理資訊系統方式來整合，且展示亦常以三維方式呈現。現今底質探測已漸由現場單點採樣，到以聲學方式的探討面狀之分佈，因此水深資料庫的建置亦應整合底質分佈資料。

在港灣工程中，水深量測與底質探測是最基本的量測項目，二者的資料庫也都由點延伸至面。因此本研究計畫利用水深資料建立三維海床地形模型，並且使用底質分類技術為海床曲面貼上適當之側掃聲納掃測影像，或以圖例來呈現底質分佈及其特性。

1.6 預期成果

本研究分年依序預期完成的具體成果如下：

94 年度完成成果：

1. 高雄國際商港之三處，總面積約 4 平方公里之多音束及單音束測深成果，及成果圖之繪製。
2. 多音束(新測量法)及單音束(傳統測量法)測量方式之成果差異比

較分析。

3. 多音束測深示範作業過程及資料處理方法之多媒體製作。
4. 我國多音束測深規範之制訂。
5. 多音束測深資料於地理資訊系統之儲存、查詢、分析及展示功能作業模式建立。
6. 多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用範例、軟硬體系統可能遭遇作業限制之分析。

95 年度完成成果：

1. 高雄國際商港之三處，總面積約 4 平方公里之多音束及單音束測深成果，及成果圖之繪製。
2. 兩年期間國際商港之三處漂沙回淤率比較分析。
3. 10-30 個港務局水深測量相關業務從事人員接受多音束測深技術訓練。
4. 建立多音束測深系統或側掃聲納進行海床底質分類之作業模式。
5. 建立港域底質分佈資料庫之作業模式。

96 年度預期成果：

1. 多音束測深技術在港灣水域疏浚工程應用之作業模式。
2. 多音束測深技術在港灣水域疏浚工程之作業規範。
3. 10-30 個水深測量相關業務從事人員接受多音束測深技術訓練。
4. 多音束測深技術在近岸水域地形變遷監測之作業模式之建立。
5. 近岸水域地形變遷資料庫之作業模式之建立。

97 年度預期成果：

1. 多音束測深及側掃聲納技術偵測海床特徵物之可行性及作業模式之分析。
2. 多音束測深系統及側掃聲納在水下救災技術應用之可行性及作業模式之分析。
3. 多音束/單音束測深成果應用海氣象模式水深網格點自動化建立之作業模式。
4. 近岸水域底質資料庫之建制與管理作業模式。

第二章 舉辦專家會議討論多音束測深規範

2.1 專家會議目的及討論內容

近年來多音束測量相關儀器日新月異，且電腦軟硬體設備之執行速度呈倍數成長。國內政府機關、學術單位及測量工程顧問公司相繼購買多音束測深系統，並承包水深測量相關業務。公共工程委員會過去所發佈之水深測量規則行之已久，與現行儀器設備及作業方法相去甚遠，相關業務發包機關經常面臨發包規格不清、監督不易或驗收規則不明等窘境。為落實本計畫去年度所提出之『港灣水域多音束測深規範(草案)』，本計畫已辦理國內學術團體之專家會議，討論並修正『港灣水域多音束測深規範(草案)』，期望能早日由交通部發佈此規範，以提供各港務局及相關工程單位等之作業依據。

研擬『港灣水域多音束測深規範(草案)』的精神如下：與國際水深測量規範接軌、充分瞭解國內多音束測深技術可達到的測量精度、不同應用的水深測量可能之等級要求及適用未來的多音束測深技術、保留空間給不同應用的測量等級及適用未來 10~20 年的多音束測深技術。

『港灣水域多音束測深規範(草案)』採用 IHO 的 SP-44『國際海洋測量標準』第四版之綱要為藍本，雖然 SP-44 修訂版本為 1998 年，但其規範針對測量原則及最低精度標準，至今仍然是許多國家的海洋測量標準的依據，也符合目前儀器精度的基本要求，所以本草案應可符合國際規範基本要求。

水深測量規範的坐標系統經常採用 UTM 坐標系統，但考量國內水深測量經常需與陸上資料比對，平面坐標基準採用 TWD97，高程基準採用平均海水面，投影坐標採用橫麥卡托二度分帶坐標系統 TM2。

水深測量精度要求則採用 SP-44 的分級標準，而特等測深測量密度調整為重疊率 20% (覆蓋率 120%)，一等測深調整為重疊率 0% (覆蓋率 100%)。重疊區域除了確保達到全覆式測深(覆蓋率超過 100%)，另因外部音束精度較中央音束為差，部份國際規範建議重疊區域的外部音束可用於交錯檢核(Cross Check)，但不可作為最後的測量成果。當音束張角(swath angle)超過 90 度時，足印(footprint)大小劇增水深測量精度降低，因此美國 NOAA 之水深測量規範要求，音束張角(swath angle)超過 90 度之資料，需自我證明其可以達到水深測量精度之要求，而科技技術的精進經常會超過規範的極限，國外的測深規範多半不在儀器規格上打轉。測量前以總誤差傳播(Total Propagated Error, TPE)評估整體誤差精度量，測量後以交錯檢核(Cross Check)驗收誤差精度，並未針對單一儀器的精度訂定要求標準。

交錯檢核線的檢核比例參考美國、加拿大、紐西蘭等三國國家標準，分別依據製圖比例尺、主測線間距及主測線長度定義檢核比例。由於各有其優缺點與可能的應用層面，草案一併將其規範收錄在其中。

2.2 專家會議記錄

日期及時間：95 年 4 月 26 日（星期三）上午十時三十分

地點：國立中山大學海洋科學院海工所會議室

主席：薛憲文 紀錄：張功武

出（列）席人員：余進利、顏沛華、蔡金吉、薛憲文、張功武。

書面意見委員：史天元、蕭松山、宋國士。

壹、主席報告到會人數，隨即宣佈開會。

貳、主席報告議程，並徵詢有無異議。

參、主席說明舉辦專家會議目的（略）。

肆、討論事項：港灣水域多音束測深規範(草案)。

伍、委員意見及答覆：參照附錄一。

陸、散會（十二時三十分）。

2.3 修改後之草案

請參照附錄二。

第三章 進行多音束測深示範作業

本計劃選擇高雄港為示範作業區域，目前所測範圍為港區面積約三分之一的大小，可參閱圖 11。測區分為三區，第一測區範圍長 1.6 公里*寬 0.3 公里，水深約 4 米至 15.5 米可參閱圖 12，第二測區範圍長 3.4 公里*寬 0.4 公里，水深約 4.5 米至 15 米可參閱圖 13，第三測區範圍長 4 公里*寬 0.3 公里，水深約 4 米至 15.5 米可參閱圖 14，部分測區因船隻停泊無法作業。

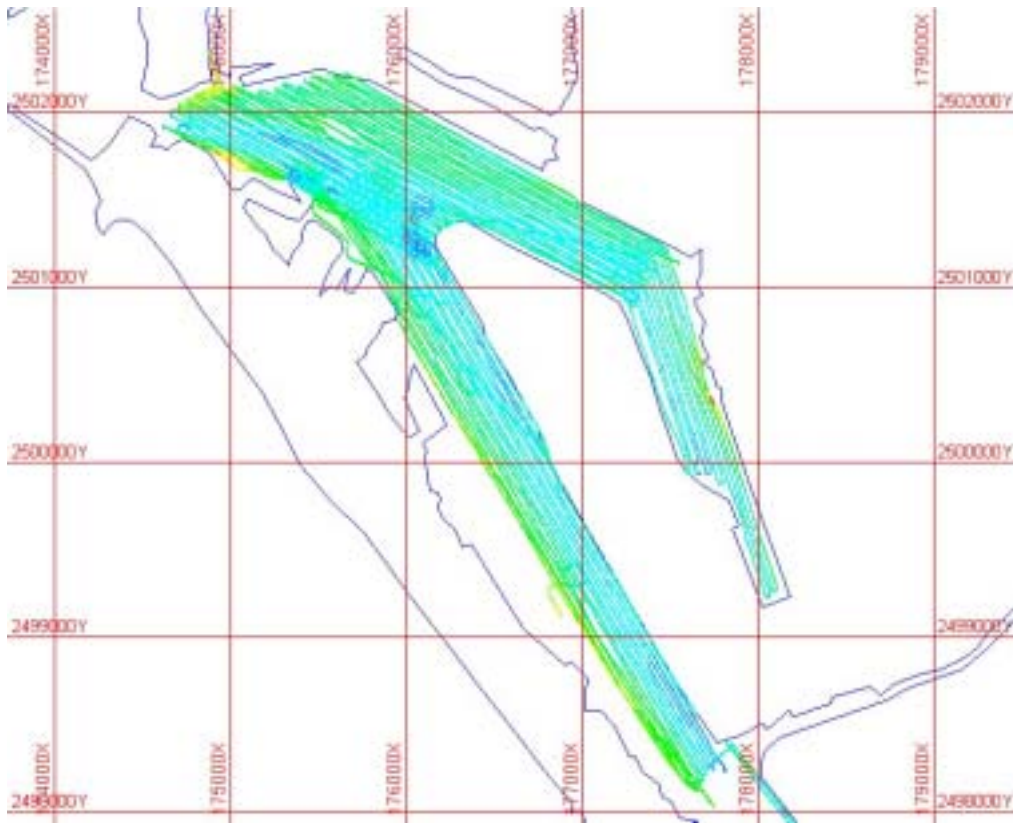


圖 11 高雄港測深示範作業範圍圖

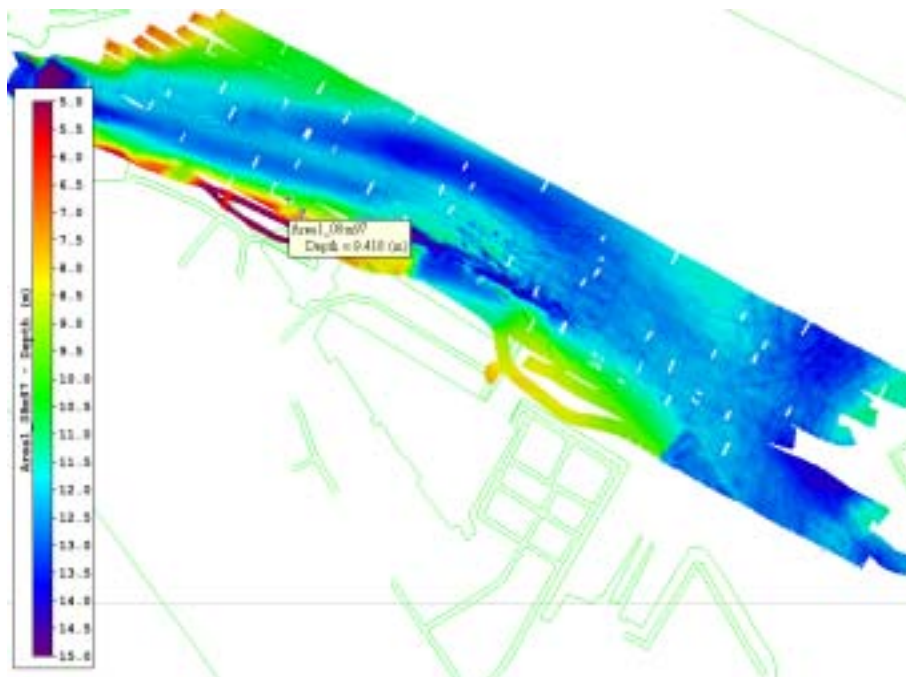


圖 12 第一測區測線及水深色階圖

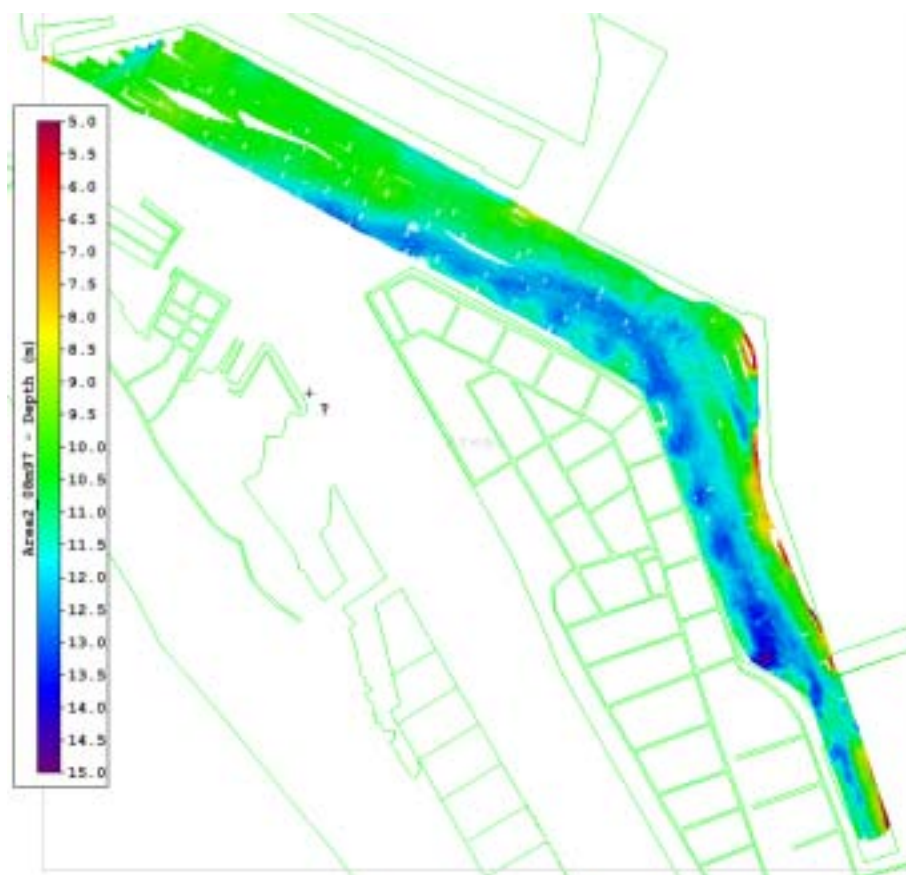


圖 12 第二測區水深色階圖

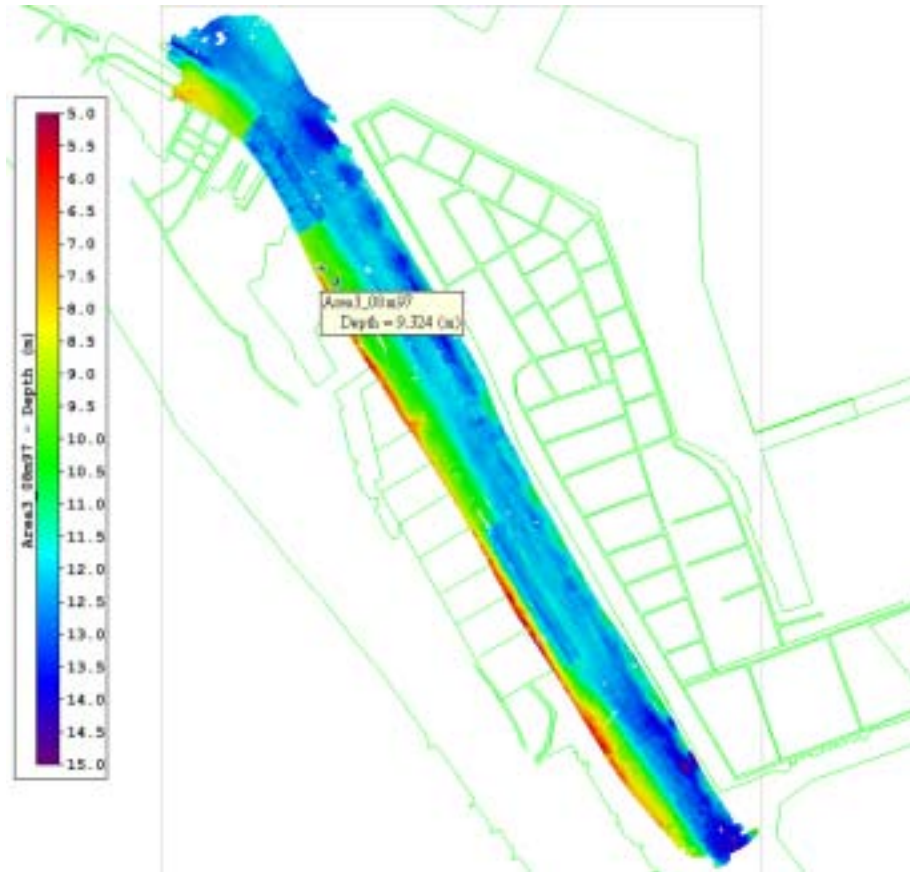


圖 14 第三測區水深色階圖

船隻規格及儀器安置相對位置及角度是多音束測深重要的記錄以供水深資料修正使用，量測儀器相對位置及角度的正確性會隨著誤差傳播效應傳遞至每個測深值。測量方法為在載具上選擇一參考基準點(R.P.)，以此參考基準點為中心量測各感測器精確相對位置及相對角度，可參照下圖，本次示範作業之記錄表詳見表 2~表 5。

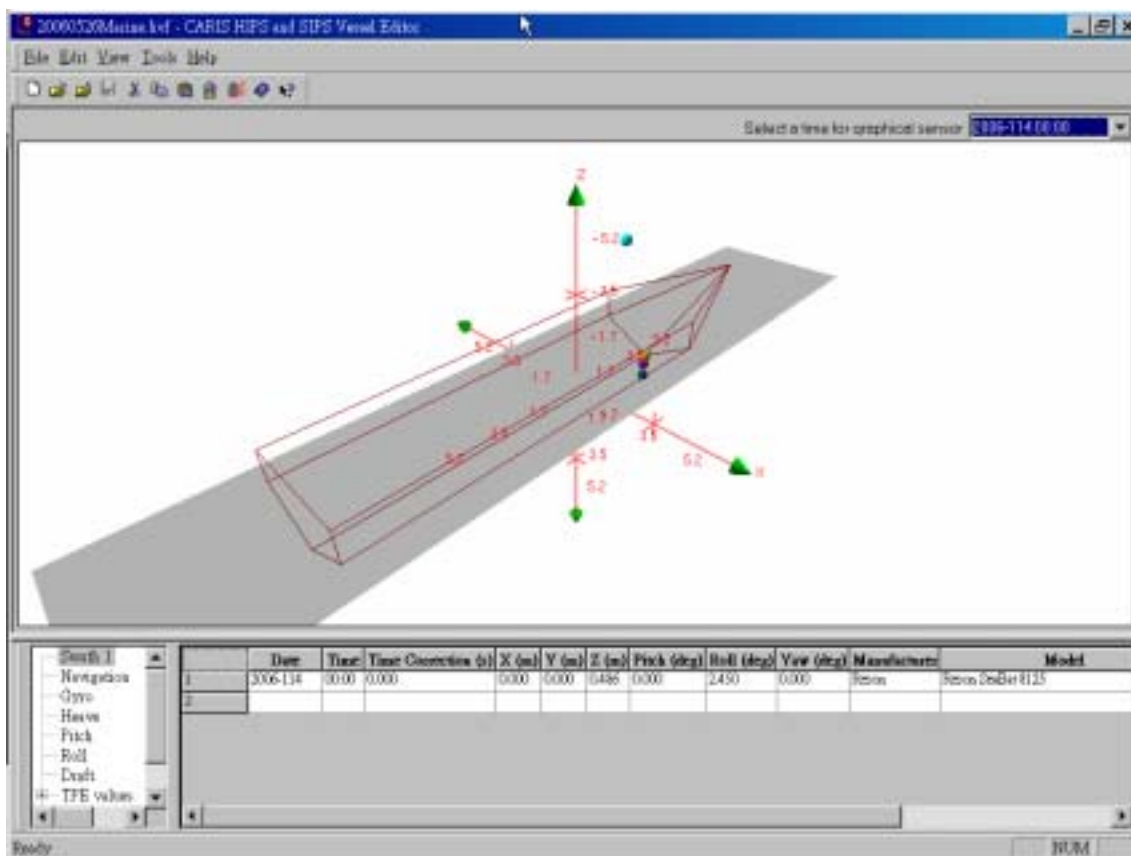


圖 15 船隻及儀器安置位置圖

表 2 5 月 26 日船隻儀器姿態記錄表

名稱	X	Y	Z	廠牌	型號	Roll	Pitch	Yaw
Swath	0	0	0.486	Reson	Seabat8125	0	2.45	0
Nav	-0.315	-0.979	-5.39	SOKKIA	AXIS3	橢球坐標系統 WGS84		
Gyro	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Heave	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Pitch	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Roll	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Single	-0.085	-1.3	0.95	Draft	-0.73			

表 3 5 月 27 日船隻儀器姿態記錄表

名稱	X	Y	Z	廠牌	型號	Roll	Pitch	Yaw
Swath	0	0	0.486	Reson	Seabat8125	0	3.55	0
Nav	-0.315	-0.979	-5.39	SOKKIA	AXIS3	橢球坐標系統 WGS84		
Gyro	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Heave	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Pitch	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Roll	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Single	-0.085	-1.3	0.95	Draft	-0.73			

表 4 5 月 28 日船隻儀器姿態記錄表

名稱	X	Y	Z	廠牌	型號	Roll	Pitch	Yaw
Swath	0	0	0.486	Reson	Seabat8125	0	2.55	0
Nav	-0.315	-0.979	-5.39	SOKKIA	AXIS3	橢球坐標系統 WGS84		
Gyro	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Heave	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Pitch	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Roll	-0.005	0.111	-0.26	Ixsea	Octant100			
Single	-0.085	-1.3	0.95	Draft	-0.73			

3.1 單音束及多音束測深成果比較

單音束及多音束測深交錯成果檢核可參閱 3.1 節，其測深規格比較可參閱表 5，示範作業之單音束測深儀之音束束寬(beam width)為 9°，在水深 10~15 公尺的足印約 1.5~2.3 公尺，單音束測深網格大小設為 2 公尺，可參閱圖 16，測線之間空隙甚大。多音束之音束束寬為 0.5°，在水深 10~15 公尺的足印約 0.09~1.03 公尺，故水深網格設為 1 公尺，與單音束重疊比較結果可參閱圖 17 (圖中紅線為單音束測深覆蓋範圍)，多音束測線之間幾乎沒有空隙。

表 5 單音束及多音束測深規格比較表

	Odom 單音束測 深儀	Reson 8125 多音束測 深儀
音束寬度	9°	0.5°
足印大小(水深 10~15 公尺)	1.5~2.3 公尺	0.09~1.03 公尺
資料筆數	60,272 筆(94 年) 31,159 筆(95 年)	148,989,537 筆(94 年) 85,556,727 筆(95 年)
資料密度	0.02 筆/平方公尺 0.01 筆/平方公尺	約 51 筆/平方公尺 約 29 筆/平方公尺
覆蓋率	低	可達到 100%
測量收發率	1 筆/次	240 筆/次
測量精度	一致	中央音束精度較高，外 部音束精度較低

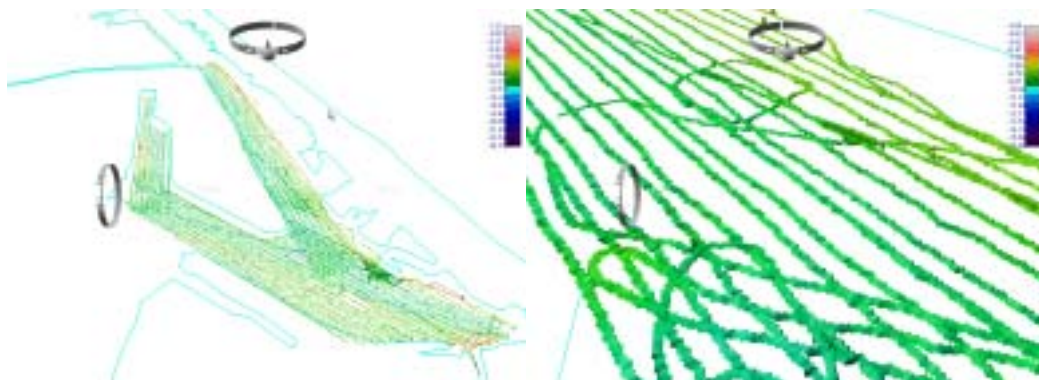


圖 16 單音束水深測量成果圖

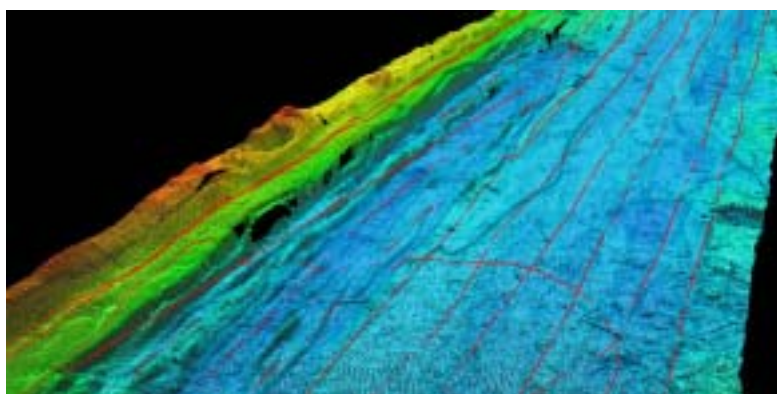


圖 17 單音束與多音束測深網格比較圖

3.2 多音束測深成果精度檢核

多音束測深的精度檢核可由交錯檢核(Cross Check)計算測量精度，單音束及多音束測深的交錯檢核比較二種不同的測深系統，得到檢核成果為絕對精度。

多音束測深的交錯檢核可檢核系統的偏移量、偏角量及時間遲滯，得到檢核成果為相對精度，也可視為測深系統的自我品管。

3.2.1 相對精度檢核

多音束測深的交錯檢驗結果達到特等測深，可參閱表 6，其誤差分佈圖可參閱圖 18。相對精度檢核表示多音束測深系統的感測器相對位

置(offset)的量測的及安置角度(Mount Angle & Patch Test)計算，以及各種儀器測量值的時間遲滯(Latency)解算達到一定的測量精度，另外各種感測器動態測量精度也足以達到特等測深等級。

表 6 多音束測深交錯檢驗表

日期	2006/05/26	2006/05/27	2006/05/28	全部
檢核點數	1,528,383	1,545,143	2,214,463	5,287,989
檢核點平均值	-11.49	-11.06	-11.36	-11.31
基準面平均值	-11.51	-11.09	-11.39	-11.34
誤差平均值	0.019000	0.023044	0.029751	0.024684
誤差中值	0.022754	0.023796	0.027971	0.025244
誤差標準差	0.068829	0.079277	0.076085	0.075172
檢核點水深範圍	-17.02~-2.13	-16.45~-2.80	-18.38~-3.87	-18.38~-2.13
基準面水深範圍	-16.51~-3.03	-15.24~-3.51	-15.05~-4.50	-15.05~-3.51
水深差值範圍	-5.08~ 10.11	-5.79~ 7.98	-6.57~ 6.87	-6.57~ 10.11
平均值+2×標準差	0.156657	0.181597	0.181921	0.175027
中值+2×標準差	0.160411	0.182350	0.180141	0.175587
一等測深誤差極限	0.50	0.50	0.50	0.52
二等測深誤差極限	1.00	1.00	1.01	1.03
特等測深誤差極限	0.25	0.25	0.25	0.26
一等測深 P 統計	0.001	0.001	0.001	0.001
二等測深 P 統計	0.000	0.000	0.000	0.000

特等測深 P 統計	0.006	0.013	0.013	0.011
未達一等測深點數	1358	1899	3288	6545
未達二等測深點數	266	251	287	804
未達特等測深點數	9200	20269	29408	58877
符合一等測深?	Yes	Yes	Yes	Yes
符合二等測深?	Yes	Yes	Yes	Yes
符合特等測深?	Yes	Yes	Yes	Yes

單位：公尺

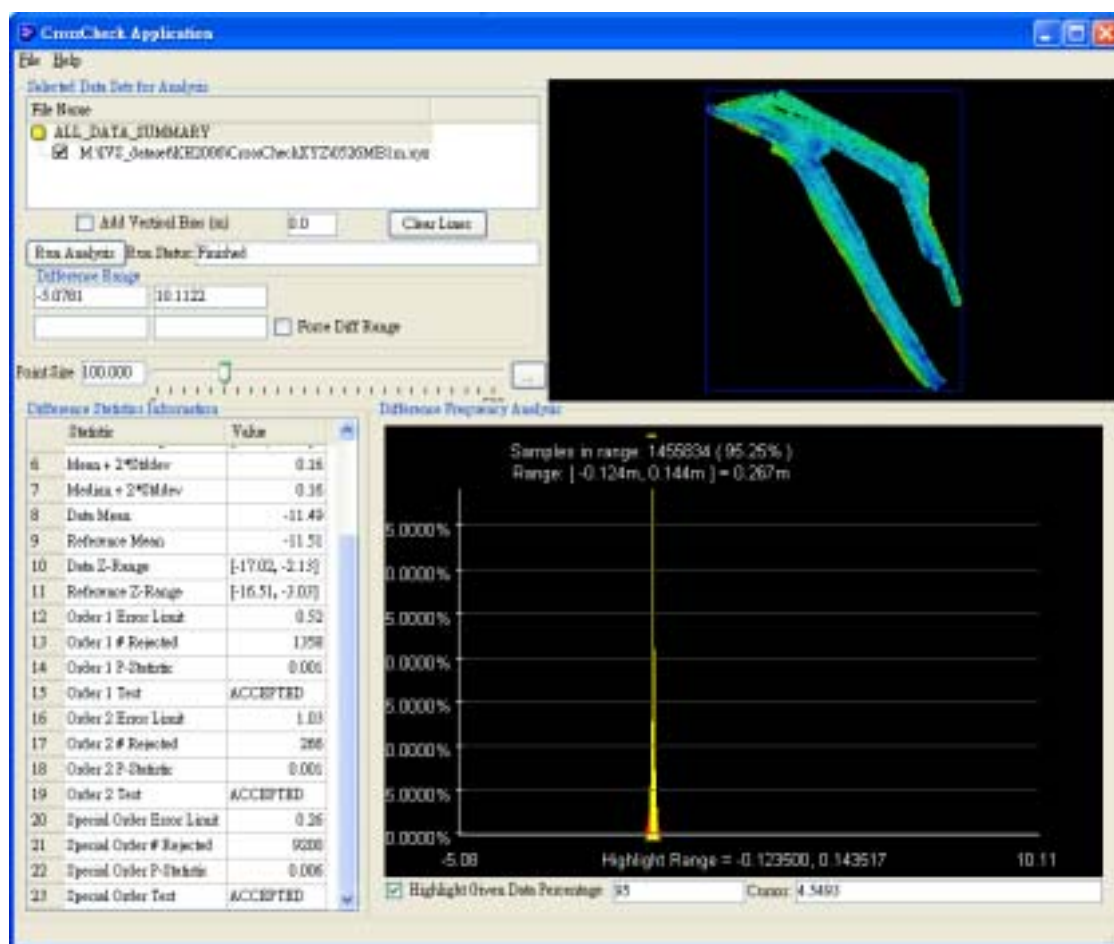


圖 18 多音束交錯檢核誤差分佈圖

3.2.2 絕對精度檢核

單音束測深及多音束測深的交錯檢驗結果均達到一等測深，可參閱表 7，其誤差分佈圖可參閱圖 19，絕對精度的檢核一般採用同等級或更高精度的測深儀檢測之。使用單音束測深比對是為了比對可能的系統性誤差，表 7 中『誤差平均值』約 19 公分，可能為系統性的常差，也可能是因港區地形變化劇烈，測深足印大小本身的誤差，原則上多音束測深的精度高於單音束測深，本次測量可能原因有許多種，必須設計不同的測試方式排除可能的因素。

表 7 單音束測深與多音束測深交錯檢驗表

日期	2006/05/26	2006/05/27	2006/05/28	全部
檢核點數	10700	10642	7813	29155
檢核點平均值	-11.51	-10.87	-11.72	-11.33
基準面平均值	-11.31	-10.73	-11.47	-11.14
誤差平均值	-0.20384	-0.14425	-0.25049	-0.19459
誤差中值	-0.20849	-0.14615	-0.23895	-0.19768
誤差標準差	0.13194	0.16825	0.16158	0.15973
檢核點水深範圍	-16.6~ -3.14	-15~ -3.66	-15.28~ -5.67	-16.6~ -3.14
基準面水深範圍	-16.5~ -3.13	-14.74~-3.61	-14.92~-5.55	-14.74~-3.13
水深差值範圍	-1.08~ 1.03	-1.45~ 1.59	-1.51~ 2.42	-1.51~ 2.42
平均值+2×標準差	0.46772	0.480751	0.573649	0.514045
中值+2×標準差	0.472366	0.482653	0.562112	0.51714
一等測深誤差極限	0.5	0.5	0.51	0.52

二等測深誤差極限	1	1	1.01	1.03
特等測深誤差極限	0.25	0.25	0.25	0.26
一等測深 P 統計	0.014	0.024	0.049	0.027
二等測深 P 統計	0	0.001	0.003	0.001
特等測深 P 統計	0.327	0.225	0.449	0.322
未達一等測深點數	148	251	386	785
未達二等測深點數	3	8	20	31
未達特等測深點數	3494	2399	3508	9401
符合一等測深?	Yes	Yes	No	Yes
符合二等測深?	Yes	Yes	Yes	Yes
符合特等測深?	No	No	No	No

單位：公尺

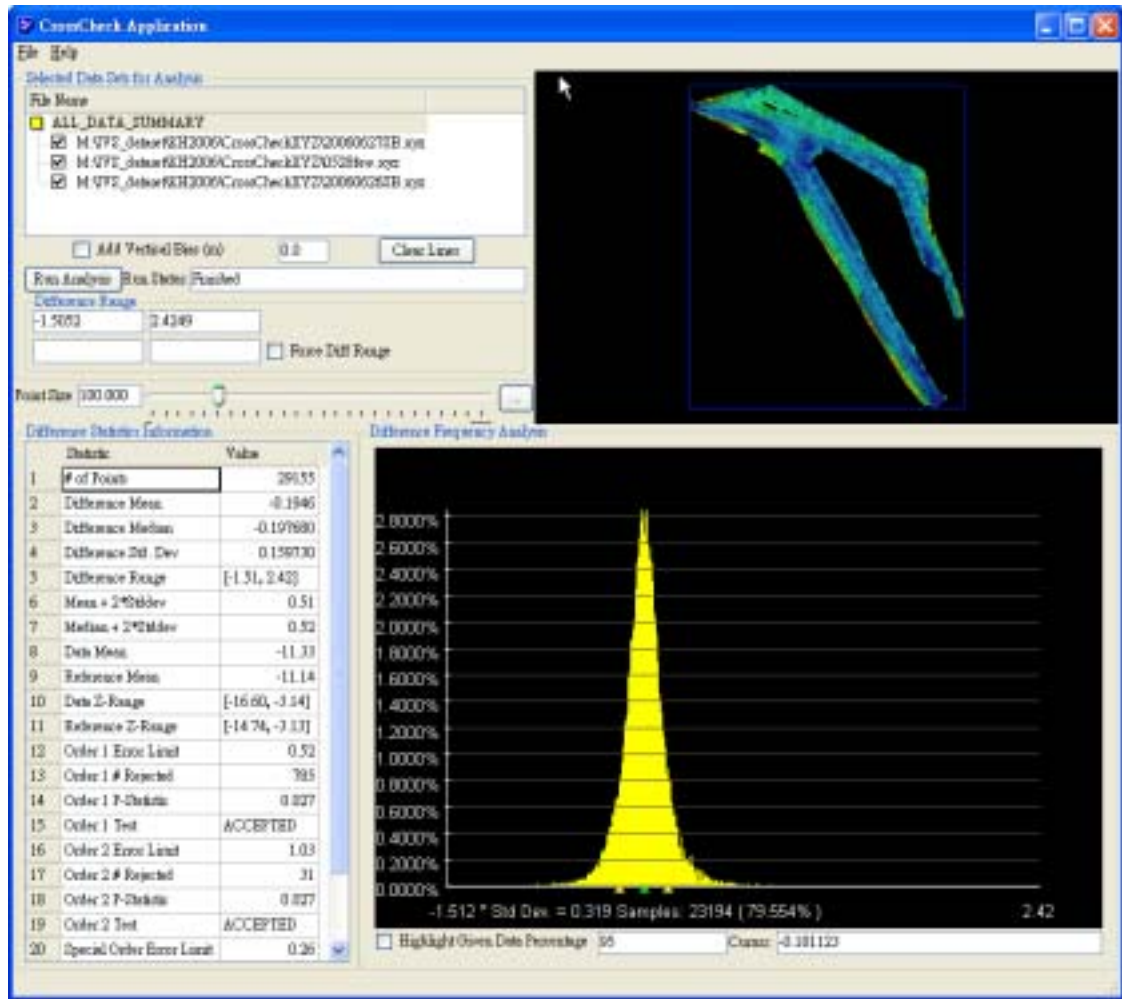


圖 19 東及多音東交錯檢核誤差分佈圖

3.3 二次多音束測深成果比較

第一次多音束測深日期自 94 年 3 月 15 日至 3 月 18 日，第二次自 95 年 5 月 26 日至 5 月 28 日。由於二次測量期間高雄港曾經疏浚，可參閱圖 20 至圖 22，由圖中發現二個疏浚區域，在計算回淤率時應扣除之。

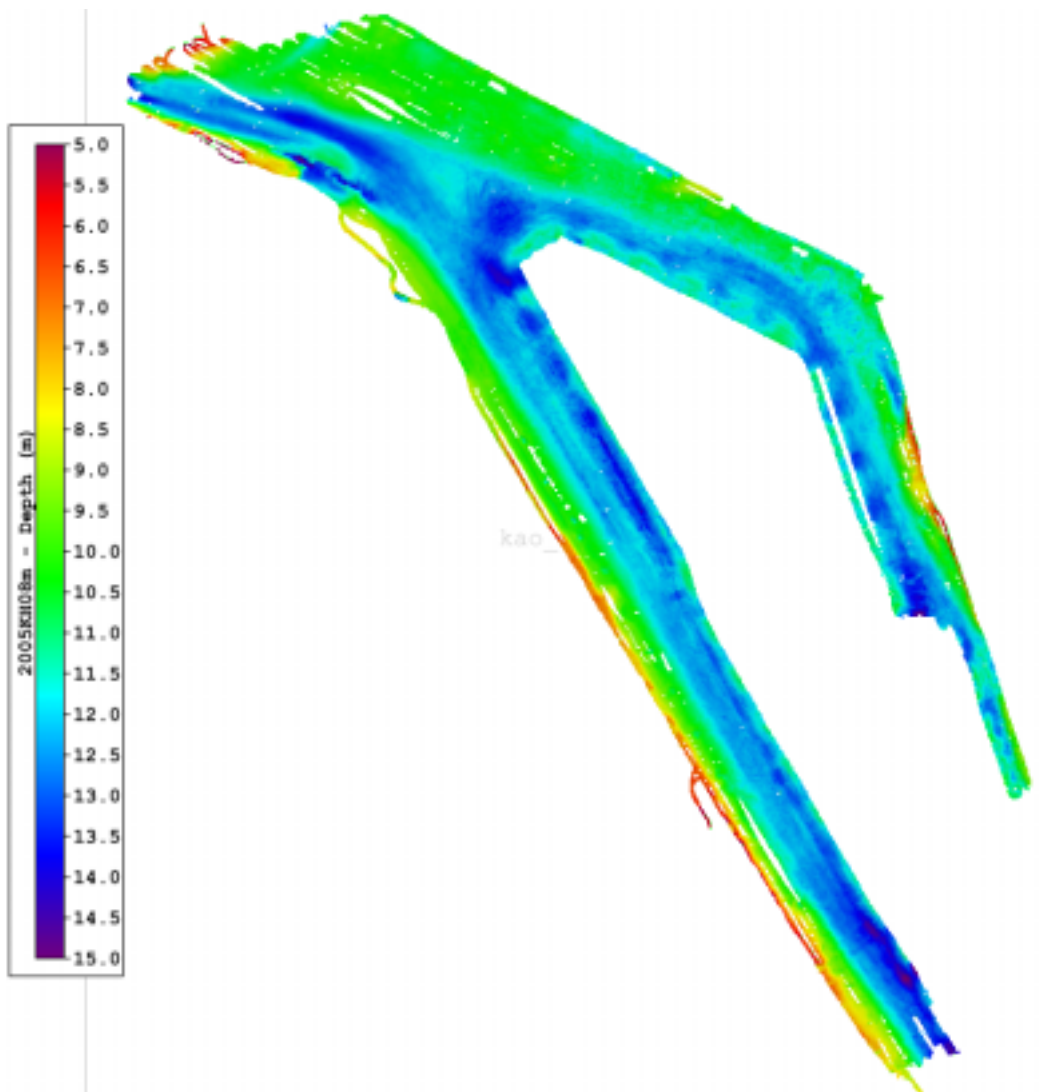


圖 20 第一次多音束示範測深成果

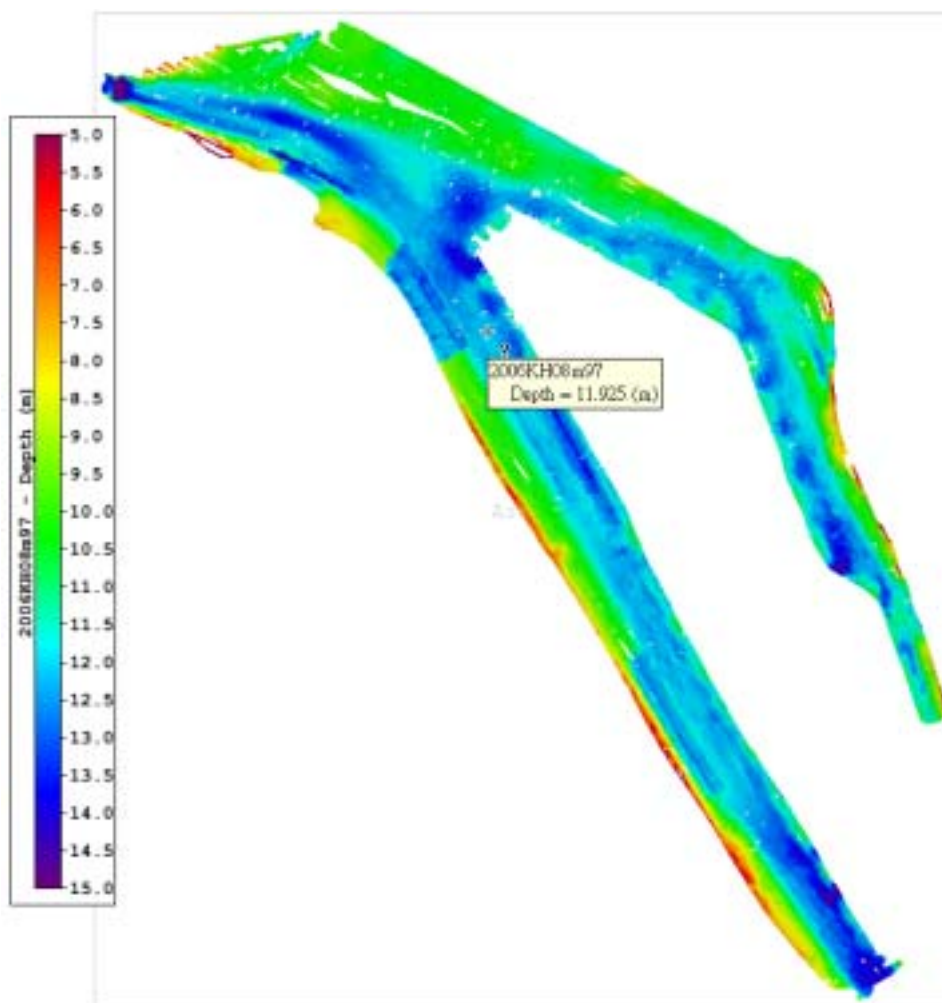


圖 21 第二次多音束示範測深成果

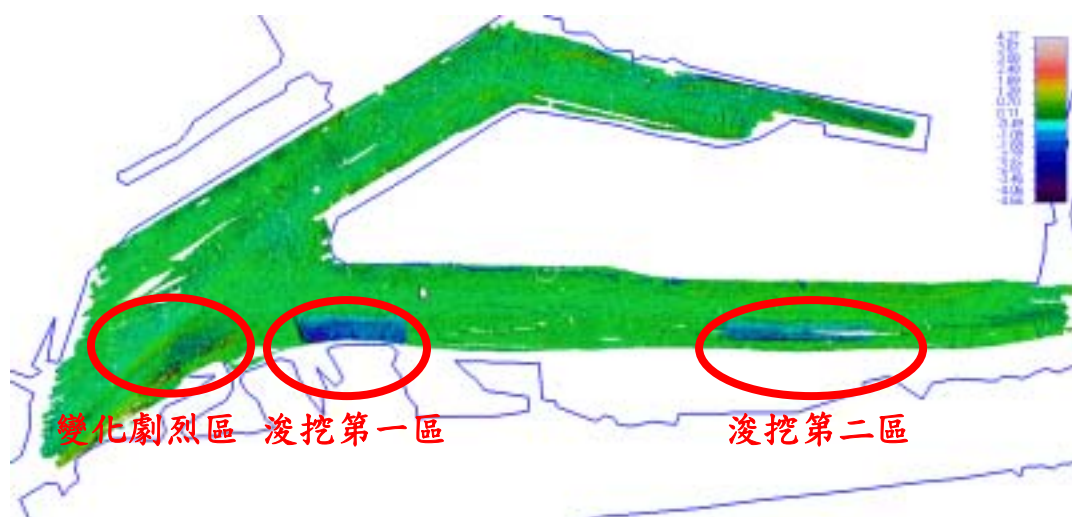


圖 22 水深變化色階圖

3.3.1 水深變化量及回淤率比較

計算全區回淤率時發現有二個區域浚挖過，大部份的區域變化量，都在 ± 1 公尺可參照圖 22 綠色部份，有二個區域的水深變化量超過二公尺且該區域呈現規則形狀(藍色部份)，研判為疏浚的水域，因此分別計算其水深變化量，可參閱表 8。浚挖第一區水深變化量可參照圖 23，平均約挖了 2 公尺，浚挖第二區水深變化量可參閱圖 24，平均約挖了 1 公尺，全區(不含浚挖區)水深變化量可參閱圖 25，水深平均約減少 9 公分。另外沿著第一港口南堤進入港區的水深的變化劇烈，可參照圖 26，其原因值得與港務局討論此區地形變化的特殊性。

表 8 水深變化量比較表

	浚挖第一區	浚挖第二區	全區(不含浚挖區)	全 區
體積(+)	310.581	1837.256	477984.062	479932.938
體積(-)	-132020.328	-79848.602	-212354.844	-423537.438
總體積	-131709.747	-78011.345	265629.219	56395.500
面積(+)	1486.091	8759.939	1928343.750	1938847.50
面積(-)	64829.234	59145.625	834341.188	956043.688
總面積	66315.325	67905.564	2762684.938	2894891.188
平均	-1.962	-1.120	0.093	0.019
中值	-2.167	-1.131	0.122	0.111
標準差	0.814	0.828	0.334	0.511
差值範圍	-4.172592~ 0.429590	-3.393909~ 0.793662	-4.644242~ 4.266013	-4.644242~ 4.266013

單位：公尺 面積：平方公尺 體積：立方公尺



圖 23 浚挖第一區水深變化色階圖

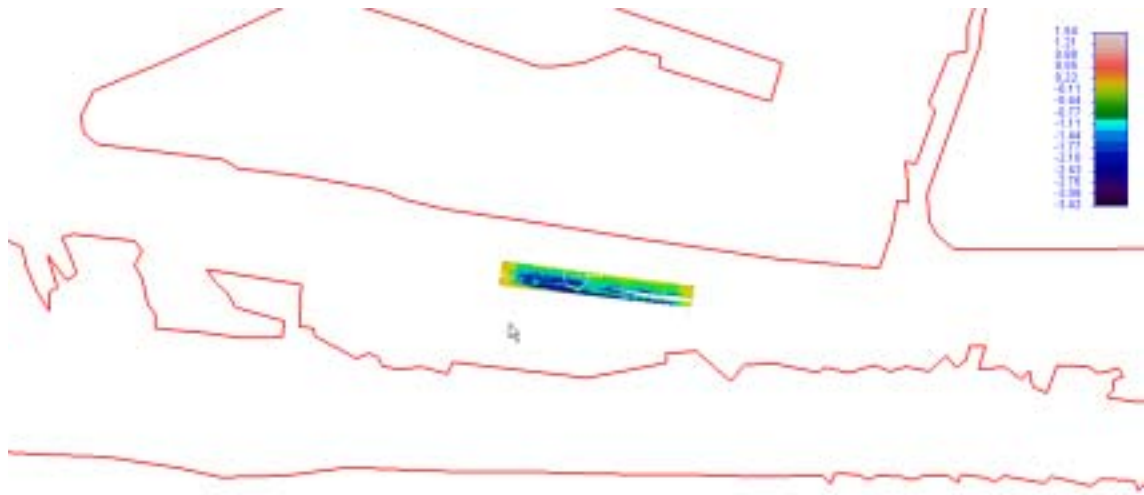


圖 24 浚挖第二區水深變化色階圖

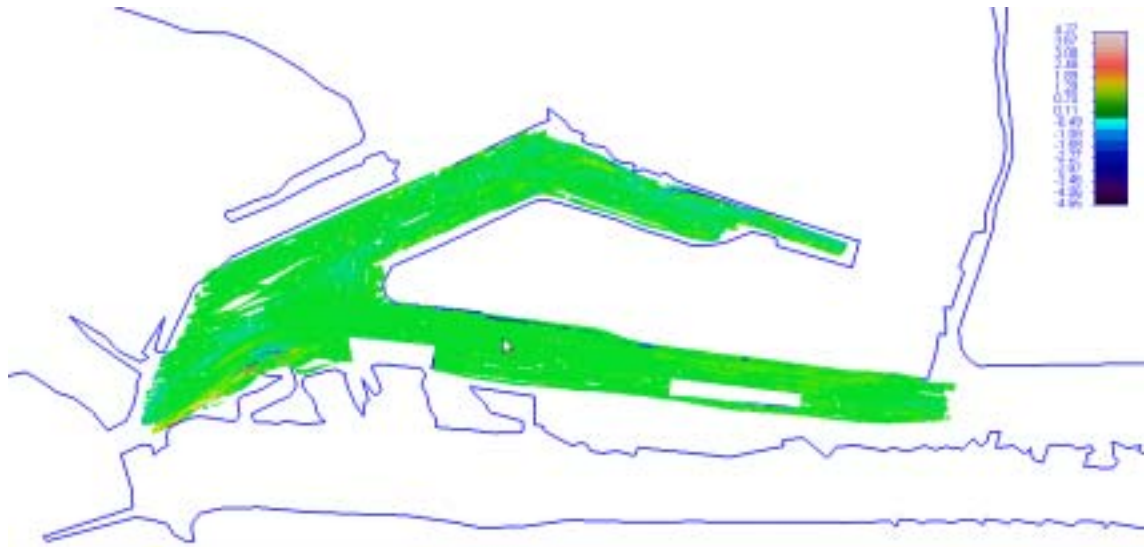


圖 25 全區(不含浚挖區)水深變化色階圖

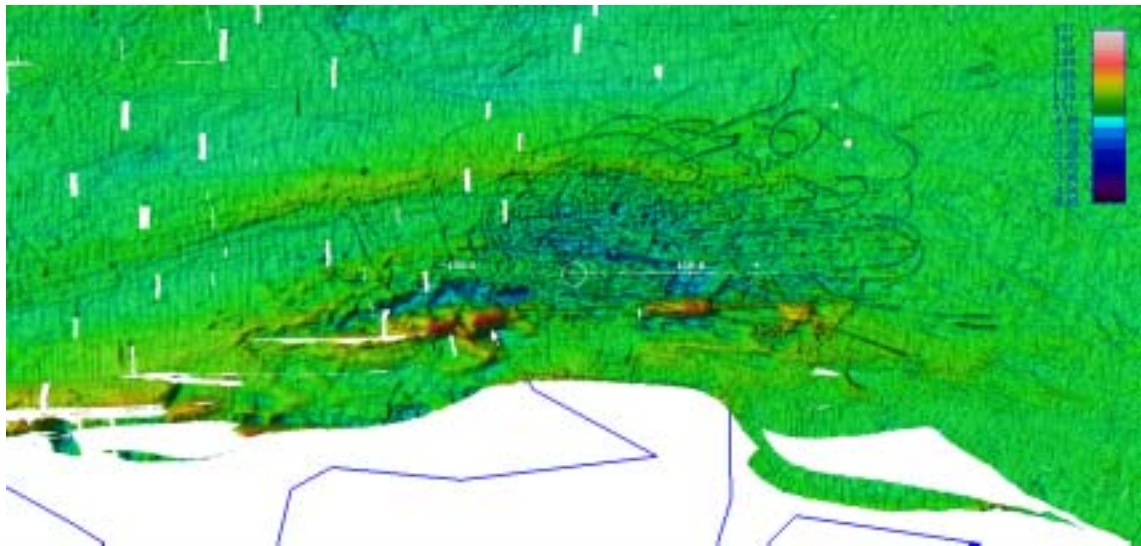


圖 26 水深變化劇烈區域色階圖

3.3.2 剖面比較

本研究建議將測區分為 40 條剖面比較，可參閱圖 27。前後二年測區剖面比較可參閱圖 28 至圖 67。其中剖面 08 及 09 通過浚挖第一區，剖面 33、34 及 35 通過浚挖第二區，剖面變化較大，其他地區剖面大多呈現平滑的變化。



圖 27 剖面分佈圖

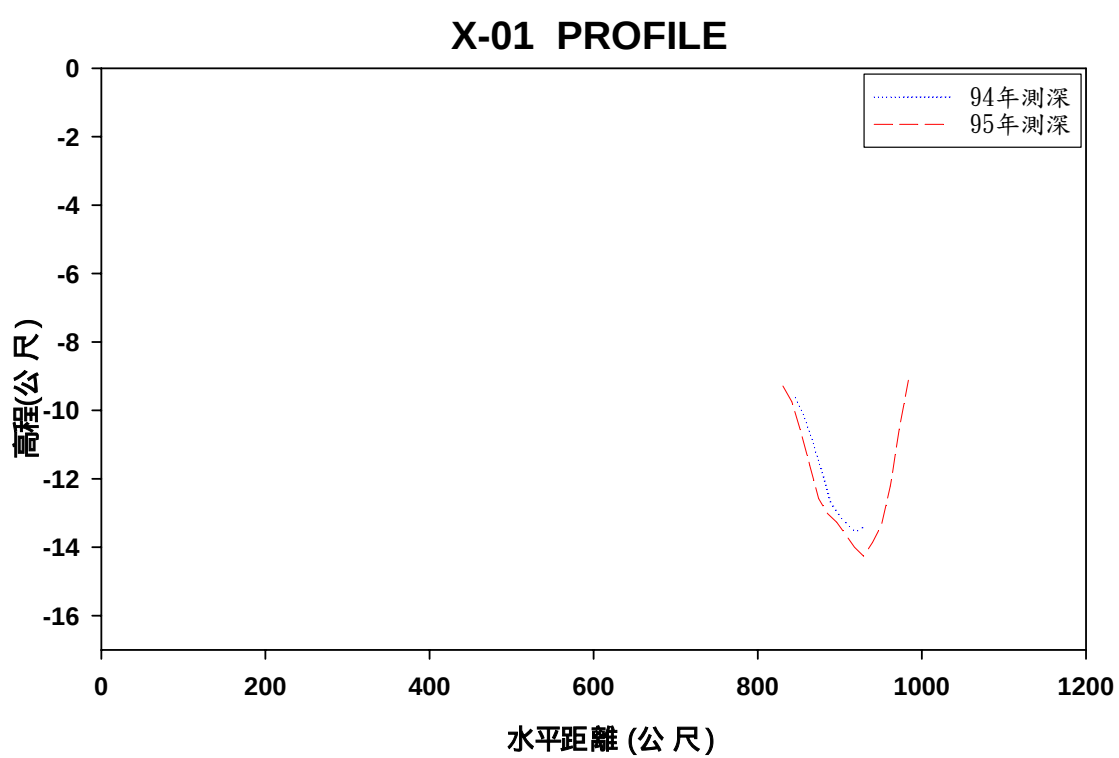


圖 28 多音束測剖面圖 01

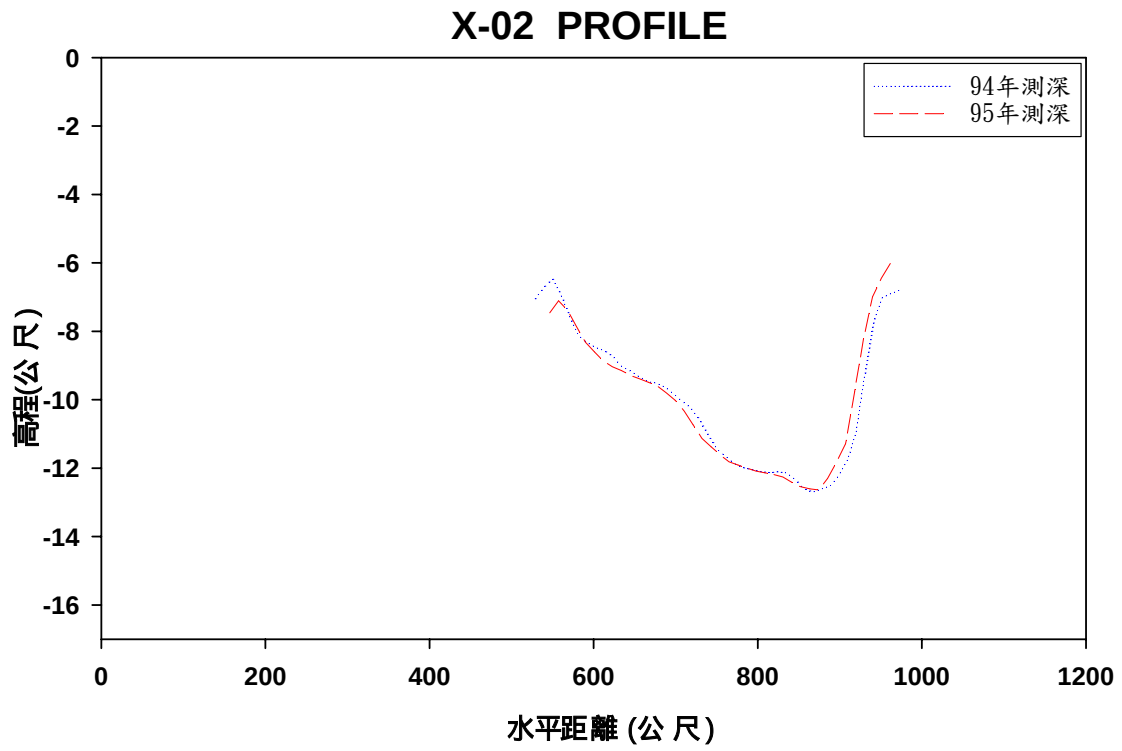


圖 29 多音束測剖面圖 02

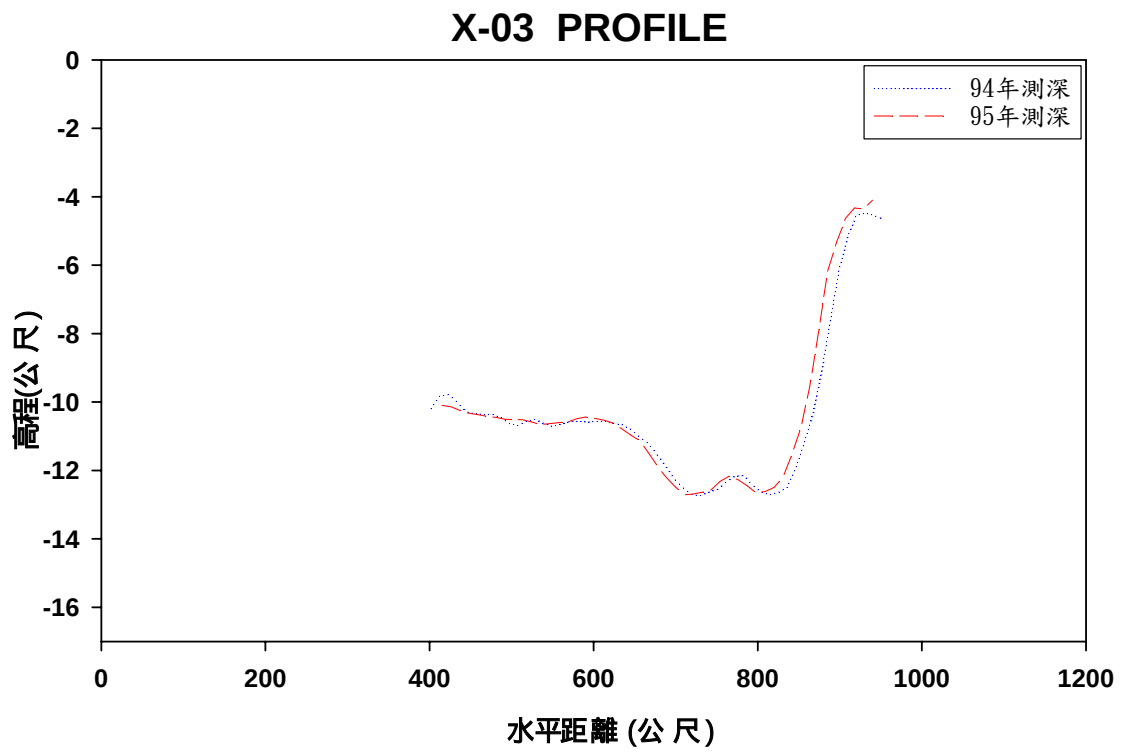


圖 30 多音束測剖面圖 03

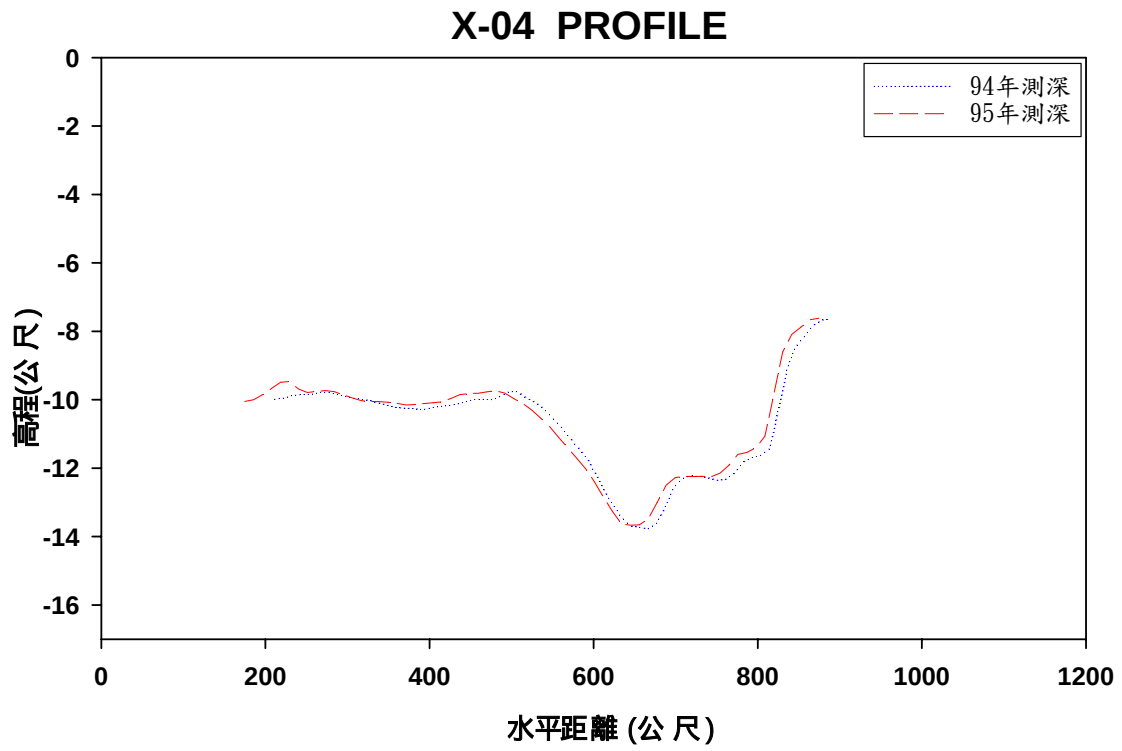


圖 31 多音束測剖面圖 04

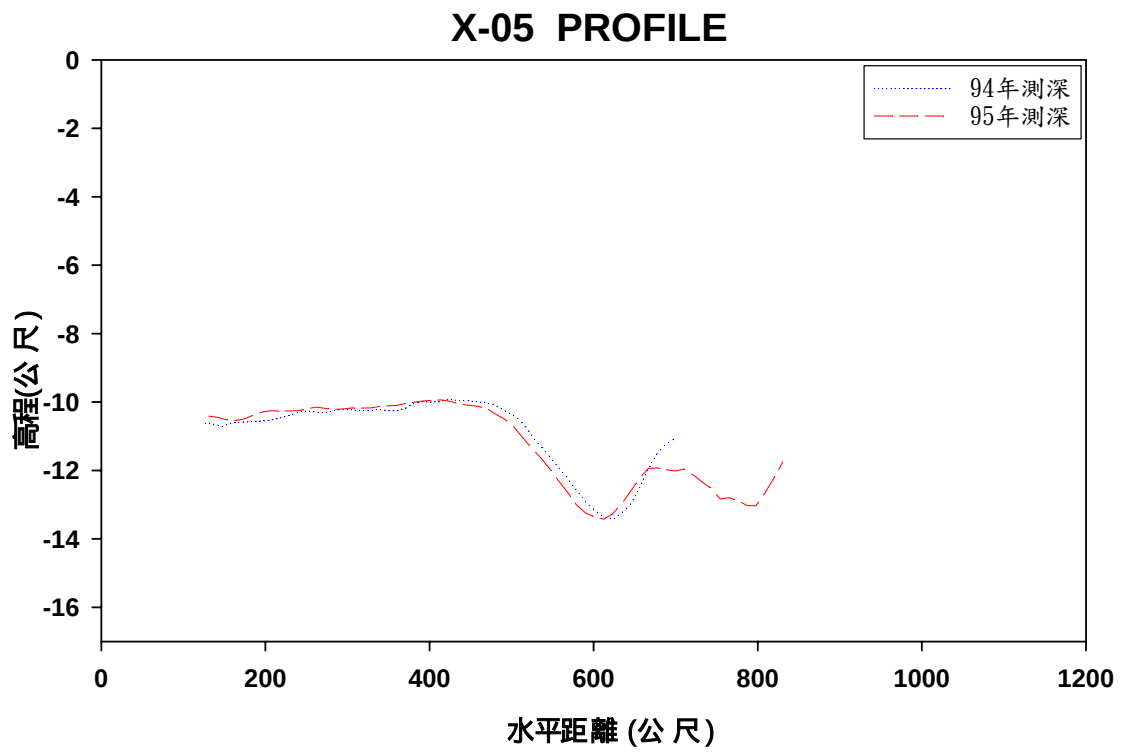


圖 32 多音束測剖面圖 05

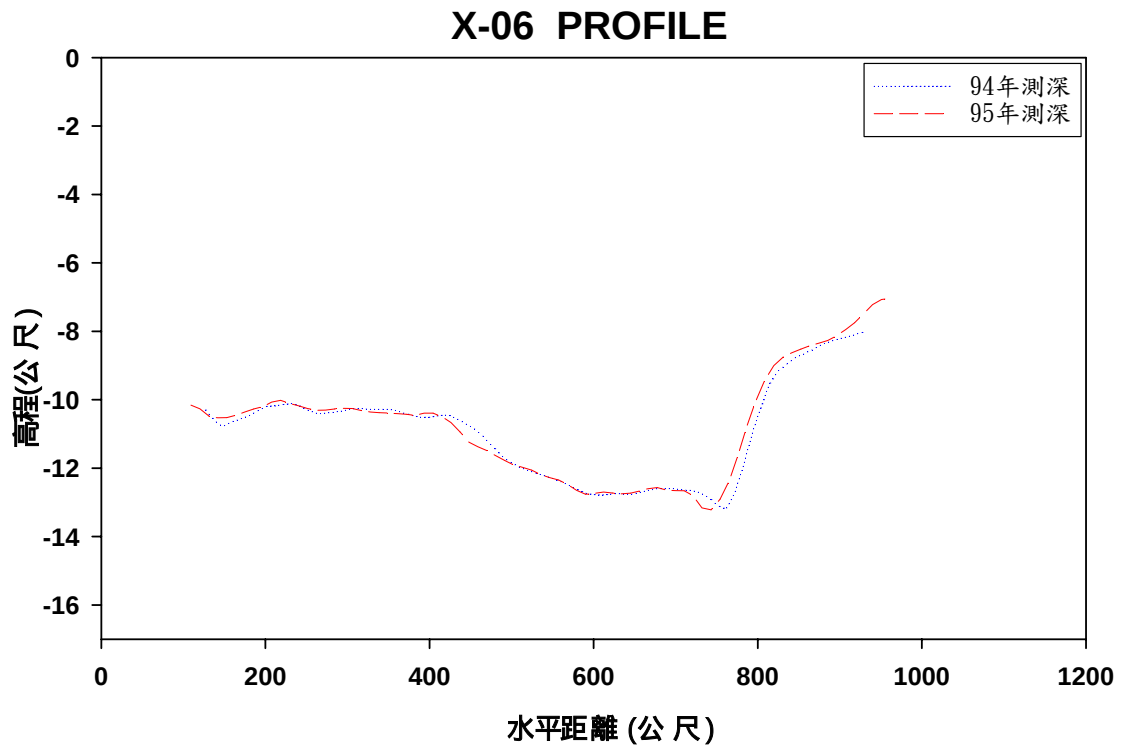


圖 33 多音束測剖面圖 06

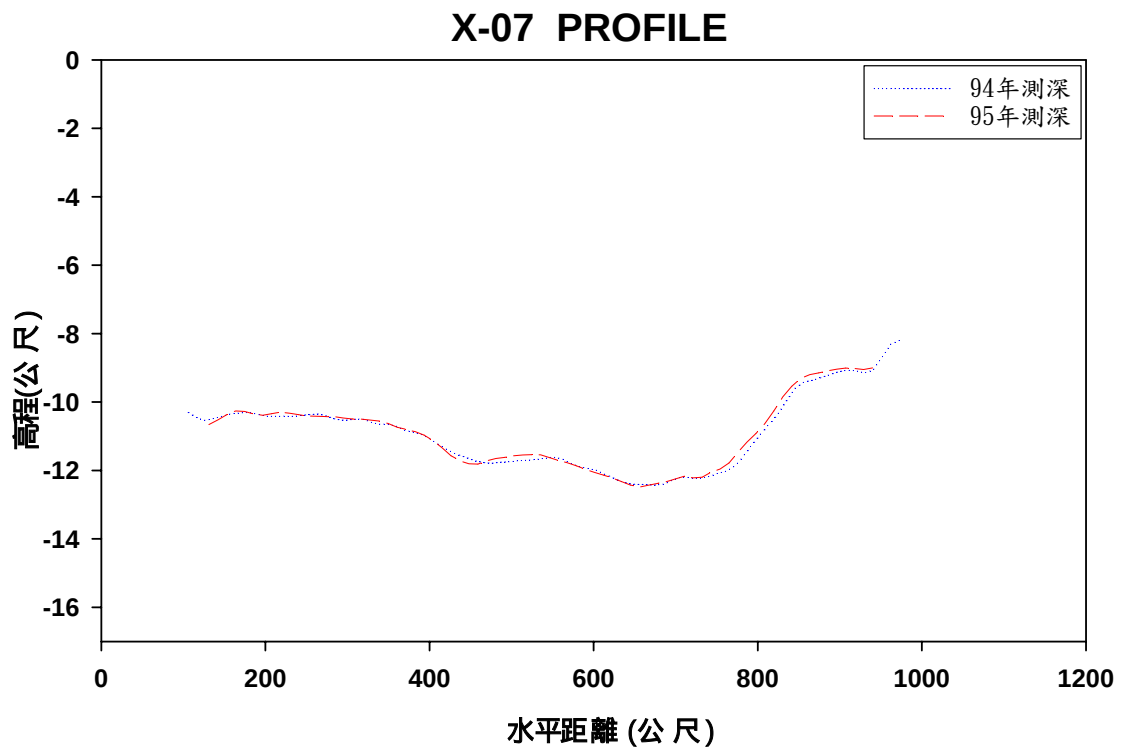


圖 34 多音束測剖面圖 07

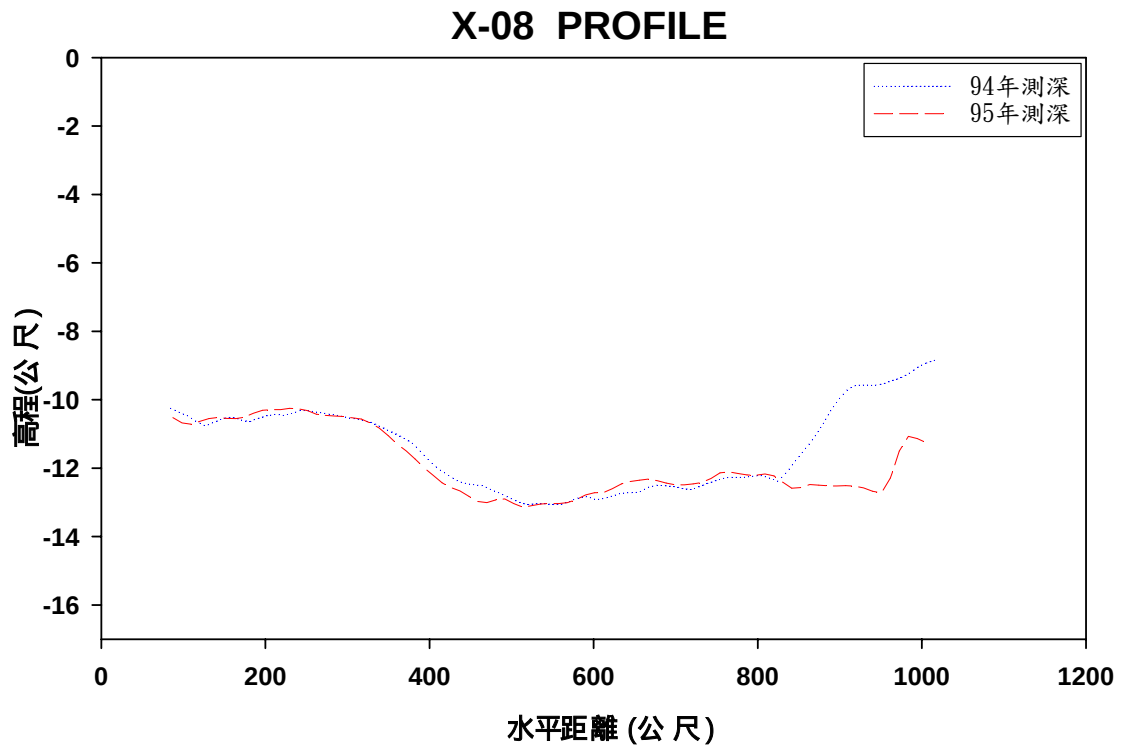


圖 35 多音束測剖面圖 08

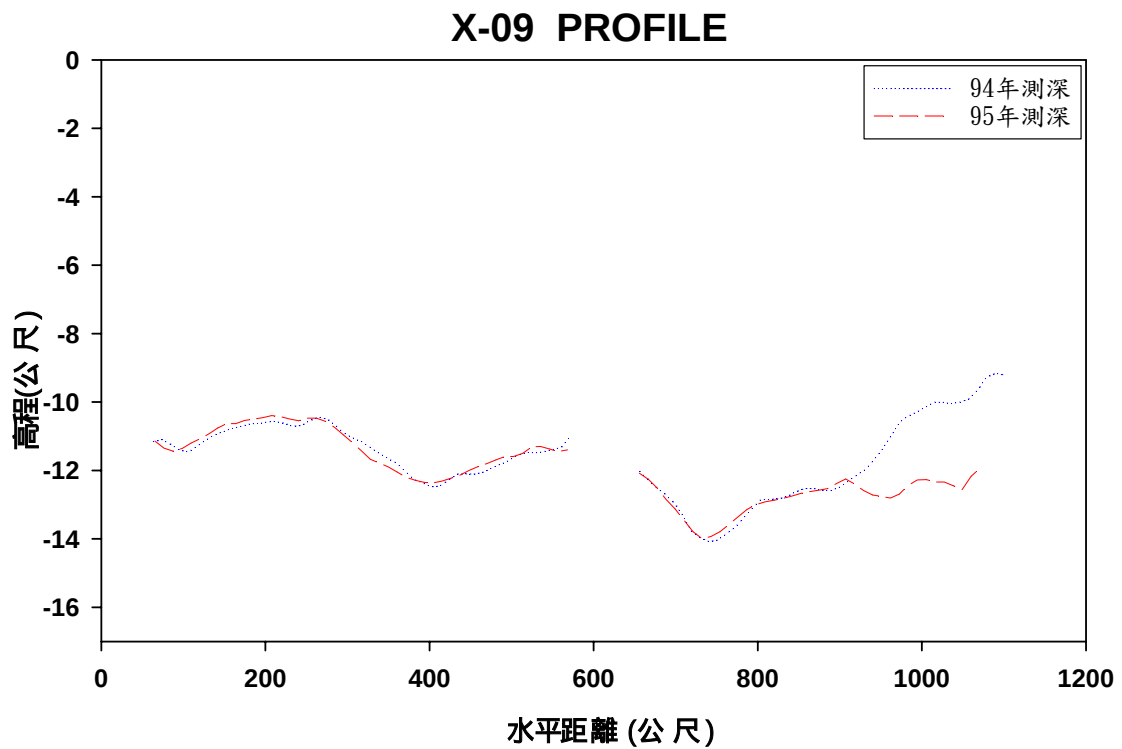


圖 36 多音束測剖面圖 09

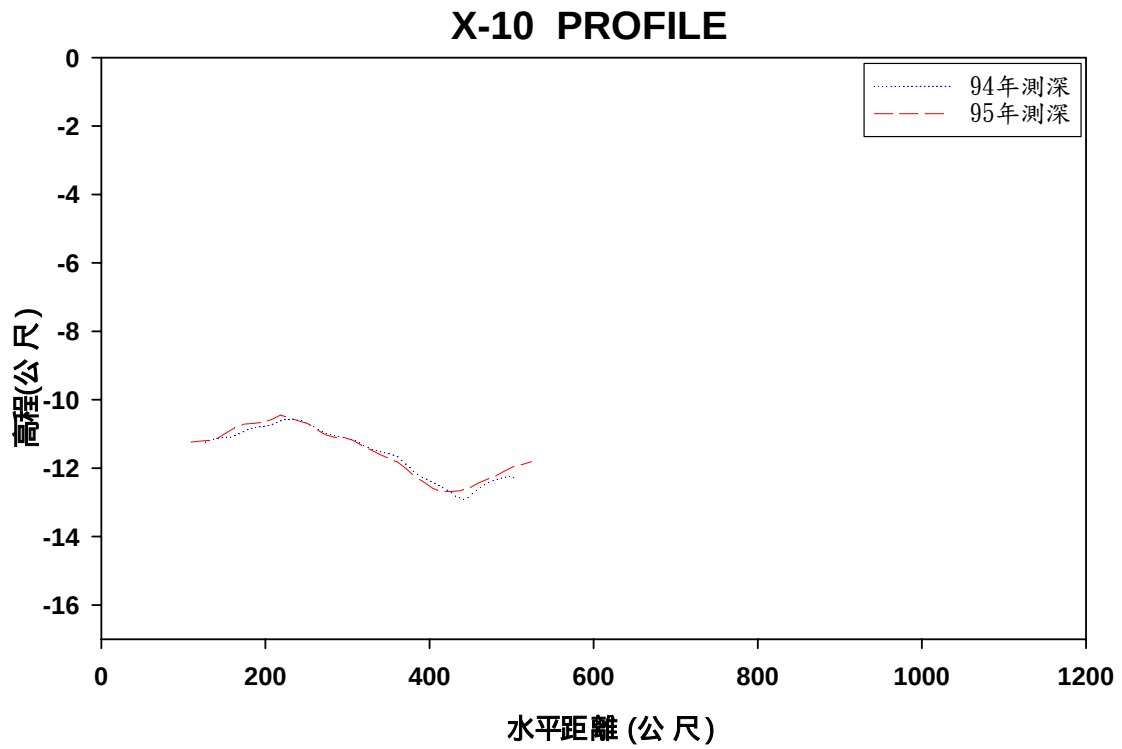


圖 37 多音束測剖面圖 10

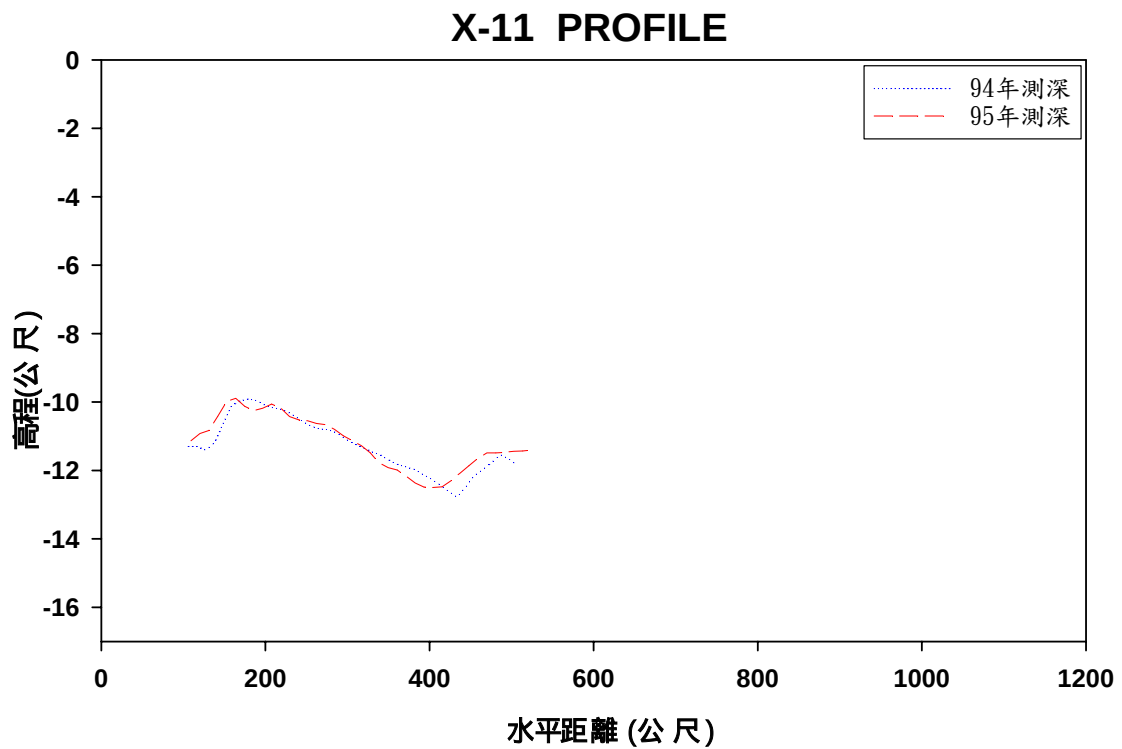


圖 38 多音束測剖面圖 11

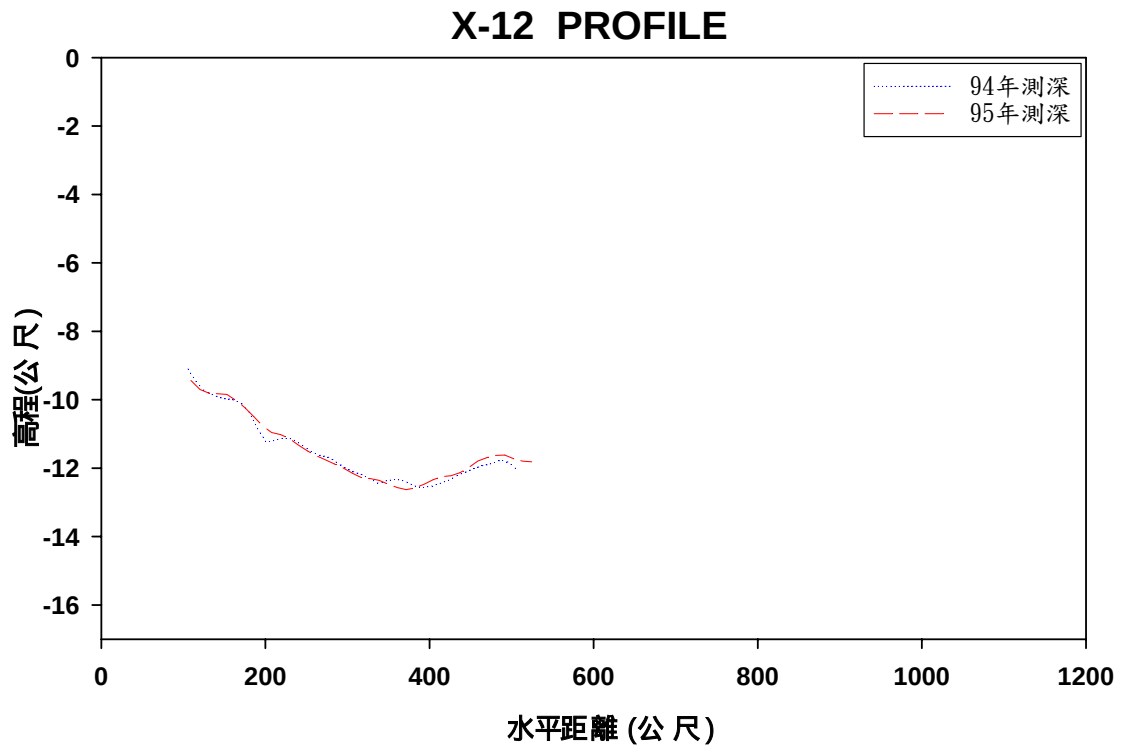


圖 39 多音束測剖面圖 12

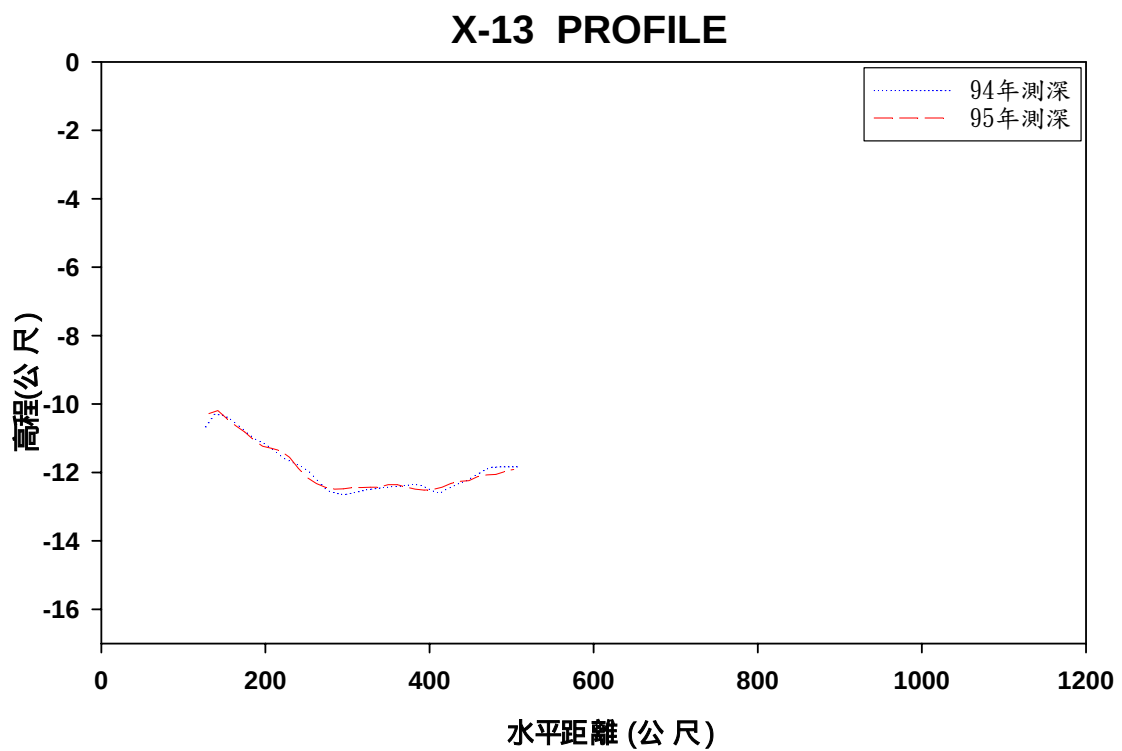


圖 40 多音束測剖面圖 13

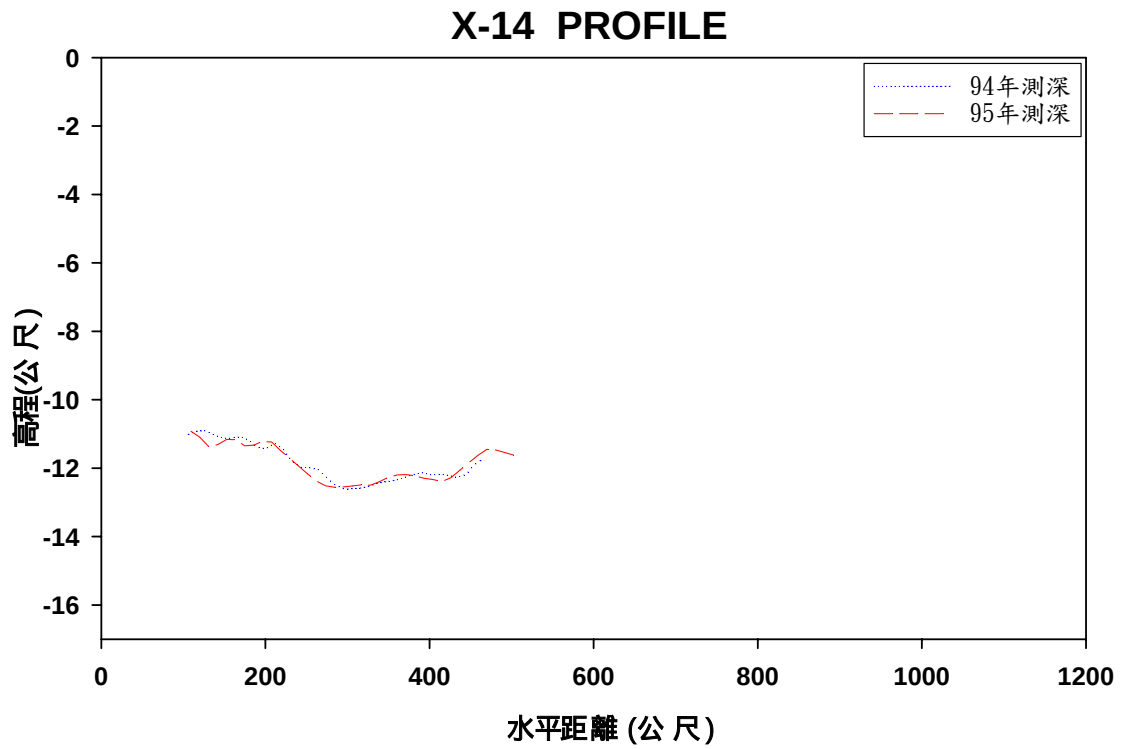


圖 41 多音束測剖面圖 14

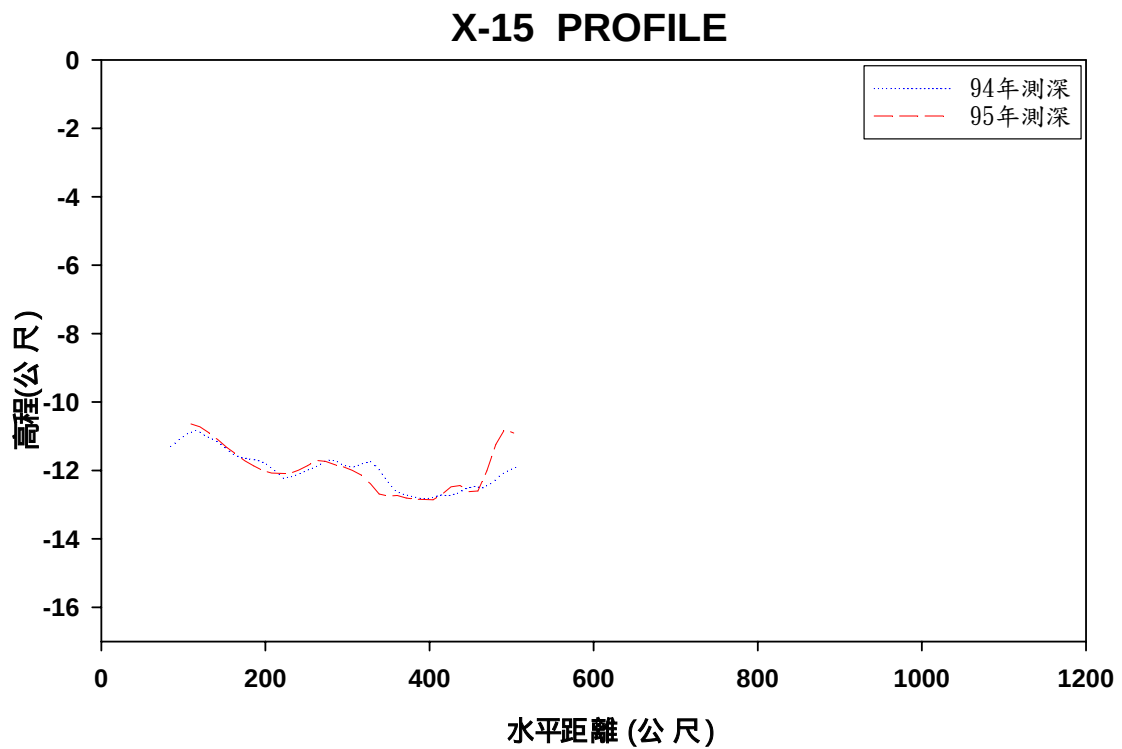


圖 42 多音束測剖面圖 15

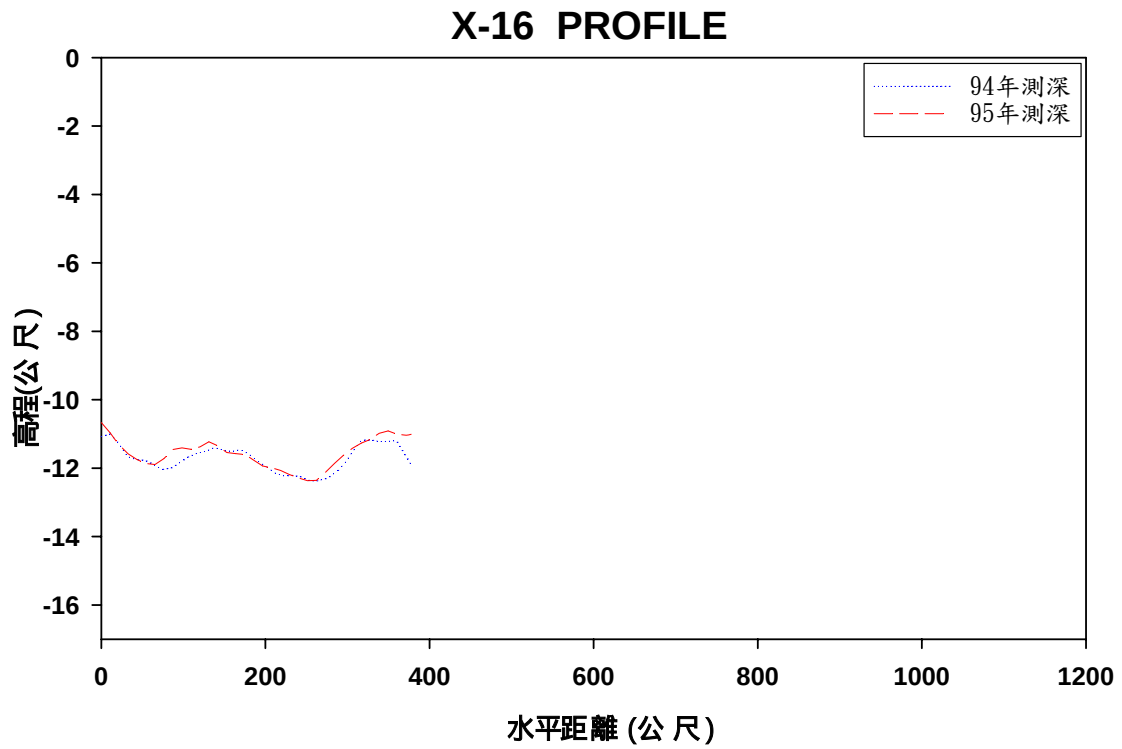


圖 43 多音束測剖面圖 16

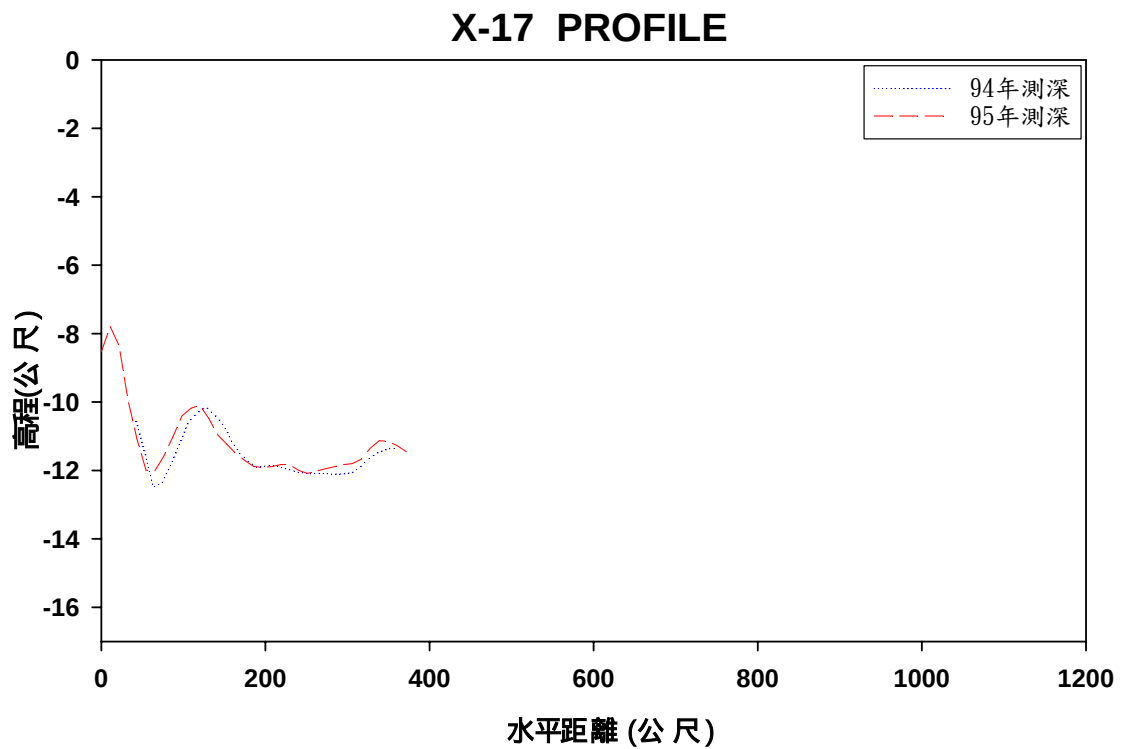


圖 44 多音束測剖面圖 17

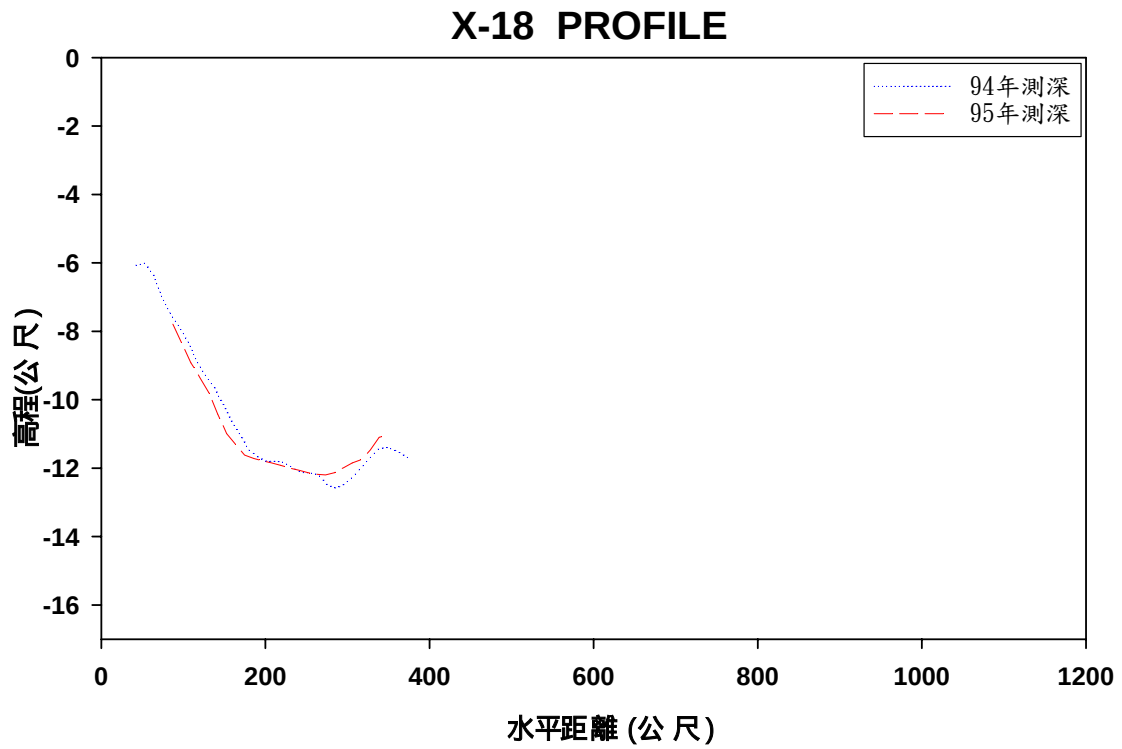


圖 45 多音束測剖面圖 18

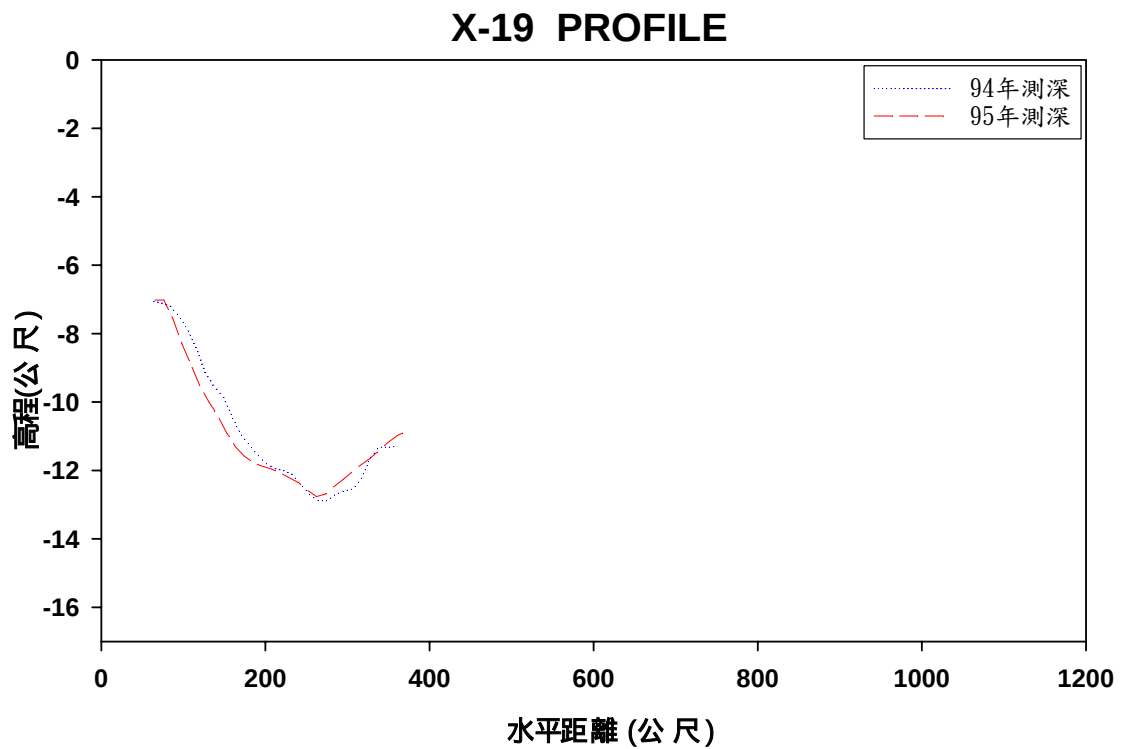


圖 46 多音束測剖面圖 19

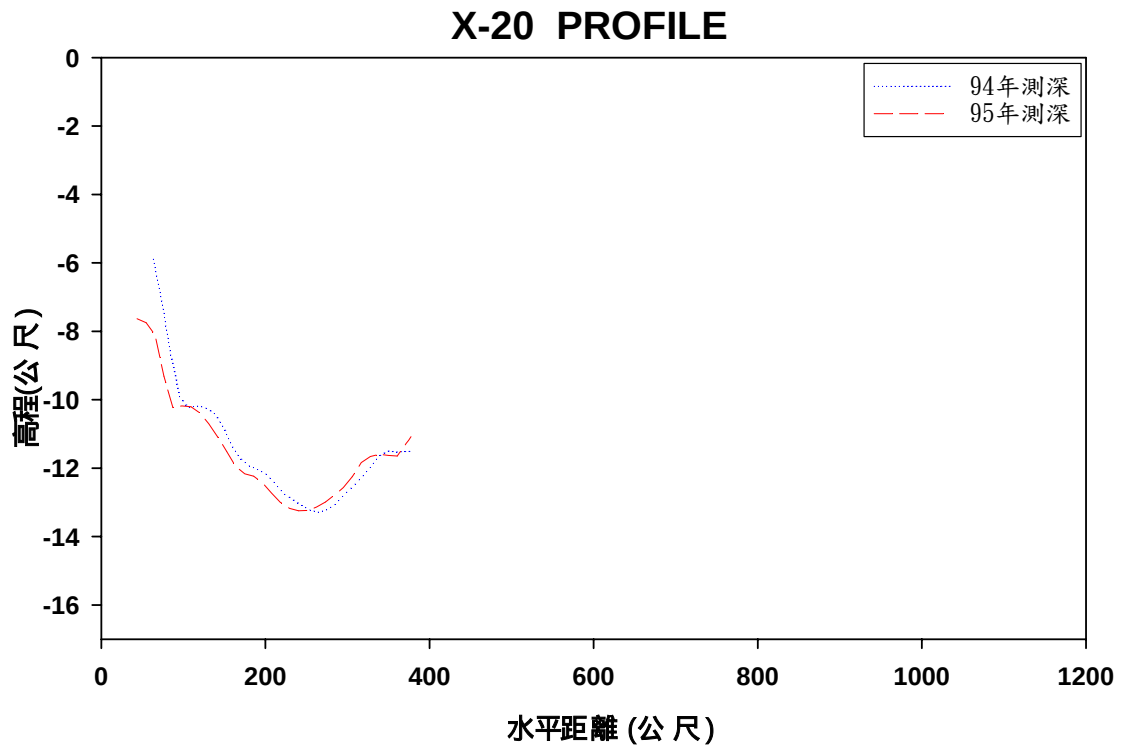


圖 47 多音束測剖面圖 20

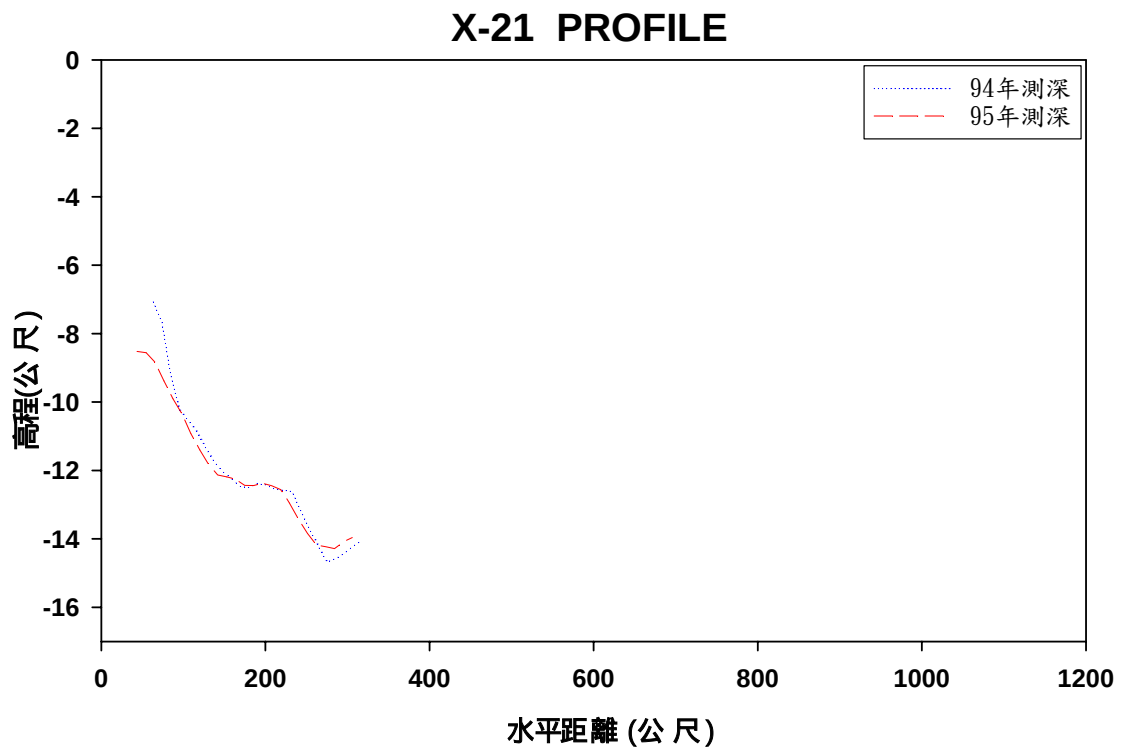


圖 48 多音束測剖面圖 21

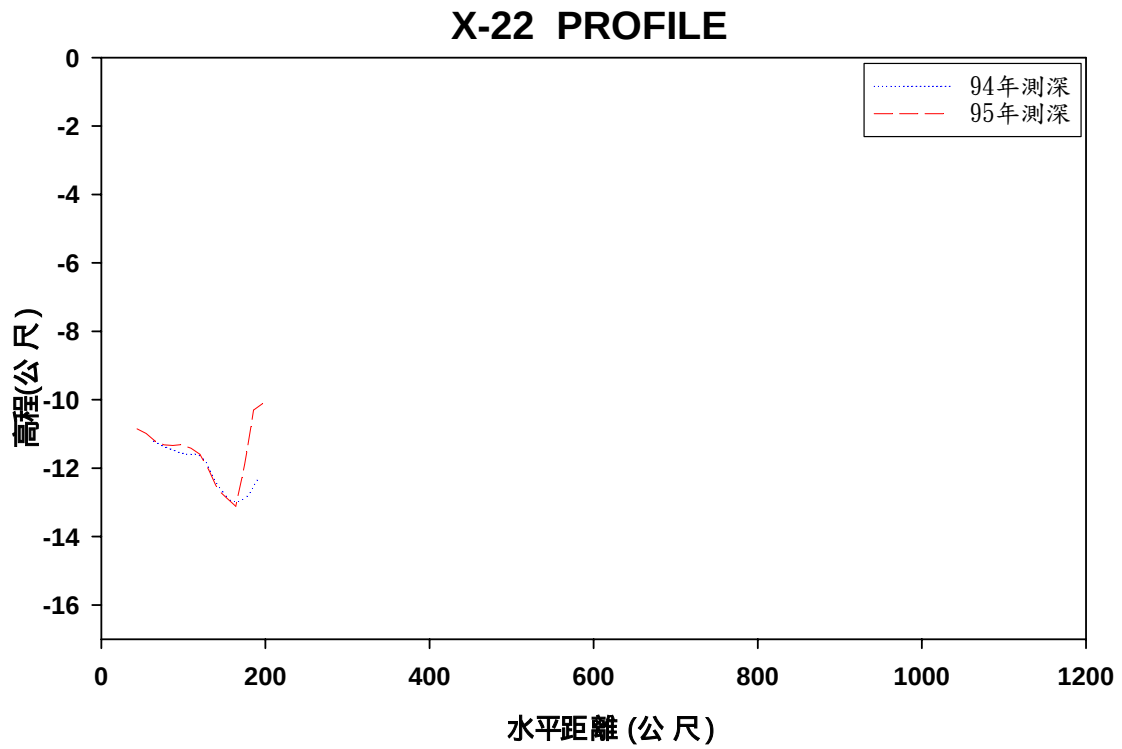


圖 49 多音束測剖面圖 22

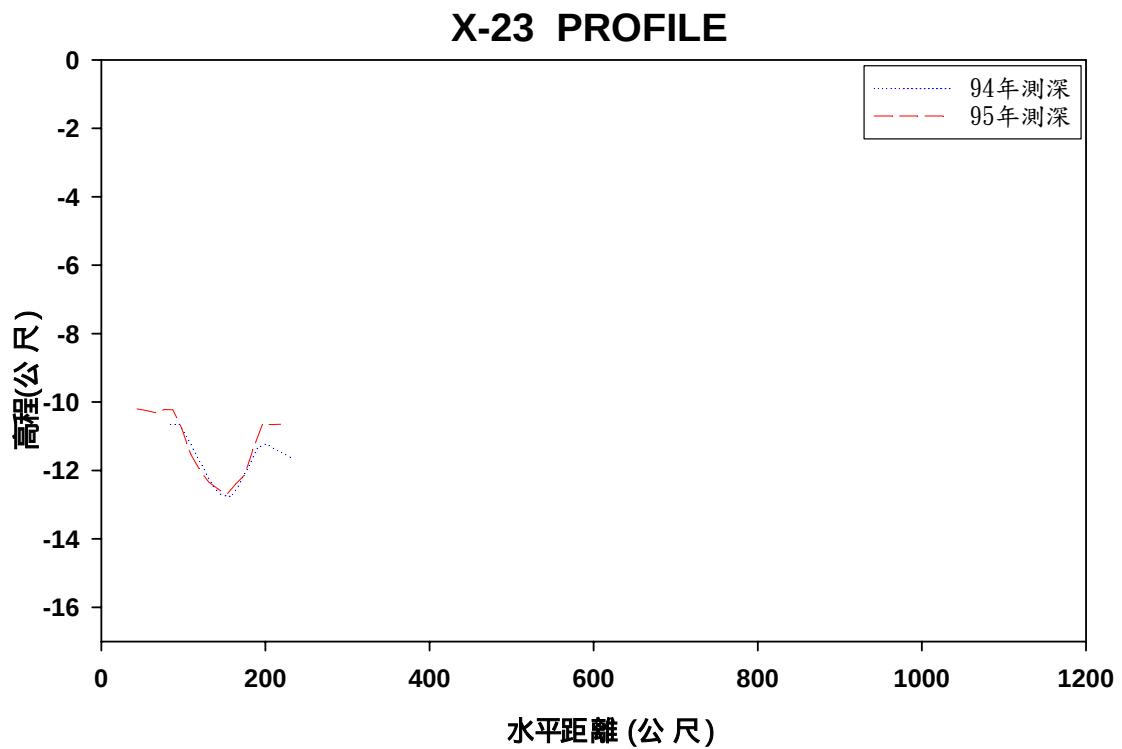


圖 50 多音束測剖面圖 23

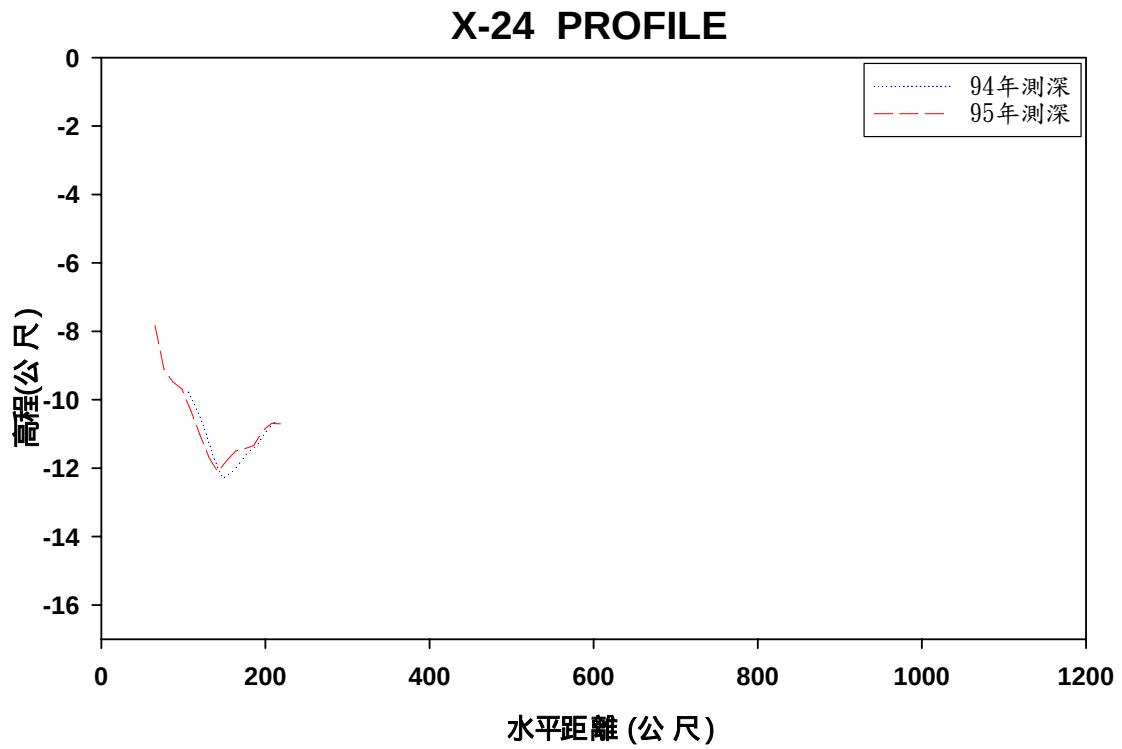


圖 51 多音束測剖面圖 24

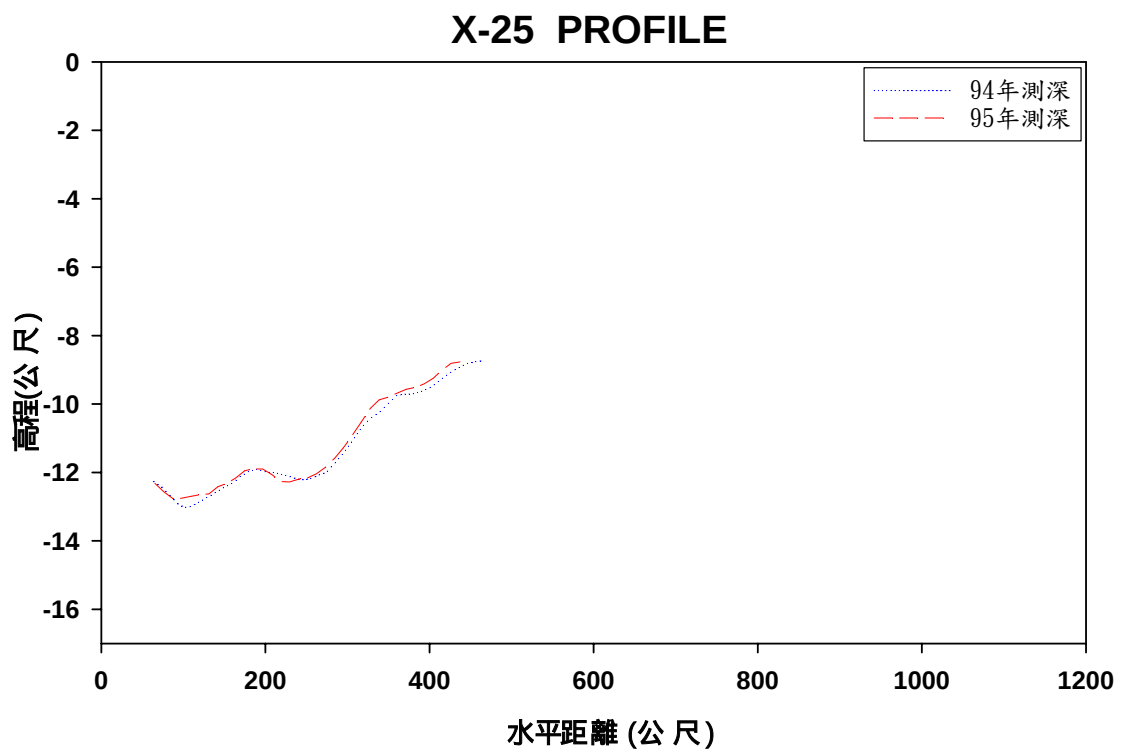


圖 52 多音束測剖面圖 25

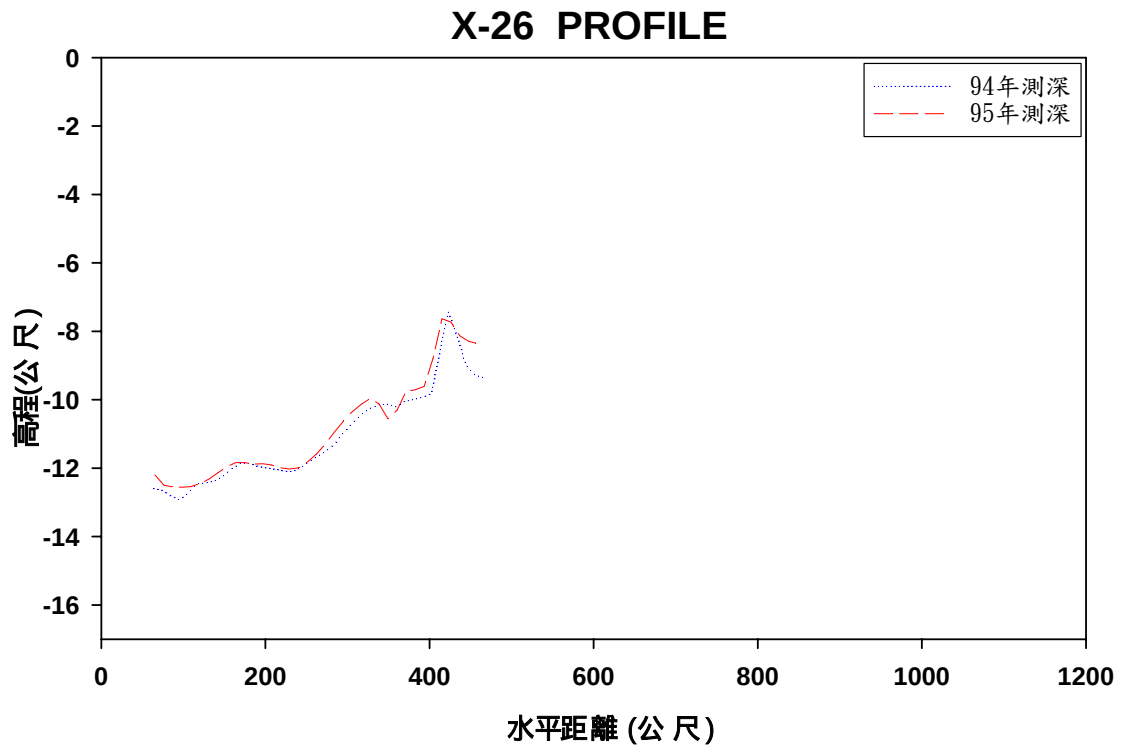


圖 53 多音束測剖面圖 26

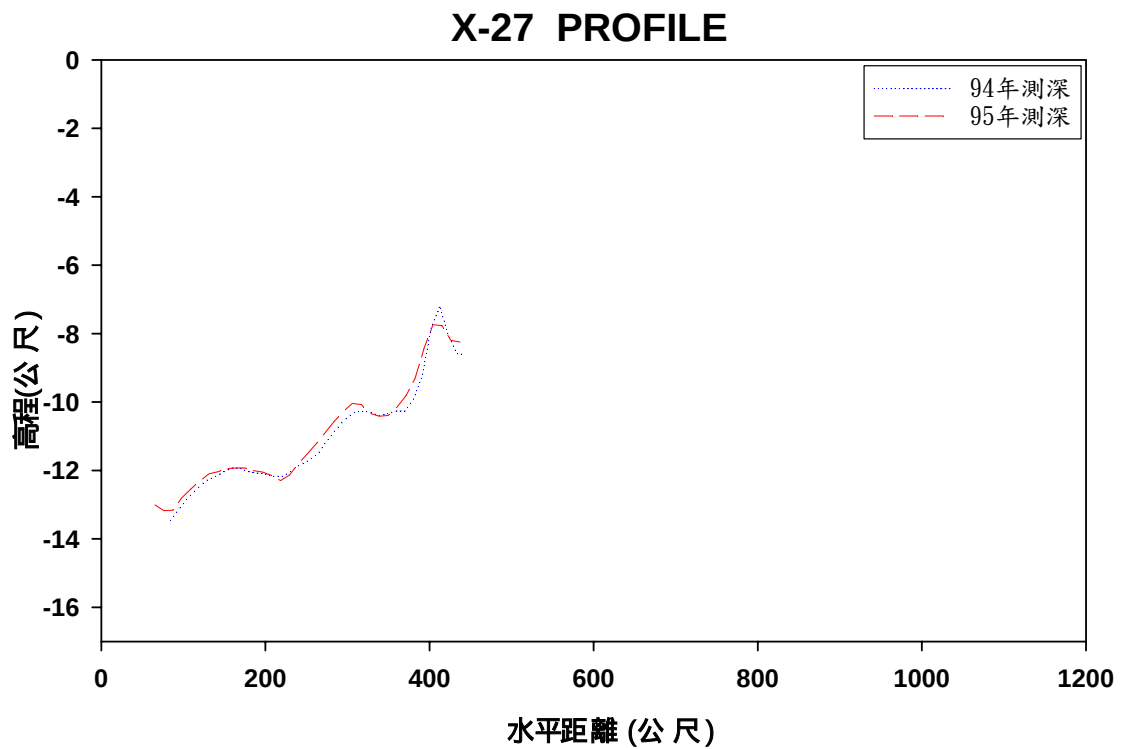


圖 54 多音束測剖面圖 27

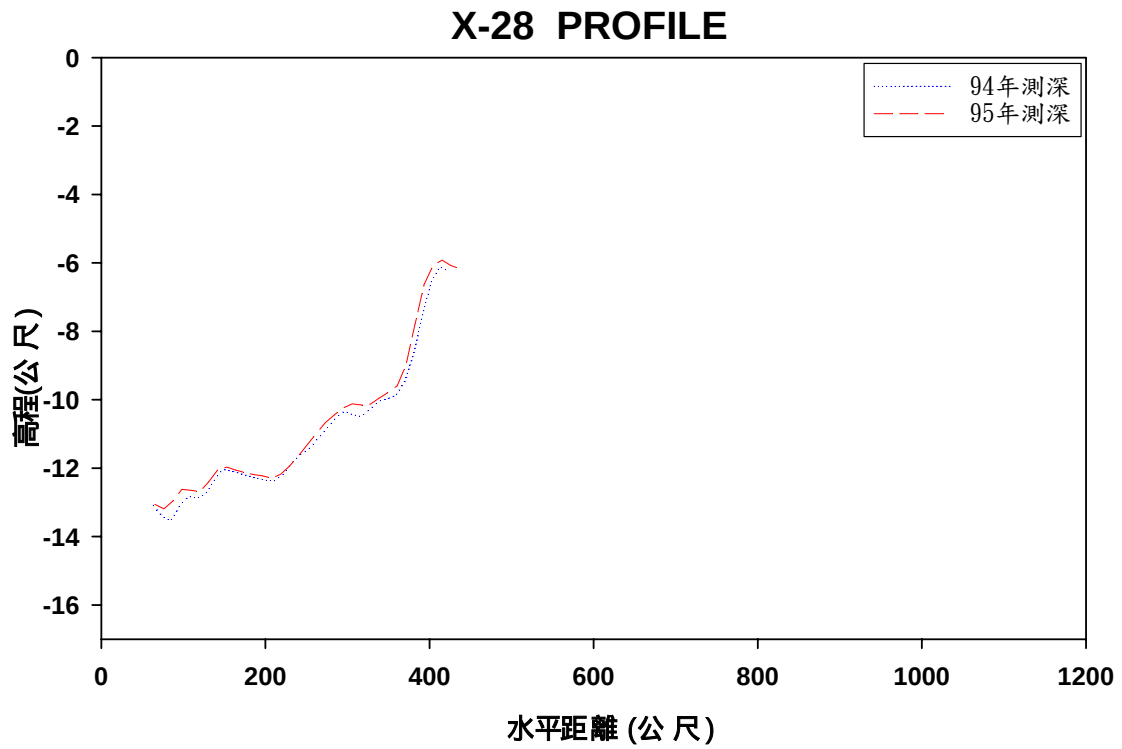


圖 55 多音束測剖面圖 28

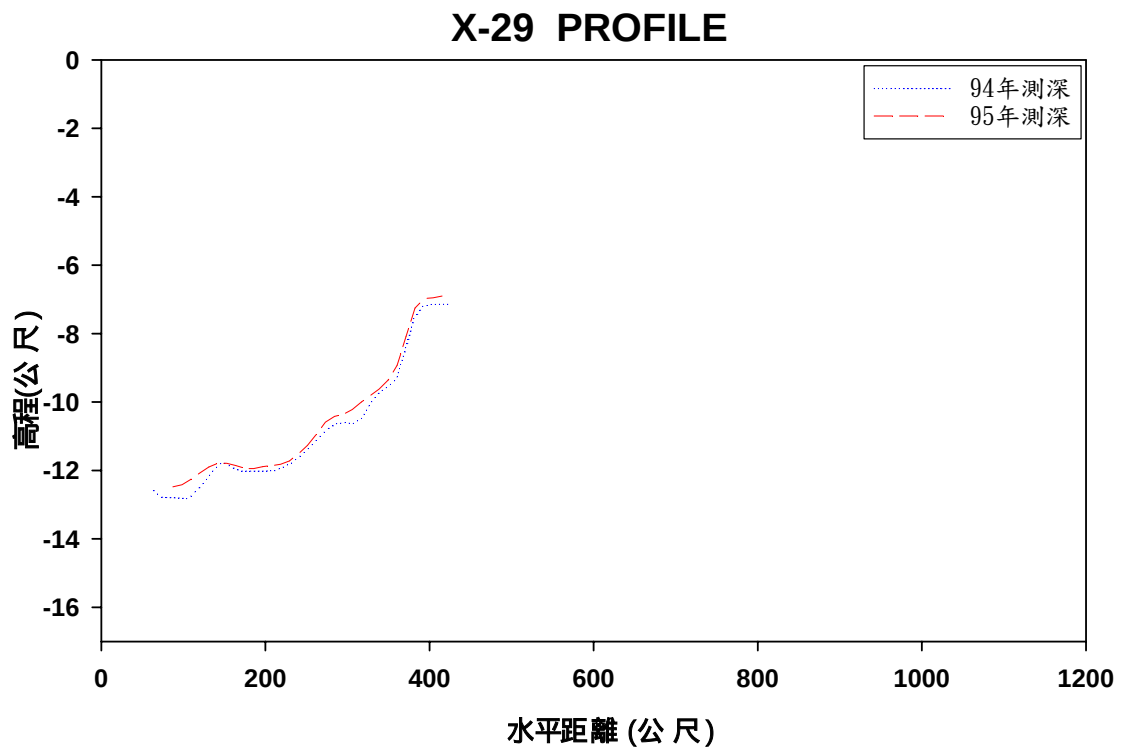


圖 56 多音束測剖面圖 29

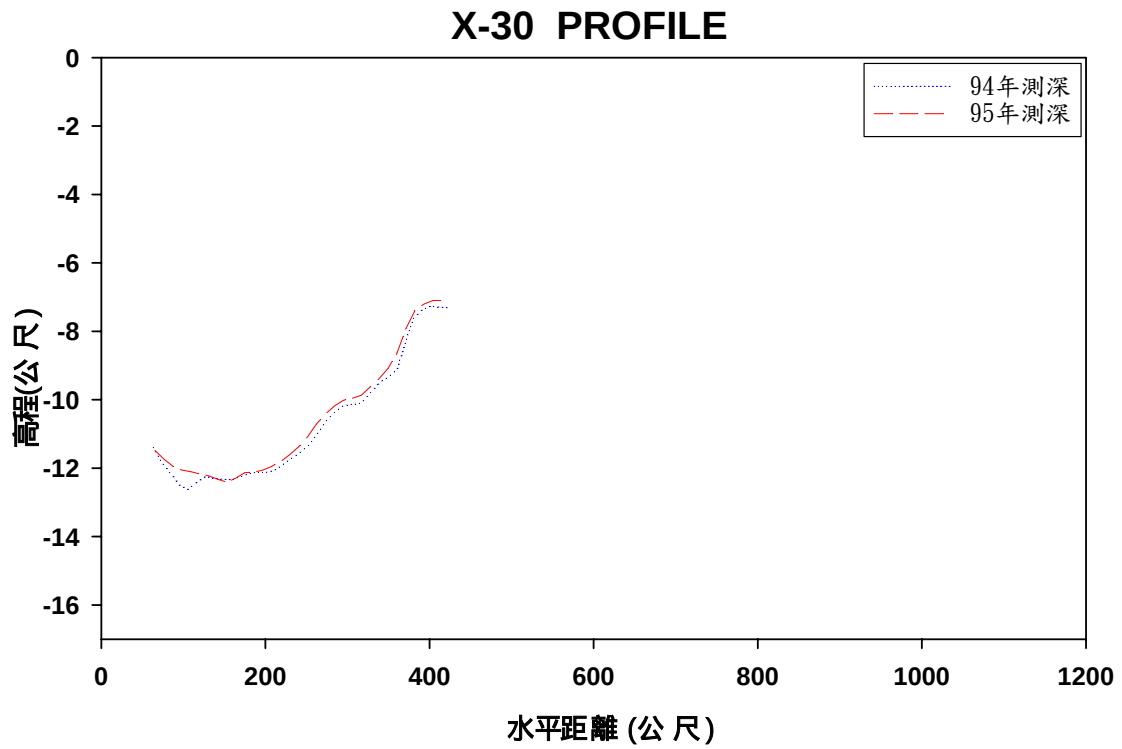


圖 57 多音束測剖面圖 30

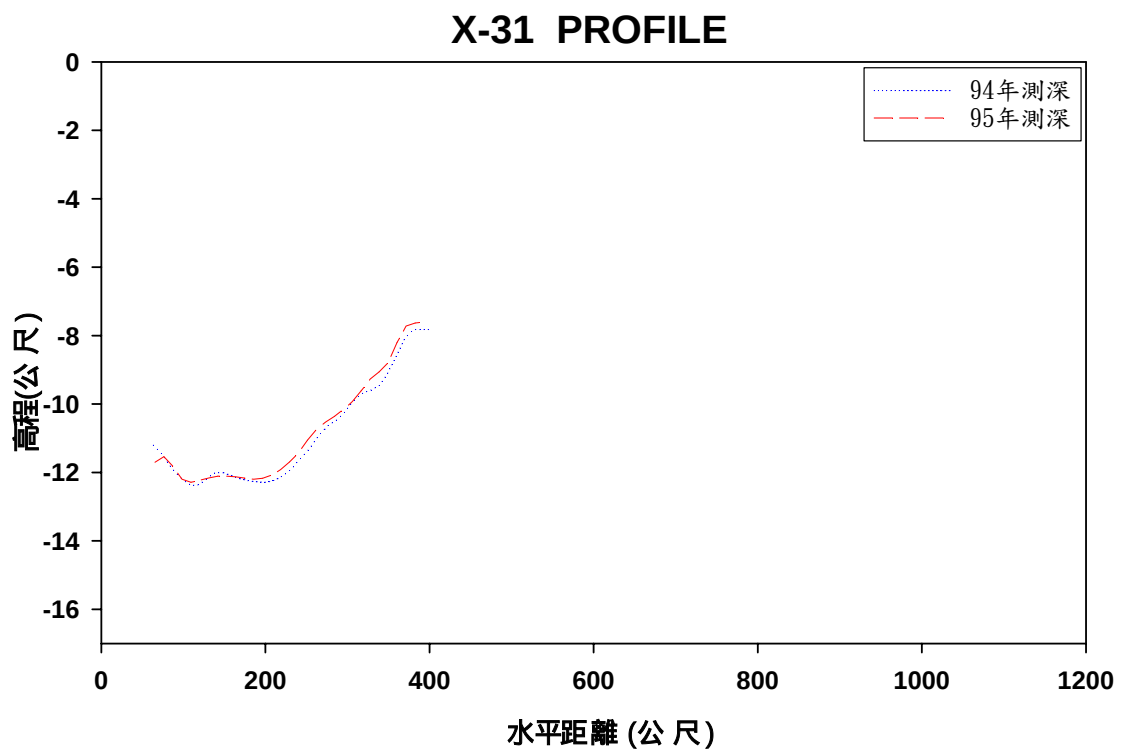


圖 58 多音束測剖面圖 31

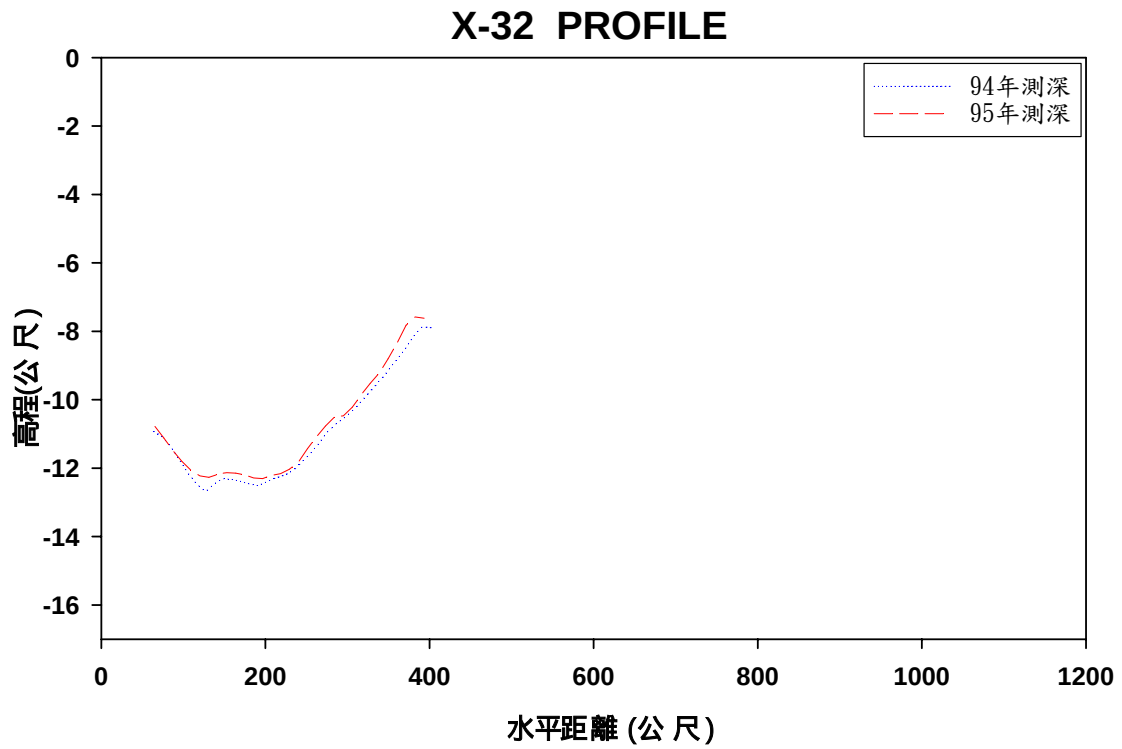


圖 59 多音束測剖面圖 32

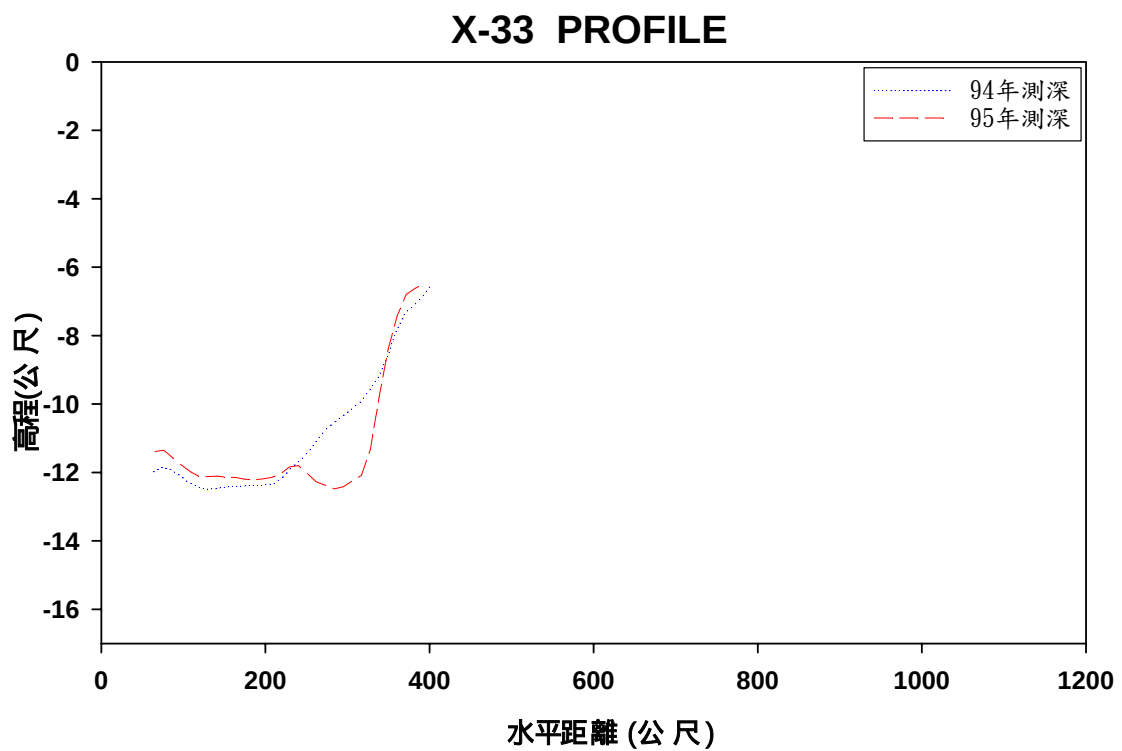


圖 60 多音束測剖面圖 33

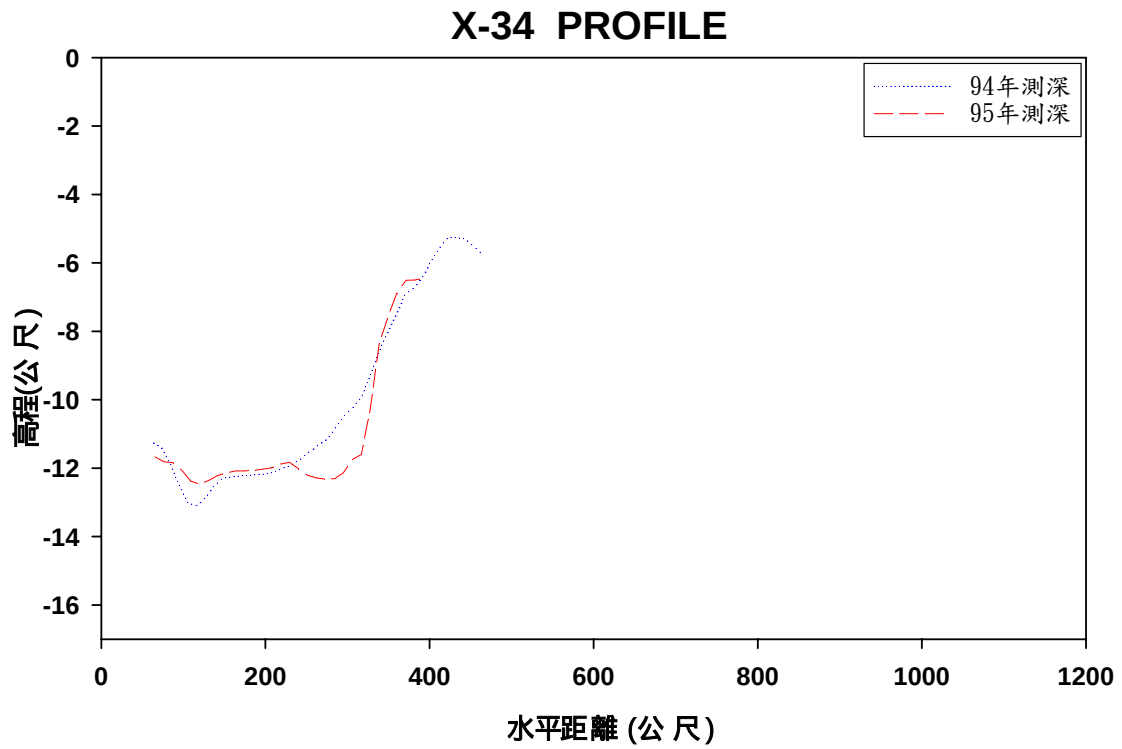


圖 61 多音束測剖面圖 34

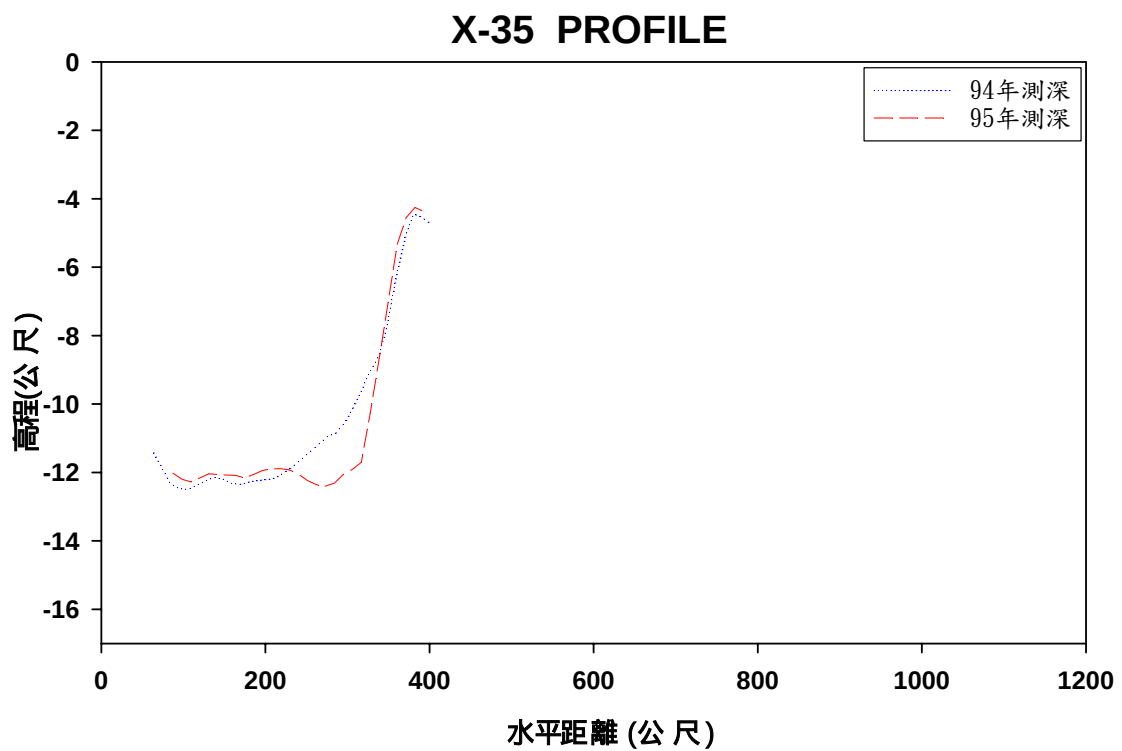


圖 62 多音束測剖面圖 35

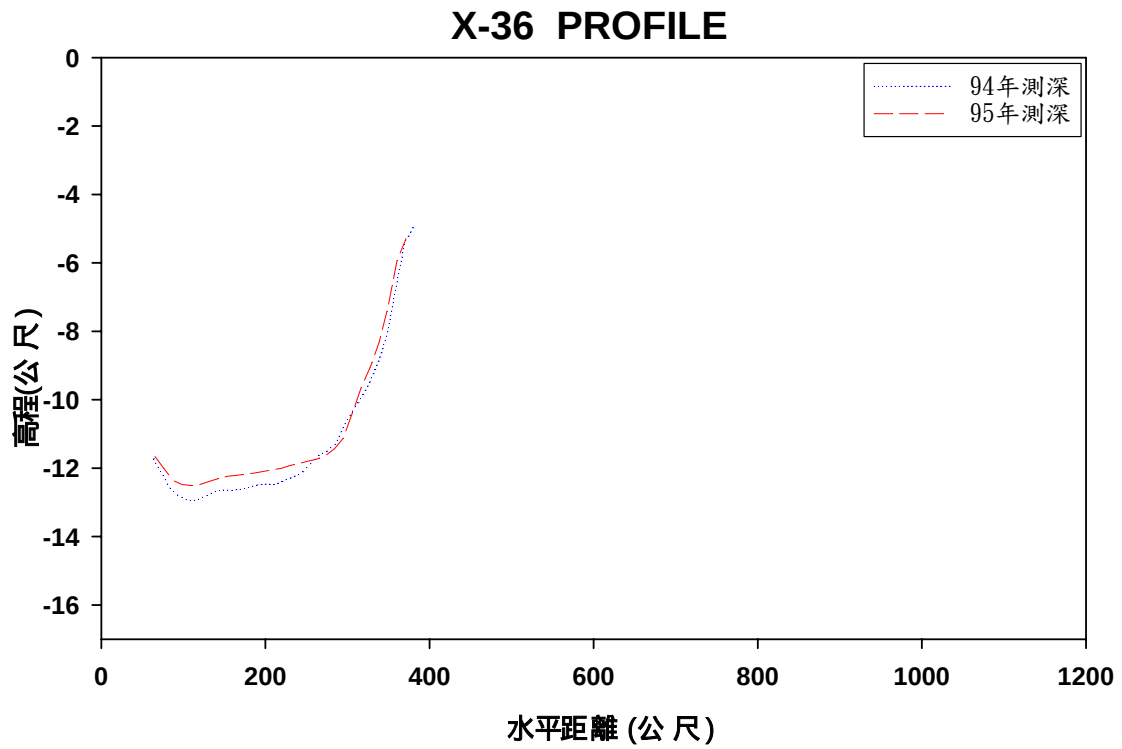


圖 63 多音束測剖面圖 36

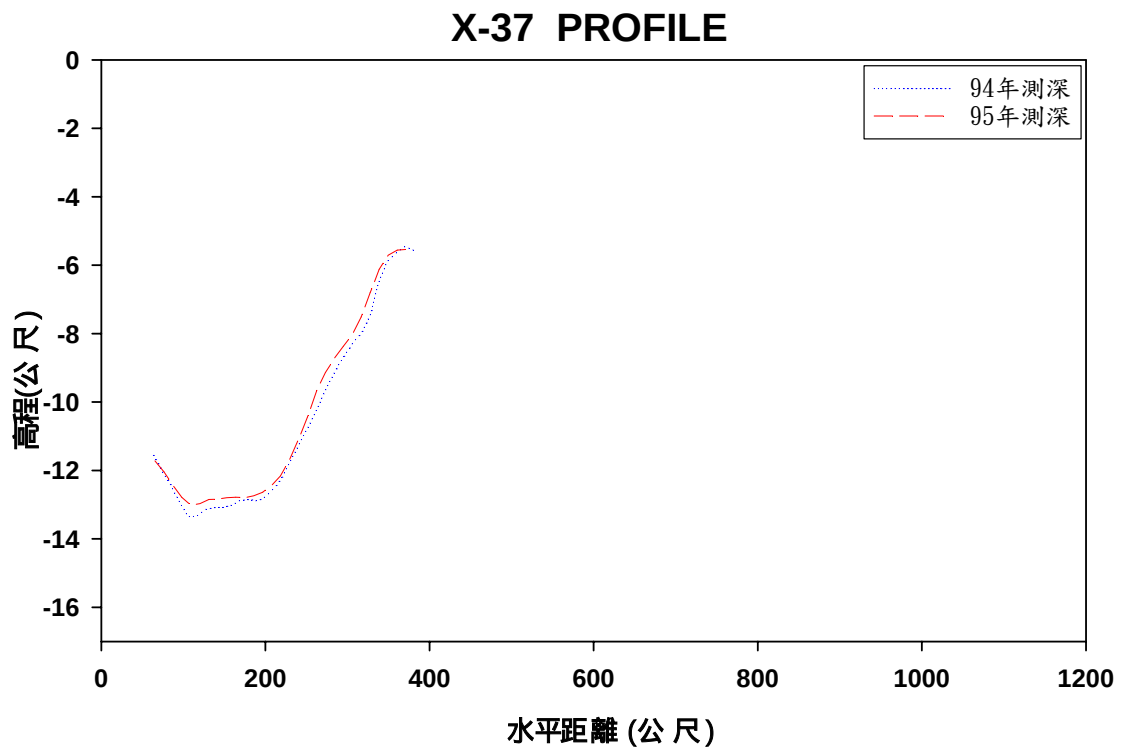


圖 64 多音束測剖面圖 37

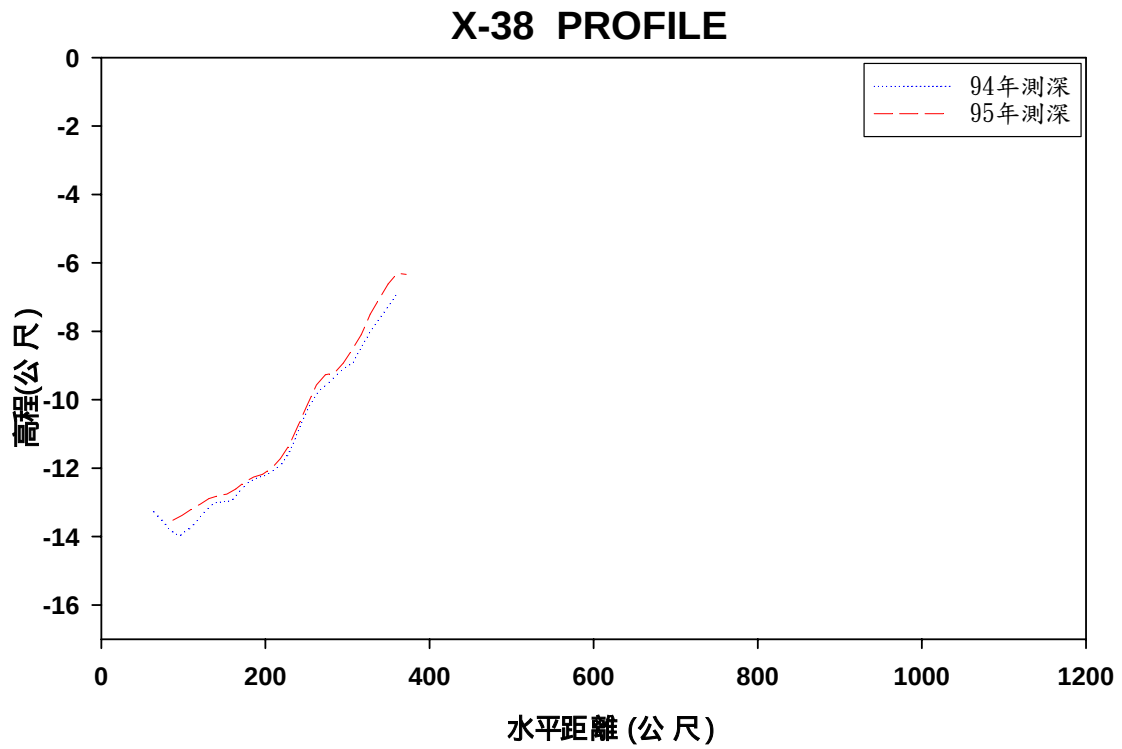


圖 65 多音束測剖面圖 38

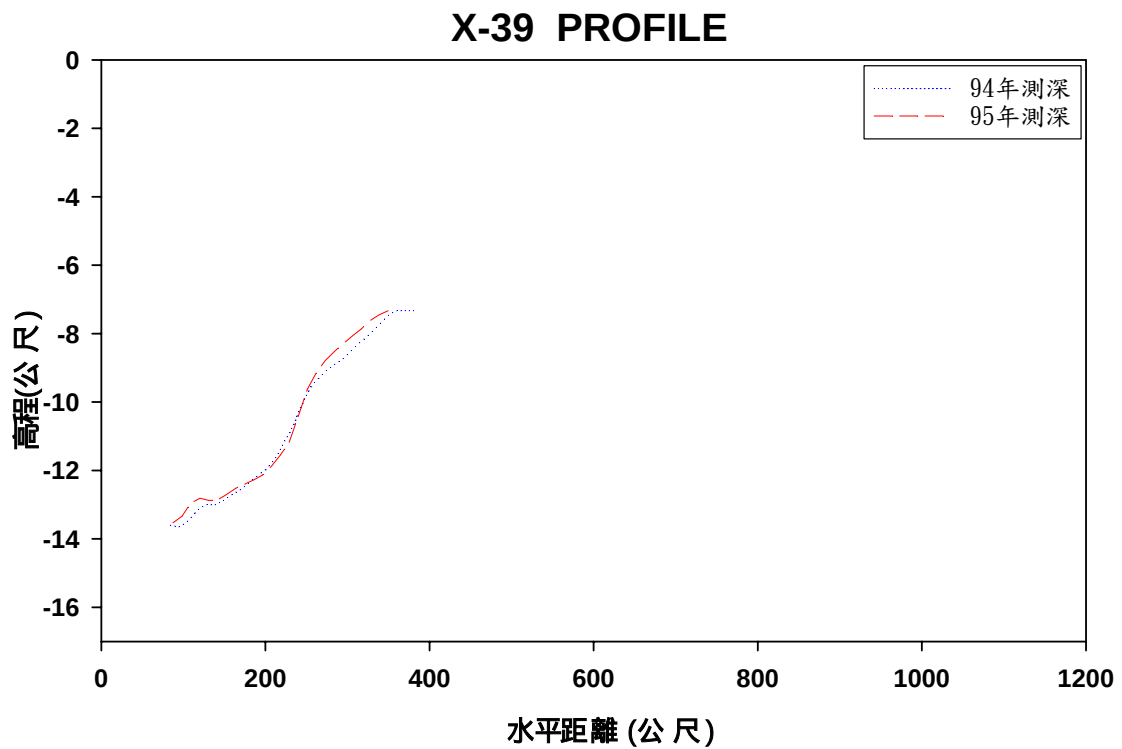


圖 66 多音束測剖面圖 39

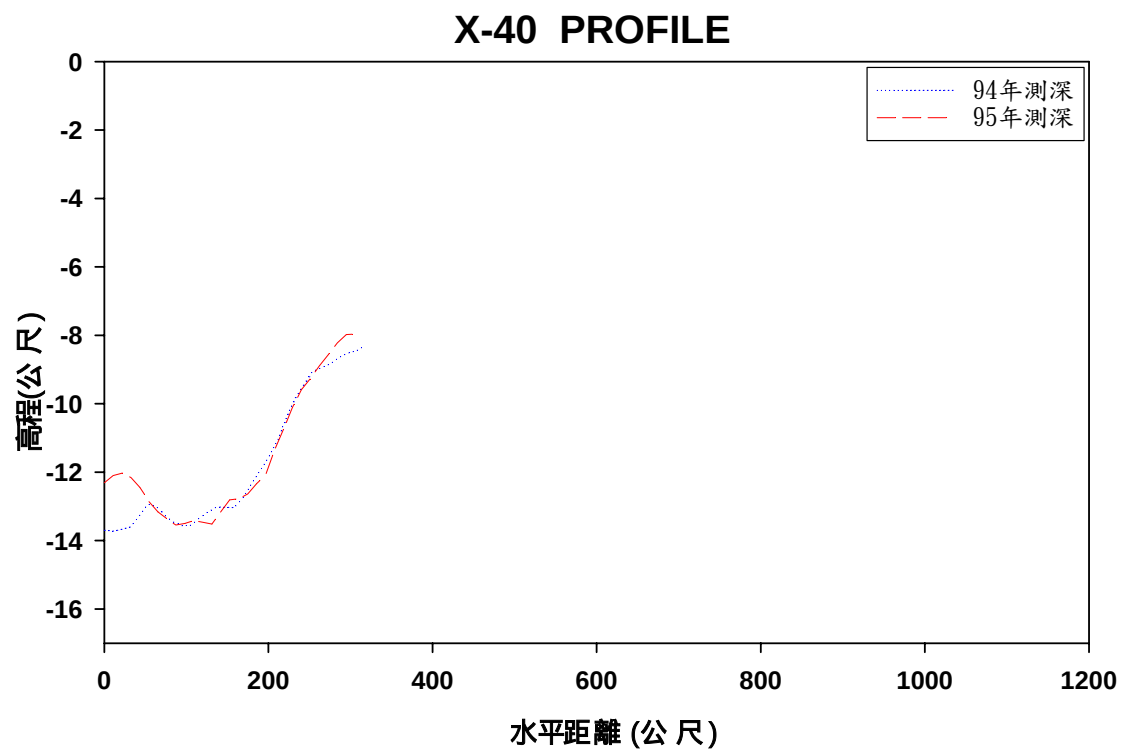


圖 67 多音束測剖面圖 40

第四章 開設多音束測深技術及規範說明訓練班

4.1 開課時間、地點及報名人次

4.1.1 開課時間及地點

多音束測深技術及規範說明訓練班課程表如下：

「多音束測深教育訓練」課程表

日期：95 年 9 月 13 日~95 年 9 月 15 日(共三個梯次)

上課地點：中山大學海工系

實習地點：高雄港或附近海域

時 間	課 程	主講人	助教
09:00~09:30	報 到		
09:30~09:50	課程概述與業務需求調查		
09:50~10:20	多音束測深技術	薛憲文 教授	張功武 助理研究員 吳泓毅 助理研究員
10:20~10:30	休 息		
10:30~12:30	多音束測深海上實習	薛憲文 教授	張功武 助理研究員 吳泓毅 助理研究員
12:30~13:30	午 餐		
13:30~14:30	多音束測深規範	薛憲文 教授	張功武 助理研究員 吳泓毅 助理研究員
14:30~14:40	休 息		
14:40~15:40	多音束測深資料處理	薛憲文 教授	張功武 助理研究員 吳泓毅 助理研究員
15:40~16:30	研究與討論		

4.1.2 報名人次

多音束測深技術及規範說明訓練班報名人數 30 人，實到 24 人，主要訓練對象為交通部各港務局及水利署各河川局業務承辦人員。

4.2 教育訓練教材

以下針對多音束測深相關主題，分別說明各項教材的訓練內容及意義。

4.2.1 多音束測繪技術原理簡介

1. 水深測量方法簡介：

目的：提供水深測量基本概念。

內容：介紹水深測量的演進，多音束測深系統的測量原理及相關測深系統的比較。

2. 海底地形測繪相關儀器簡介

目的：提供相關儀器的基本功能，及蒐集不同輔助測深資訊的基本概念。

內容：介紹全站式經緯儀、全球衛星定位儀、單音束測深儀、多音束測深儀、空載雷射測深儀、潮位儀、聲速剖面儀等單一儀器原理及蒐集資訊的意義。

3. 水深測量作業方法(理論)

目的：提供水深測量作業方法及理論基礎。

內容：介紹平面坐標基準、高程坐標基準、單/多測線規劃原則及差異、各項輔助儀器作業方式及軟體功能簡介。

4. 水深測量作業流程(現場)

目的：提供水深現場測量作業步驟及流程方法。

內容：介紹測量準備、儀器架設及測試、儀器現場操作方式、品管校正方式、實測記錄、品質保證檢驗及資料處理。

5. 海底地形測繪成果展示

目的：提供介紹水深測繪成果可能展示的方式。

內容：介紹灰階影像圖、等深線圖、立體圖、色階圖、網格立體圖及海圖、航照影像和測深資料互動資料成果。

4.2.2 多音束測深應注意事項

1. 監督多音束測深應注意事項，分為：規劃階段、測量階段及資料處理階段。
2. 現場作業注意事項，分為：儀器架設及測試、船隻規格、儀器安置位置及角度量測、測量聲速剖面及校驗參數測量。
3. 成果要求注意事項，分為：測區範圍、航跡及覆蓋率、聲速修正、潮汐修正、品質管修正、品質保證檢核、水深成果各種展示方式及侵淤分析或土方計算。
4. 資料處理流程注意事項，分為：船隻規格及儀器安置相對位置及角度、多音束測深精密修正多音束測深精密修正、潮汐修正潮汐修正、聲速剖面修正聲速剖面修正、資料歸算資料歸算、資料篩選資料篩選、水深測量交錯檢核及多音束測深成果。

4.2.3 港灣水域多音束測深規範草案

1. 草擬多音束測深規範(草案)之精神：多音束測深規範之設計理念。
2. 多音束測深規範(草案)說明：多音束測深規範內容重點提示。

4.2.4 招標及驗收範例說明

目的：提供水深現場測量驗收大綱項目。

內容：介紹丙方資格審查、工作項目、驗收配備、儀器校正查核、職責及驗收報告內容。

4.2.5 多音束測深表格範例

1. 聲速剖面記錄：記錄測量聲速剖面。

2. 多音束測深記錄表：多音束測深時應記錄的基本資訊。

4.2.6 多音束測深資料特性分析表

幫助學員瞭解多音束測深所需的各種資料特性。

4.3 多音束測深技術及規範說明訓練班效益

1. 提供學員多音束測深基本概念。
2. 提供學員多音束測深實務經驗及注意事項。
3. 說明多音束測深規範。
4. 提供學員招標及驗收範例。
5. 提供多音束測深表格範例。

第五章 探討示範作業區以聲波方式進行底質分類作業模式

主要目標為使用本年度多音束測深資料，探討以聲波方式進行底質分類技術的可行性評估。

5.1 示範測區聲學探測結果分析比較

5.1.1 測區背景資訊及儀器規格及設定參數

示範測區水深約 3~15 公尺，超過一半的測區水深集中在 8~13 公尺，多音束測深儀採用 Reson Seabat 8125 系統蒐集水深資料，並加掛側掃聲納系統(Opt33) 蒐集聲納回波強度，音鼓頻率 455kHz，多音束寬度 120 度，可測量 3.5 倍水深的測帶寬度。其他參數如 Rang, TxPower, PulseWidth, Receiver Gain, Spread, absorb...etc 隨現場狀況調整，部份參數有互動關係，應隨時控制調整至最佳狀況。

5.1.2 多音束測深資料與側掃聲納影像比較

多音束測深音束張角 120 度，音束寬度 0.5 度 x1 度，測帶寬度 3.5 倍水深，圖 68 中央柔和彩色的色階圖為多音束測深的覆蓋區，二旁的顆粒狀的覆蓋區為側掃聲納影像色階圖，側掃聲納帶寬粗估約為水深的 7 倍，音束寬度約為 150 度。比對圖 69 側掃聲納影像在多音束測帶邊界有明顯的分界，可能是多音束測深系統加掛側掃系統的特性，由側掃系統量測的反射強度或位相差異數值都是相對而言，側掃聲納影像左側比右側多了一條線表示水深有劇烈變化。

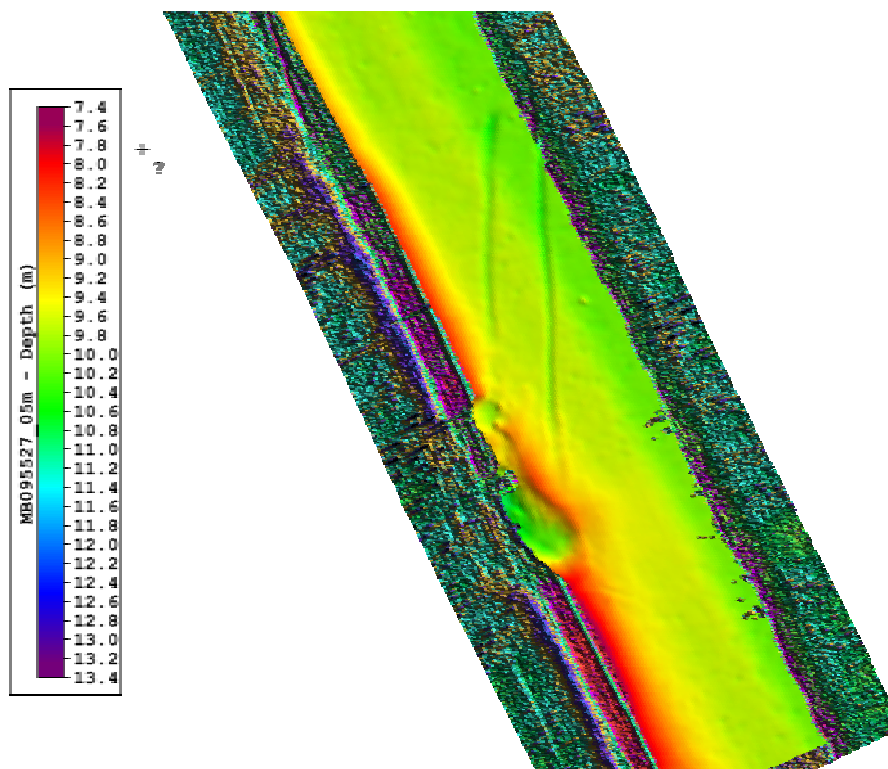


圖 68 多音束測深與側掃聲納單一測線成果比較

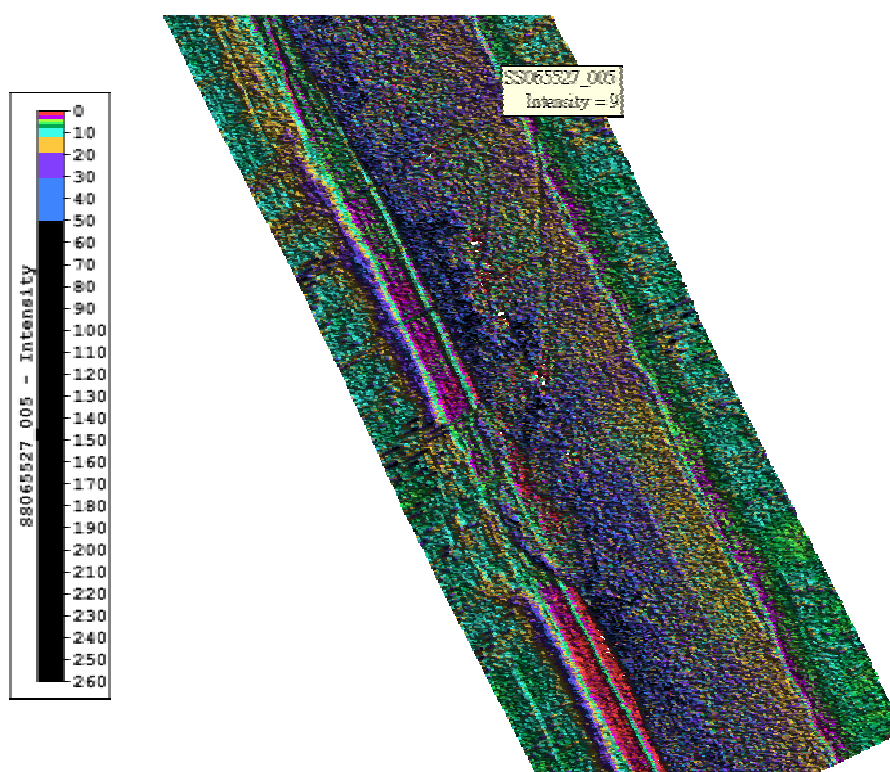


圖 69 側掃聲納單一測線影像

多音束測深值是絕對水深，不同測線的成果容易合併統計，側掃聲納影像則是相對值，不同測線可能因為測量參數的差異，而與其他測線有明顯的不同，可參照下圖深藍測線與其他平行測線完全不同，由於側掃聲納影像為相對值，合併測量參數不同的數值成果無法獲得正確的資訊，二條紅色斜線與並沒深藍測線交錯的圖形沒有任何意義。

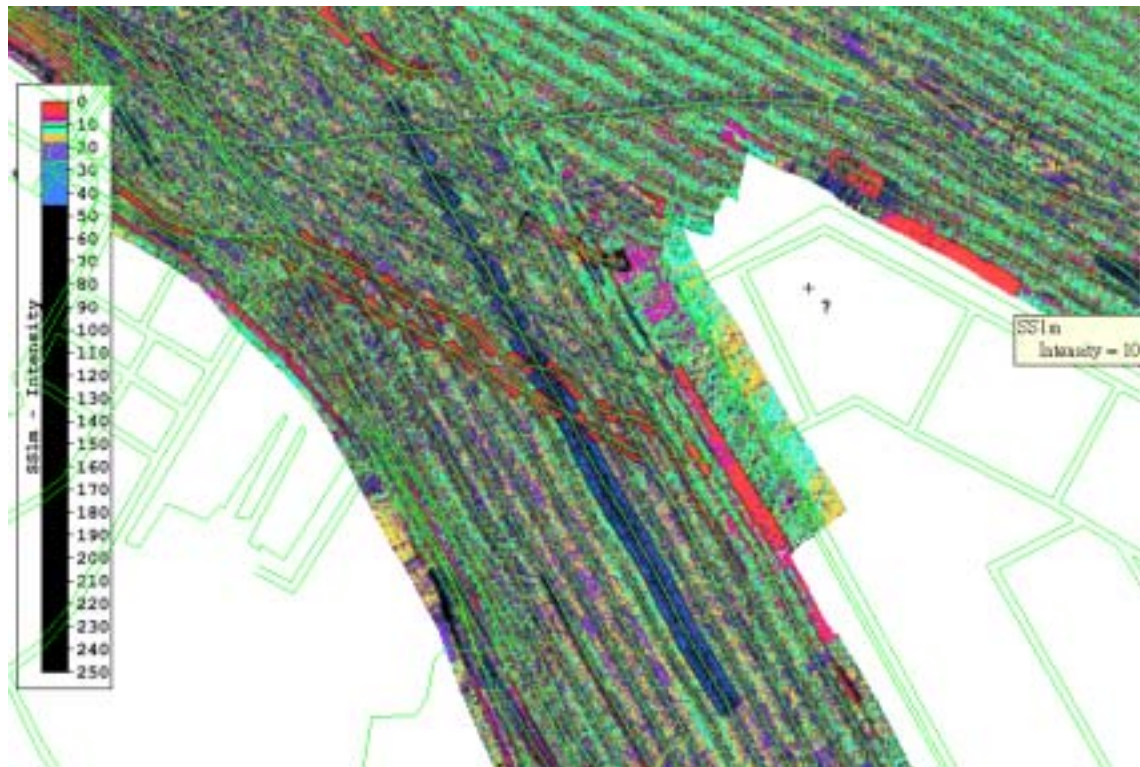


圖 70 側掃聲納測線合併色階圖

5.13 使用聲學探測海床底質的可能性

多音束測深系統從測量斜距(Slant Range)至修正為正確的水深及位置，必須經過複雜的聲速路徑修正、潮位修正及其他偏差量偏差角修正。多音束測深影像(側掃聲納影像)用於分析底質特性同樣需要經過複雜的轉換、分析、統計及分組，才能得到相同基準的計量數值。下一章節進一步探討利用聲學方式分析海床特性的理論及方法。

5.2 底質分析理論及方法

海床底質分類(seabed classification)可以採用視覺法(visual)、機械法(mechanical)及聲學法(acoustical)，而使用視覺法(潛水、攝影、錄影)及機械法(抓取、岩芯採樣、探測器探測)之速度極慢，且極為耗費人力，因此極為昂貴，並不適合於大範圍的調查工作。聲學法因不需要停船作業，故能快速的進行大範圍的調查。然而單獨使用聲學法進行海床底質分類，因為僅有海床的回波反射(seabed echo)及散射(backscatter)資訊，並不夠有信心的說明海床沈積物(sediment)為砂(sand)、泥(mud)、砂礫(gravel)或其他類別。通常可以在全面進行聲學法海床底質分類調查後，再採用視覺法或機械法進行點的底質驗證工作。

影像式(image-based)海床底質分類法是利用聲波散射的特性，將影像分割(segmentation)成為數個類別(classes)，而在每個類別的範圍內，皆假設其特性相同。因此需要以視覺法或機械法來實地驗證點的數目，必定大幅減少，其取樣則可根據影像分割的成果來進行，而取樣之位置，則儘量避開各類別之邊界範圍，如此亦可減少取樣後資料處理的負擔。其他未取樣區域範圍之海床底質類別，則可以分割後之影像來推論。

QTC (Quester Tangent Corporation) View 可以配合硬體接收單音束測深之回波強度，提供海上即時底質分類。而 QTC IMPACT(Integrated Mapping Processing and Classification)軟體，則以後處理(post-process)的方式，將單音束的回波強度進行海床底質分類。雖然多音束測深系統(Multibeam Echo Sounding System)及側掃聲納(Sidescan Sonar)亦可接收回波強度資訊，但因各音束之掠過角(grazing angle)或入射角(incident angle)(90° 減去掠過角即為入射角)及足印大小(footprint or insonification area)並不相同，因此其資料修正之方法與前述對象不同，所以 QTC Multiview 軟體針對多音束測深系統，QTC Sideview 則針對側掃聲納進行海床底質分類工作。

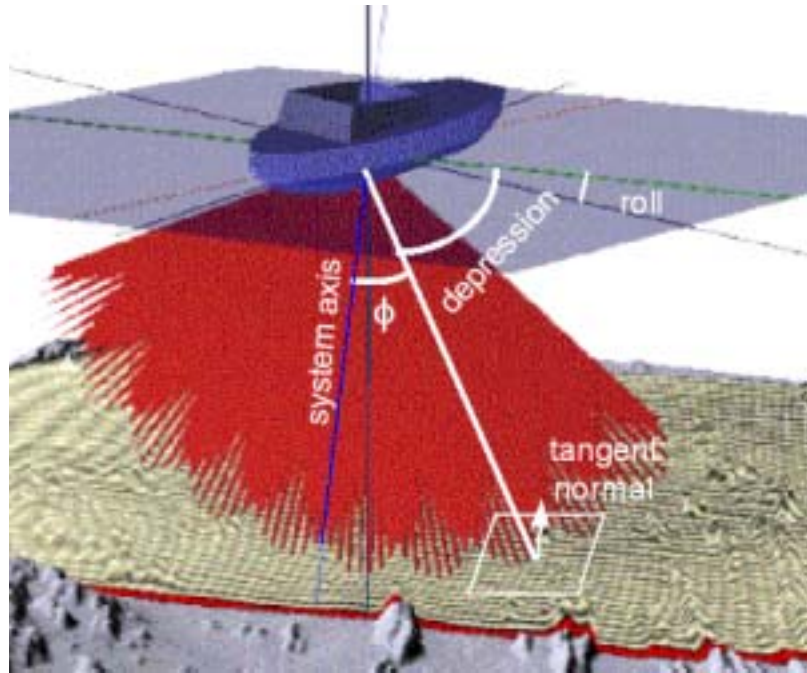


圖 71 QTC 底質分析原理說明圖

聲納回波強度影像的統計性質與底質類別息息相關，對一般人而言，岩石(rocks)、砂(sand)及軟泥(mud)在影像中紋理(texture)的差異極易辨別，但砂泥(silt)與黏土(clay)之差異則並不顯著。將聲納回波強度影像進行統計分析，則可掌握聲波、底床及其地形高低起伏之互動關係。多變數統計分析(multivariate statistical analysis)則可分離這些底床類別細節，產生特徵向量(feature vectors)，並提供精確及可靠分類所需的資訊。隨後以多音束或側掃聲納資料之特性，採用自動聚類法(automated clustering)來進行海床底質分類。每一個聚類代表一種海床底質類別，可以經由回波強度影像或現場驗證方式(相片、粒徑分析等)來辨識。若海床底質類別在分類前是已知，則可利用不同底質類別的區域來建立聲納回波強度影像與已知底質類別的相關性目錄(catalogue)，則其他的底質可以藉此目錄來進行推論，這種方法稱為監督式分類法(supervised classification)。而非監督式分類法(unsupervised classification)則僅以聚類類別，配合現場驗證資料來進行分類，QTC Multiview 採用非監督式分類法。

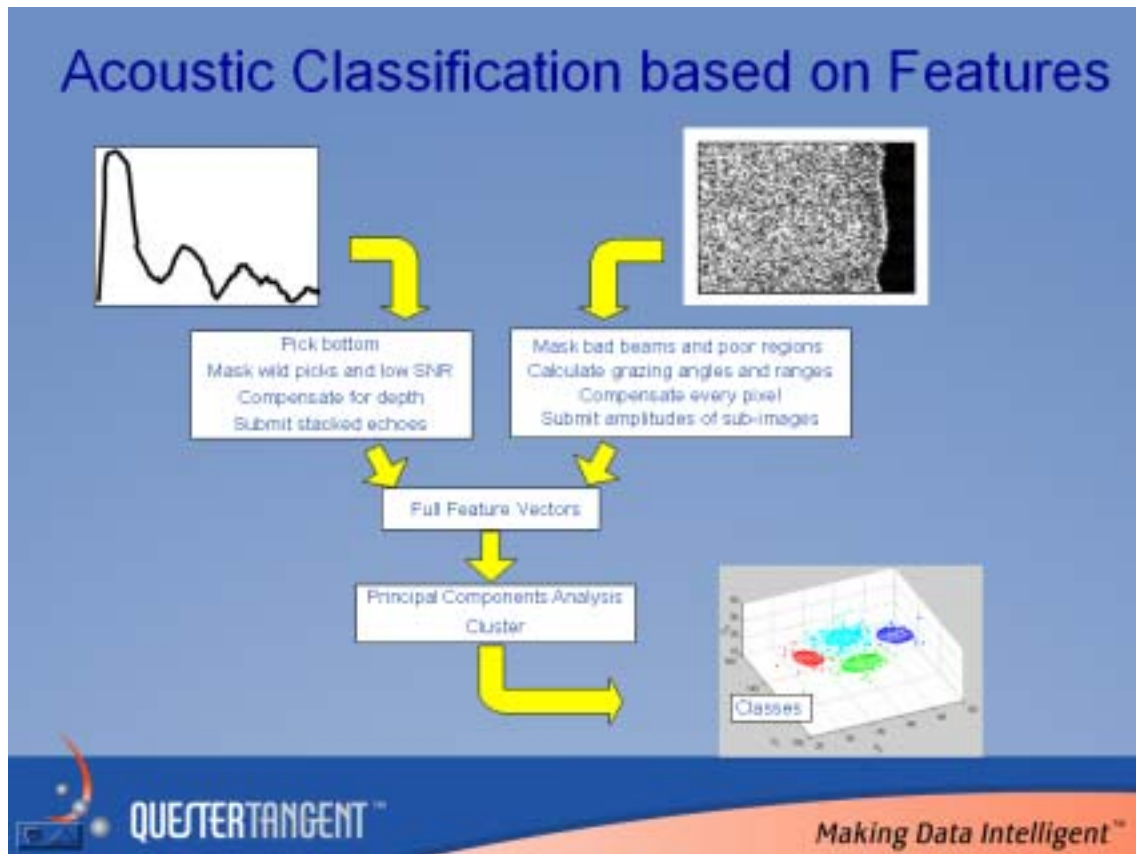


圖 72 QTC 底質分析流程說明圖

多音束測深資料進行影像式海床底質分類法之處理步驟：

1. 載入資料(load data)：載入由多音束測深系統所收集之回波強度影像及定位與其他感測器資料。
2. 確認及資料品質(validation and quality control)：若水深資料不合理(魚群反射或雜訊等)或船隻受海象因素影響以致動態過大，則回波強度資料必不正確，必須加以剔除。若聲納操作狀況或設定改變，則在分類前需要先將操作狀況或設定條件相同之資料分成不同的資料組，因各資料組之統計特性不同，再針對不同的資料組分別進行底質分類，而會影響到底質分類之聲納操作設定主要為聲波之波長(pulse length)，需特別注意部分多音束測深儀會自動改變操作狀況。
3. 加入長方形(place rectangles)：影像上海床部分會被劃分為長方形區塊(patches)，這些長方形區塊是依據資料品質並利用遮罩(mask)來佈

置的，部分多音束測深系統的佈置是受到足印大小及掠過角(grazing angle)之限制影響。以這些掠過角之限制及使用者選擇之區塊大小，來決定左右側區塊之個數，各區塊隨後會給予一個類別(class)。

4. 產生特徵(generate features)：在每個區塊中採用許多演算法(例如：平均值、標準差、高階力矩(higher-order moment)、分位數(quantile)、直方圖(histogram)、快速傅力葉轉換(fast Fourier transforms)、基於冪次頻譜的比率(ratios based on power spectra)、灰階共現矩陣(gray-level co-occurrence matrices)、碎形維度(fractal dimension))，由回波散射強度(backscatter intensities)及影像強度(image intensities)中萃取出特徵。此步驟會產生一個矩陣，其欄位(column)值為特徵之一，其列(row)值為一區塊的所有特徵。
5. 多變數統計分析(multivariate statistical processing)：確認所有資料特徵之主成分(principal components)，依據變方(variance)之大小，將原始特徵之線性組合(linear combinations)加以排序。前三個線性組合已包含全部變方的大部分，將此組合寫入一個資料檔，再配合此區塊之定位及時間資料。
6. 聚類分析(clustering analysis)：將所有區塊的主成分具有類似聲學性質者加以聚類起來，這些聚類即代表許多海床底質類別。這個聚類過程是建立在三個主成分 Q1，Q2，Q3 所組成的三度空間，且此過程為循環(iterative)的。可參照下圖。

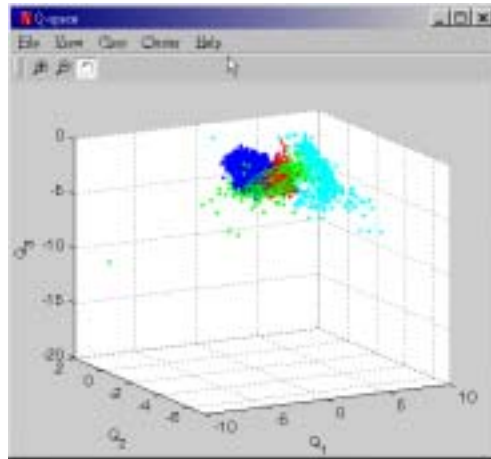


圖 73 Q-space 分佈圖

7. 海床底質分類(classification of seabed): 產生一個目錄(catalogue)包含三個主成分特徵所產生的簡化矩陣(reduction matrix), 並定義 Q 空間內之邊界用來提供每個區塊一個海床底質類別。可分為手動分類及自動分類, 可參照下圖。

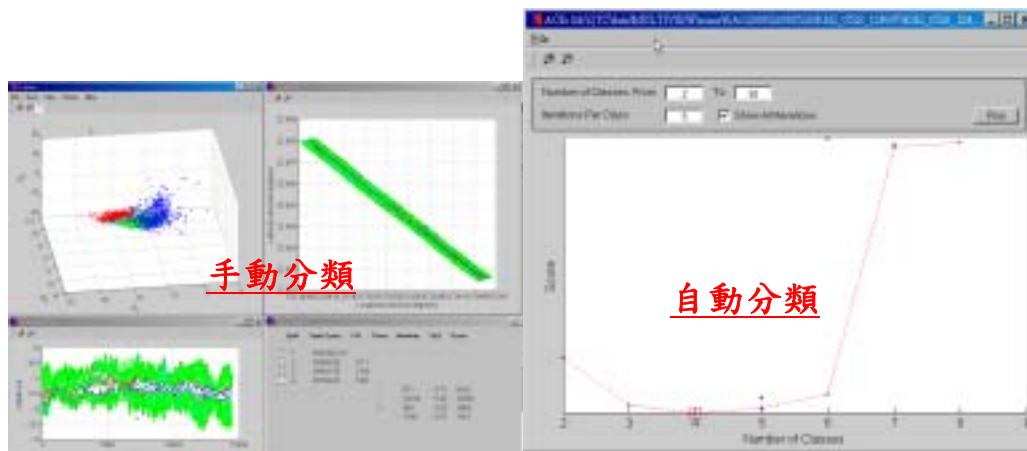


圖 74 底質分類模式

8. 展示(presentation): 分類成果配合位置及深度資料會被寫入一個 ASCII 檔案, 可將此檔案輸入 GIS 或製圖軟體來展示之。

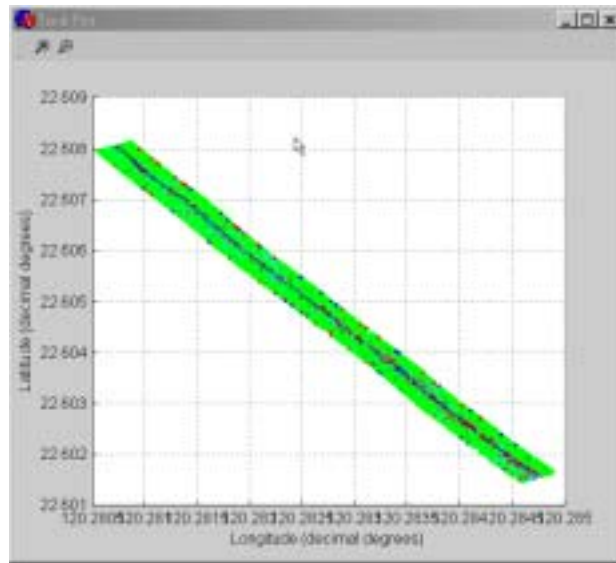


圖 75 單一測線底質分類圖

5.3 使用 QTC MultiView 分析示範測區底質之研究

5.3.1 使用 QTC MultiView 分析示範測區底質之問題

依照 QTC MultiView 資料理處流程分析 5 月 26 日~5 月 28 日的 Reson8125 側掃影像資料，發現以下問題。

1. 測量時為調整多音束測深系統至最佳化的參數，造成聲波波長(Pulse Length)的改變，而 QTC MultiView 依據不同波長給予不同參數、組別及特性(File ID)，示範測區之 File ID 分為三組：02,03 及 04，不同組別無法合併內插數值資料。可參照下表：

表 9 聲波波長分組表

File ID	Pulse Length	File ID	Pulse Length
01	<10	18	<600
02	<15	19	<700
03	<20	20	<1000
04	<30	21	<1024
05	<40	22	<1200

06	<50	23	<1500
07	<60	24	<2000
08	<70	25	<2048
09	<80	26	<2400
10	<90	27	<3000
11	<100	28	<4100
12	<128	29	<5000
13	<20	30	<7000
14	<256	31	<8000
15	<300	32	<8192
16	<500	33	<10000
17	<512	34	>=10000

2. 此外在調整最佳化的參數過程中，由於同一條測線產生二個 File ID，造成測線分組不明無法順利合併。
3. 由於缺乏現場採樣資料比對，不同分組的底質分類結果無法接合比較與驗證。

5.3.2 使用 QTC MultiView 分析示範測區底質之結果

1. 不同聲波波長分組在測區的分佈如下圖，空白區域表示該測線波長分組有問題，無法與其他測線合併。

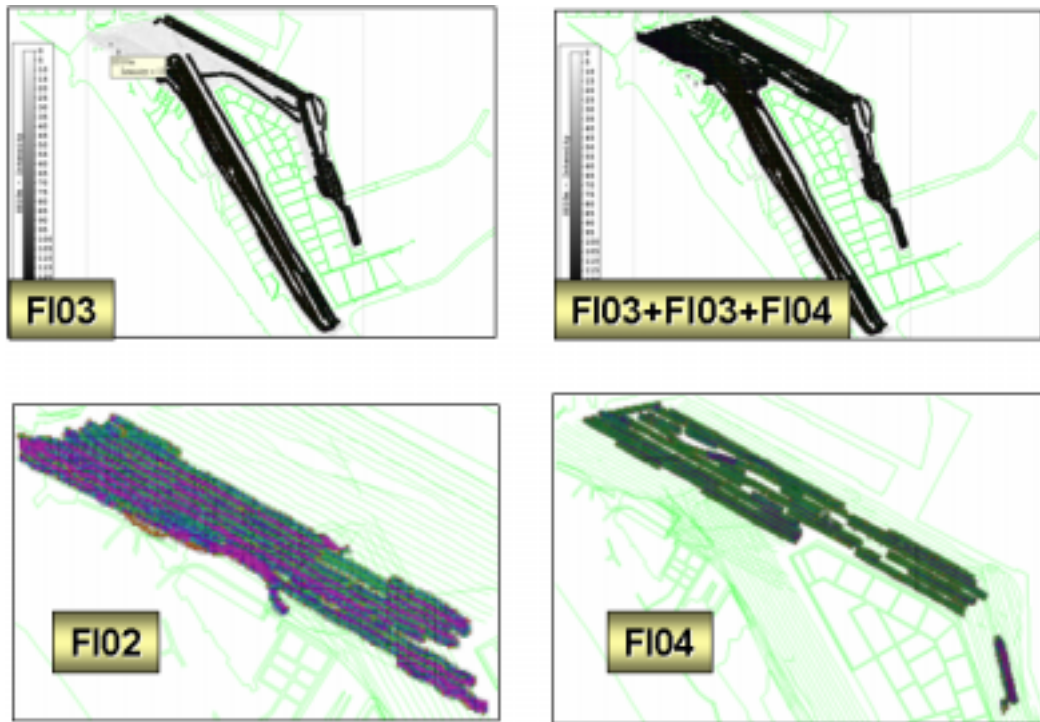


圖 76 FI02、FI03 及 FI04 分組分佈圖

2. 小範圍的海床底質變化性,由 QTC 底質分類軟體轉換回 CARIS 的資料密度約為 10 公尺網格。
3. 由於缺乏海床底質採樣資料，得到海床底質分類成果，僅為相對。

第六章 探討港灣水域底質資料庫建立方式

使用本年度多音束探測底質分類的成果，探討建立港灣水域底質資料庫的方式。

6.1 底質資料分類規範及編碼探討

6.1.1 基本地形圖地質分類方式

探討底質資料庫前應先瞭解底質資料的分類方式，基本地形圖內與地質相關的圖層及編碼共有 8 個：泥濱(95411a)、沙濱(95411b)、礫濱(95411c)及岩濱(95411d)、泥(95421)、沙(95422)、礫(95423)及岩床(95424)等。分類簡單易懂。

6.1.2 自然環境基本資料庫地質分類方式

國土資訊系統自然環境基本資料庫分組的地質分類小組，針對目視判別的瞭解地質鑽探資料的基本特性進而分類，而非學理上細緻之分類必須依賴儀器分析與試驗者，可共分為九大類，代碼 0 代表粗分類，如果資料只記錄為岩石或土壤，則採用此粗分類，奇數字首的代碼代表基本岩性類別，偶數代碼為其「混合衍生及變異岩性類別」，可參照下表。

表 10 工程地質圖元符號代碼表

代碼	大類	小類
0	基本岩性類別	粗分類
1	基本岩性類別	土壤或沉積物類
3	基本岩性類別	沉積岩類
5	基本岩性類別	變質岩類
7	基本岩性類別	火成岩類
2	混合衍生與變異	土壤或沉積物類

4	混合衍生與變異	沉積岩類
6	混合衍生與變異	變質岩類
8	混合衍生與變異	火成岩類

中央地調所網站按照上述地質分類方式，依照點、線與面區分為 715 種地質，其中點圖層共有 177 筆資料、線圖層共有 151 筆資料及面圖層共有 387 筆資料。

6.1.3 電子海圖地質分類方式

電子海圖使用二種複合式屬性定義地質特性，分為表層屬性及表層特性，簡單的說表層屬性為名詞，表層特性為形容詞，可參照附錄三。

1. 表層屬性(NATSUR, Nature of surface)：屬性編碼 113，指大地或海床表面的地質屬性。通常採用複合式名詞，例如：細砂，共分為 13 種，可參照下表。其中泥、砂、岩石和岩盤屬於一般性描述，黏土、粉砂、礫石、小卵石及粗礫等分類具粒徑大小的意義。

表 11 表層屬性分類編碼

代碼	圖層名稱	圖層名稱
1.	Mud	泥
2.	Clay	黏土
3.	Silt	粉砂(粉土)
4.	Sand	砂
5.	Stone	岩石
6.	Gravel	礫石
7.	Pebbles	小卵石
8.	Cobbles	粗礫
9.	Rock	岩盤
10	Lava	火山岩
11.	Coral	珊瑚礁
12.	Shells	貝殼
13.	Boulder	巨礫

2. 表層特性(NATSUR, Nature of surface - qualifying terms)：屬性編碼 114，根據表層粒徑、形態及均質性等特性，用來形容海床表面複合式的地質屬性，共分為 10 種，可參照下表。

表 12 表層特性分類編碼

代碼	圖層名稱	圖層名稱
1.	Fine	細
2.	Medium	中
3.	Coarse	粗
4.	Broken	破碎的
5.	Sticky	泥濘的
6.	Soft	軟性
7.	Stiff	黏稠的
8.	Volcanic	火山的
9.	Calcareous	石灰質
10	Hard	堅硬

嚴格而言，基本地形圖地質種類只有四類，自然環境基本資料庫分為九大類，電子海圖分為 120 種(12x10)，基本地形圖分類過於簡單，自然環境基本資料庫的地質分類是以目視判斷為基本原則，電子海圖的分類限於海床表面，較符合本案以聲學探測底質的目標。

6.2 海床底質資料庫

本案獲得的底質分析為相對值，透過現場採樣分析才可印證底質分類的正確性，此外 S-57 的代碼與 QTC 分類參數需要一定數量的比對才可正確的對應參數。由 QTC 匯出的底質分類資料欄位依序為日期及時間、坐標、波長代碼、Class 代碼、Class 名稱、Class 精度、水深、測線名稱及船名。資料庫格式如下表：

表 13 底質資料庫格式

欄位名稱	資料型態	長度	欄位說明	資料內容說明
SCID	流水號		資料編號	唯一不可重複
SCDate	日期/時間		測量日期及時間	
SCLatD	整數	2	緯度(度)	0~89
SCLatM	整數	2	緯度(分)	0~59
SCLatS	數字	5.3	緯度(秒)	0~59
SCLat	文字	1	南/北半球	S or N
SCLongD	數字	3	經度(度)	0~180
SCLongM	整數	2	經度(分)	0~59
SCLongS	數字	5.3	經度(秒)	0~59
SCLat	文字	1	東/西經	E or W
SCPulse	整數	2	波長代碼	1~34
SCClass	整數	2	Class 代碼	
SCClassName	文字	10.2	Class 名稱	
SCClassAcc	整數	3	Class 精度	
SCDepth	數字	6.2	水深	
SCLine	文字	32	測線名稱	
SCBoat	文字	32	船名	

第七章 結論與建議

7.1 結論

1. 於 95 年 4 月 26 日召開專家會議，進行討論『港灣水域多音束測深規範(草案)』，廣納多位專家學者意見，並參照各位委員專家意見修改草案，意見回覆表可參閱『附錄一專家會議記錄』。
2. 為配合草案內容的適用範圍，建議更名為『多音束測深規範(草案)』。遵照委員修改後之草案，可參閱附錄二。
3. 扣除疏浚的二個區域的土方，高雄港第一港口至前鎮河的測區範圍內的淤積約為 9 公分，前後二次作業期間約為 14 個月。回淤率粗估為 7.7 公分/每年。
4. 多音束測深精度的自我檢核達到『特等測量』，表示多音束測深的內部品質達到一定的水準，品質的項目包括偏移量(Offset)量測、精密修正測量(Patch Test)、船隻姿態收集器安置角度(Mount Angle)及各種測量儀器得到的原始數值：定位值、每個音束測深斜距、船隻航向、船隻姿態、潮汐值及聲速剖面等。
5. 5/28 單音束及多音束測深精度交錯檢核僅達到『一等測量』，與多音束的自我交錯檢核達到『特等測量』的差異原因，除了多音束的量測精度較高以外，港區海床經常有劇烈的變化，也可能是足印大小與檢核基準面的網格大小的差異，無論原因為何，應先排除系統性的誤差。
6. 本計畫使用的多音束測深系統之總誤差傳播(TPE)，在水平方向約為 4 公尺，垂直方向約為 10 公分，而單音束與多音束的差值平均約為 20 公分，遠超過垂直方向 10 公分的傳播誤差量，在平坦的區域 4 公尺的傳播誤差尚可接受，但在本次示範區域內海床變化嶮崎，平面位移造成的垂直水深變化量，亦可能造成超過 20 公分的垂直變化

量。

7. 一般而言，物理式底質採樣分為表層採樣及岩心柱狀採樣，採樣分析分為物理分析及化學分析，物理特性針對其比重、含水量、粒徑大小及分佈分析，化學特性針對其碳酸鈣、氯離子或其化示素分析成分及比例。但物理性採樣由於應力的作用經常會破壞樣本的物理性質或化學作學，而且其樣本皆為點狀資料，然而使用聲學探測至少有二個優點：1.不會破壞樣本。2 資料為線或面，後續的應用可以獲得較完整的評估。
8. 若欲以多音束測深系統採用聲學方式來進行海床底質分類工作，需注意儘量保持測量作業期間，系統之設定(尤其是波長)應保持一致，若有改變則需依據改變範圍以分區進行底質分類。部分多音束測深儀會依據水深及底質等特性之不同，而自動改變系統之設定，此類系統並不適用於聲學底質分類法。
9. 聲學底質分類法之成果易受水深雜訊資料、船隻姿態過大、資料處理過程之參數設定等之影響。

7.2 建議

1. 本年度之多音束測深訓練班，共有三十人報名分為三個梯次，實際參加人數為二十四位，經理論及海上實際作業，參與者對多音束測深系統及其應用與發展潛力，已有初步且深刻的瞭解，應考慮擴大舉行。
2. 多音束測深規範(草案)已經初步的專家會議討論，未來應可積極邀請國內學者專家及業者充分討論後，送交交通部備查，以利儘早提供國內相關單位參考採用。
3. 以多音束回波強度進行海床底質分類的作業方法，未來有其發展潛力，應值得繼續研究探討。

附錄一 專家會議審查意見處理情形表

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
顏沛華 教授： 一、台灣海域不是很大，在高程基準上是否可考慮統一為 TWVD2001 系統(A-2)。 二、規範目標(A-1)其中提及浚挖及海岸工程，唯在表 1(A-3)中測量等級與規範目標無互相輝映，可酌予併入，且一等測深及二等測深建議水深 100 公尺及 200 公尺之水深範圍是否可酌予縮減？因 200 公尺以上水深作多音束測深意義不大。 三、定位(A-5)部份，是否需說明搭配多音束測深最佳化之定位系統類型？ 四、在 A-7?述覆蓋率(重疊率) 之文字宜稍加修飾。 五、潮位觀測(A-9)之說明在 RTK GPS	一、TWVD2001 係內政部以 1990 年 1 月 1 日標準大氣環境情況下，並採用基隆驗潮站 1957 年至 1991 年之潮汐資料化算而得，並命名為 2001 台灣高程基準。而澎湖金門馬祖等地之潮位及潮汐特性與台灣本島有異，故離島地區目前之高程基準是以當地之潮位觀測資料所建置。至於建立全台灣地區(含台澎金馬)統一的高程基準，假以時日有待國際間擬建立全球高程系統再配合制訂之。 二、參考辦理修改 表 1 在不違背 IHO SP-44 的精神下加入『浚挖及海岸工程』等項目。水深範圍為原 IHO 之規範，為考慮未來規範之發展性擬保留。 三、參考辦理。目前定位系統多採用差分式全球衛星定位系統(DGPS)的精度或精度更高的定位方式，隨著日新月異的科技，未來也許有更精密的方式，故本規範依據原 IHO 規範精神僅限制定位精度。 四、遵照委員意見修飾文字。 五、參考辦理修改。RTK 潮位修正亦

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
搭配多音束測深時，潮汐數據未必需要，因此在第六章之說明似可稍加修飾。 六、在 A-10 中之"區域性坐標坐標系統"應為"區域性坐標系統"之誤。 七、檢核與驗收 A-11 對業主而言特別在意，是否可明述一、二項實際之作法。 八、建議作一總表將表 1,2,3,4,5 併入以利閱讀。	符合第六章潮位觀測的規範精神，將修飾文字描述。 六、遵照委員意見修改。 七、參考辦理。多音束測深的檢核及驗收建議由丙方執行，但目前國內尚未有完善的配套措施，本規範提供簡易說明，細部討論可參考研究報告。 八、參考辦理。閱讀方式因人而異，再斟酌是否匯整合併所有表格。
余進利 教授： 一、建議第五章及第六章內容刪除。 二、建議第六章的內容移到 1.3 節。 三、請確認第六章第 4 點提到 TWD97 橢球原子是否為 GRS80 橢球原子？ 四、建議內容的排版方式稍作修正，像第一章的 1.2.1 節只有一小節就沒必要在 1.2.1 節下再標示 1，其他第十章除了 10.5 節及 10.7 節外，也都有此情況，另外第十一章的排版方	一、參考辦理。底質調查乃遵循 IHO 水深測量規範精神而加入，且海流與底質資料無論在船隻導航、海岸工程及生態應用等方面皆有助益，故予保留以維持規範之完整性。 二、參考辦理。第六章潮位觀測乃遵循 IHO 水深測量規範精神將其獨立為一章節。 三、TWD97 橢球原子為 GRS80 橢球原子，將修改為 GRS80 橢球原子。 四、參考辦理。將請業主提供標準之排版規則。

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
式跟前面的章節又不一樣，建議前後一致。	
史天元 教授(書面意見)： 一、下款內涵與標題不甚吻合。測深密度在本規範中為真實提及。10.5 測深密度：強制評估每一音束的量測精度，若任何外側音束超過容許誤差，則該音束所量測的水深資料都需予以刪除。所有測帶(swath)至少應以檢核測線交錯一次，以確認定位、水深量測及水深歸算的精度。 二、單一測帶之長度、或操作時間段，是否應有所規範？ 三、第九章 檢核及驗收第三項僅說明地點，未說明比例？未說明比例尺，故圖上距離難於規範。任何現地誤差均可以適當比例尺滿足一公厘之規定。 四、表 5 多音束測深品管/品保準則表(二)由於跨頁，A-18 頁之延續部分應有適當表首行。	一、參考辦理修改，10.5 為測深密度之品管原則，將刪除檢核測線交錯等描述。 二、參考辦理。測線長度或時間可依照軟硬體等級設定，本規範將保留其包容性。 三、參考辦理。以一千分之一為例，一公厘之誤差為 1 公尺，其規範原則源自製圖誤差量與測量誤差有別。 四、遵照委員意見修改排版。
蕭松山 教授(書面意見)： 一、1.1 規範目標中之『淺水多音束』與『港灣水域多音束』不一致，建議檢討或考慮不侷限在何種水域。 二、P.A-3 表 1 是否遺漏『交錯檢核線』請查證。	一、遵照委員意見修改，本草案改為『多音束測深規範(草案)』。 二、『交錯檢核線』應刪除。

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
三、P.A-9 潮位觀測 1.建議修改為『在水深測量期間，需於潮位變化大之海域需增設測站以減少潮位修正誤差，以提供 』。 四、P.A-15 表 4 中 1.重疊率二等測量及 2.最大容許平均誤差的『不適用』建議用『不限制』。 五、P.A-7 4.3 節覆蓋率建議在不同水深範圍有不同的規範，如水深 250 公尺以內覆蓋率 130%。	三、遵照委員意見修改。 四、遵照委員意見修改。 五、參考辦理，請參照表 4。
宋國士 教授(書面意見)： 一、對於金馬地區的高程基準和投影座標是否和台灣本島基準 TWVD2001 及二度分帶分離。(參考 P.A-2)。 二、第二章中的備註說明須予以修正： 1. 機械式掃測測深儀?(側掃聲納) 2. 第五列中，以三個測深值可偵測之?(至少有三個測值) 3. 第六列中， 檢核主測深水值?(測值)(參考 P.A-4) 三、第三章,3.1 第二項是否只需考慮如 PDOP 幾何因子，而不必至少五顆衛星("紀"錄，錯字)(參考 P.A-5)	一、TWVD2001 係內政部以 1990 年 1 月 1 日標準大氣環境情況下，並採用基隆驗潮站 1957 年至 1991 年之潮汐資料化算而得，並命名為 2001 台灣高程基準。而澎湖金門馬祖等地之潮位及潮汐特性與台灣本島有異，故離島地區目前之高程基準是以當地之潮位觀測資料所建置。至於澎湖金門馬祖之投影方式常為 UTM 或 TM 二度分帶，與台灣地區所用者相同。 二、遵照委員意見修改，機械式掃測測深儀(sweep type echo sounder) 乃為多個單音束音鼓集合而成之測深系統。 三、遵照委員意見修改。

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
四、第四章, 4.2 第二項, 是否只限定台灣本島;第三項是否刪除(本規範只限定淺水測量, 不含大於 200 公尺水深地區), 4.3 第三項是否改為第 2 項的備註說明。(參考 P.A-7) 五、第四章, 4.4 節, 第(1)項是否刪除(在多音束規範概念中, 測線間距應和製圖比例尺無關)。(參考 P.A-8) 六、第五章, 底質特性是否可考慮刪除(和多音束測深規範無關)。(參考 P.A-9) 七、第九章, 建議刪除第 3~第 5 項(和規範無關事項;多音束測深對潮帶及岸線測量效率低)。(參考 P.A-11) 八、10.6 節, 第(6)項, 量測精度改為量測誤差。(參考 P.A-14) 九、第 10 章 10.7 第一項表 3, 建議刪除(考慮業者無法遵行或無力進行此項儀器品管作業)(參考 P.A-15) 十、第十章表 4, 聲速剖面儀檢校項目: 1. 是否包括 CTD, XBT?	四、4.2 第二項與 1.2.2 立意相同, 將斟酌修改用語。 五、參考辦理。4.4 節三種交錯檢核條件有其適用性, 此規範來自紐西蘭: Hydrographic MBES Survey Standards TH Standard 23 Version 2.2 第 17 頁, 加拿大: Standards for Hydrographic Surveys 第 20 頁, 美國 NOAA NOS HYDROGRAPHIC SURVEYS SPECIFICATIONS and DELIVERABLES 第 70 頁。 六、參考辦理。底質調查乃遵循 IHO 水深測量規範精神而加入, 另外海流與底質資料無論在船隻導航、海岸工程及生態應用等方面皆有助益, 故予保留以維持規範之完整性。 七、參考辦理。可再討論應予保留或是否刪除。 八、遵照委員意見修改。 九、參考辦理。或可由此部分規範存在之必要性來探討, 應可再討論予以保留或刪除。 十、參考辦理修改。 1. 不限定使用何種儀器測量聲速剖面。

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
2. 最高紀錄 ..密度 高低紀錄 ..之深度間距。 3. 系統檢校周期是否太短，不同測定儀器如何檢校。(參考 P.A-16)。	2. 遵照委員意見修改。 3. 參考辦理。可再探討其檢校方式及週期在國內執行之可行性，原則上檢校週期依照儀器手冊檢校或送回原廠檢校。
十一、 第 10 章表 5，音鼓安置，修正程序，建議改為自我修正(已有疊合測試機制檢核)(參考 P.A-17)	十一、 參考辦理。此項規範乃源自美國工兵署 Engineering and Design HYDROGRAPHIC SURVEYING 第 11-32 頁表 11-2,因音鼓每次安置都可能部份偏差，故加入此項品管項目。
十二、 11.2 節第 1 項，規定是否合宜(台灣海域之預報最靜海況，均報風力 4-5 級，陣風 6 級)(參考 P.A-21)	十二、 參考辦理修改，刪除風力波高限制，由品管人員判定。
十三、 11.2 節第 3 小項， .安置同一平面位置，改為安置於同一平面位置座標點上;單音束音鼓 .改為多音束音鼓(?或刪除末段)(參考 P.A-21)	十三、 遵照委員意見修改。
十四、 11.2 節第 7 小項，調整 方位與岸線一致，應為碼頭岸堤邊線(?)(參考 P.A-21)	十四、 參考辦理修改，電羅經方向需正對船艏，與碼頭岸堤邊線一致，以利與邊線方位檢核。
十五、 11.3 小節第 10，第 11，第 13 項建議刪除(資料的網格內插方法應視資料密度因素決定之，方法眾多不必嚴格限制，尤其利用 TIN，對大量分布均	十五、 11.3 小節第 10 項主要說明多音束測深不絕對必要進行內插計算，可是測量資料密度及使用目的而定。第 11 項主要說明內插結果與內插方法

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
勻的多音束測深資料點，更不合適)。(參考 P.A-25)	及採用之參數有密切關係，需謹慎處理且記錄資料處理時所採用之參數，以利未來對結果之判斷。第 13 項主要說明測量結果之合理性可與歷史水深資料比較之。此部分規範存在之必要性，可再討論應予保留或是否刪除。

附錄二 多音束測深規範(草案)

多音束測深規範(草案)



交通部運輸研究所

國立中山大學

合作辦理

中華民國九十五年九月

目 錄

目錄	94
圖目錄	97
表目錄	97
第一章 總 則	98
1.1 規範目標	98
1.2 座標基準	98
1.2.1 平面基準	98
1.2.2 高程基準	98
1.2.3 投影座標系統	99
1.3 潮位觀測	99
第二章 測深分級	100
第三章 定位	102
3.1 定位系統	102
3.2 平面控制	102
3.3 測深的定位	102
第四章 測深	104
4.1 水深測量精度	104
4.2 深度測量	104
4.3 測線方向及間距	104

4.4 交錯檢核線	105
第五章 底質特性	107
第六章 潮位觀測	108
第七章 潮流調查	109
第八章 資料屬性	110
第九章 檢核及驗收	111
第十章 品質管制的準則	113
10.1 品質管制之方式	113
10.2 作業證明	113
10.3 定 位	113
10.4 水 深	113
10.5 測深密度	114
10.6 誤差來源及總傳播誤差	114
10.7 品管及品保準則	115
第十一章 作業程序	119
11.1 規劃階段	119
11.1.1 圖面規劃	119
11.1.2 現場踏勘	119
11.1.3 規劃報告格式	120
11.2 作業階段	120
11.2.1 作業準備	120

11.2.2 現場實測	123
11.2.3 資料檢查及備份	124
11.3 資料處理階段	124

圖目錄

圖 1 多音束測深測線規劃原理	105
-----------------	-----

表目錄

表 1 淺水多音束測量精度規範	100
表 2 重要特徵物水平定位的最低標準(95%信賴程度)	103
表 3 水深測量品管/品保之準則表	115
表 4 多音束測深品管/品保準則表(一)	115
表 5 多音束測深品管/品保準則表(二)	117

第一章 總 則

1.1 規範目標

1. 本規範目標為順利獲得高精度及高密度的水深及其他相關測量調查資料，做為港灣航安、浚挖及海岸工程施工的的參考依據，針對淺水多音束水深測量，特制定本規範。
2. 本規範延用陸域基本控制測量系統。
3. 淺水多音束水深測量工作可搭配：海底地形測量、潮汐觀測、潮流調查、底質調查及海床特徵物的測繪。

1.2 坐標基準

1.2.1 平面基準

1. 坐標系統之參考橢球體採用 1980 年國際大地測量學與地球物理學協會（International Union of Geodesy and Geophysics 簡稱為 IUGG）公布之參考橢球體 GRS80，其橢球參數如下：

(1) 長半徑 $a = 6,378,137$ 公尺。

(2) 扁率 $f = 1/298.257222101$ 。

1.2.2 高程基準

1. 臺灣本島以基隆驗潮站平均海水面為起算點(TWVD2001)，在其上者高程為正，在其下者高程為負。
2. 各離島之高程基準若未能採用臺灣本島之 TWVD2001 高程基準，則以各離島驗潮站觀測推算之平均海水面作為高程起算點。

3. 若有必要時，可以當地之最低低潮位面或築港高程系統為高程基準，唯需同時引測 TWVD2001 高程基準與當地之最低低潮位面或築港高程系統間之高程差值。

1.2.3 投影坐標系統

1. 採用橫麥卡托坐標系統，經差二度分帶，中央子午線尺度比率為 0.9999，坐標原點為中央子午線與赤道之交點，橫坐標西移 250,000 公尺。
2. 臺灣本島地區以東經一百二十一度為中央子午線。
3. 澎湖地區以東經一百一十九度為中央子午線。

1.3 潮位觀測

乃於全國沿海若干地點裝置驗潮設備，不斷檢測潮汐之高低，以求得當地之平均海水面 最低低潮位面，及其與高程基準面(TWVD2001)之高程差。

第二章 測深分級

本規範的精度要求針對不同的港灣水域水深測量用途，分為三種測量等級：特等測深、一等測深及二等測深，針對不同的水深測量用途可參照表 1。

表 1 淺水多音束測量精度規範

等級	特等測深	一等測深	二等測深
典型水域範 例	港區、錨泊區和重要 航道等需最少船底 淨空水域或浚挖及 海岸工程	港區、進港航道、建 議航道與水深 100 公 尺以內的海岸水域 或浚挖及海岸工程	非特等或一等水 域且水深在 200 公尺以內的水域 或浚挖及海岸工 程
水平位置精 度 (95 % 信 賴區間)	2 公尺	5 公尺+5%水深	20 公尺+5%水深
水深測量精 度 (95 % 信 賴區間) * 備註一	a = 0.25 公尺 b = 0.0075	a = 0.5 公尺 b = 0.013	a = 1.0 公尺 b = 0.023
100% 底床 搜尋	必要 * 備註二	特定地區為必要 * 備註二	選擇性
偵測海床特徵物的能力 * 備註三			
水深 40 公尺 以內	1 公尺	2 公尺	4 公尺

水深超過 40 公尺	2.5%水深	5%水深	10%水深
---------------	--------	------	-------

備註一：量測精度（95%信賴區間）的公式 = $\pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$

其中： a = 固定水深誤差，如：所有固定水深誤差的總和。

b*d = 從屬水深誤差，如：所有從屬水深誤差的總和。

b = 從屬水深誤差因子。

d = 水深。

備註二：為了航安目的，在特等和一等水域採用側掃聲納以確定保持最小安全淨空水深，是可行的。

備註三：預計船隻的最大吃水量為 40 公尺。

說明：

第一列 「典型水域範例」，舉例說明此等級適用的水域。

第二列 「水平位置精度」，列出達到此等級所需的定位精度。

第三列 「水深精度」，說明此等級的歸算水深精度的特定參數。

第四列 「100%底床搜尋」，說明需要完整海底搜尋的時機。

第五列 「量測系統對海床特徵物的偵測能力」，說明量測系統對底床特徵物搜尋辨識應有的能力，至少有三個測深值。

第三章 定位

3.1 定位系統

1. 測量資料前後應執行標準程序檢核定位系統。
2. 若使用衛星定位系統，若使用衛星定位系統至少應同時紀錄五顆衛星並且 PDOP 應小於 3。

3.2 平面控制

協助海上定位的控制點精度限制如下：

1. 主要近岸控制點之距離較差應在二萬分之一以內，角度之較差在 10" 以內，如果使用衛星定位其坐標分量較差之 95%信賴區間誤差不超過 10 公分。
2. 次要近岸控制點其距離較差應在一萬分之一以內，角度之較差在 20" 以內，如果使用衛星定位其坐標分量較差之 95%信賴區間誤差不超過 10 公分。

3.3 測深的定位

1. 測深、礙航物及所有水下顯著的特徵物之定位，都應遵照表 1 規範的規定。
2. 測深的定位精度是指海床水深的平面位置在大地參考坐標系統上的精度。

3. 地形、地貌與其他重要特徵物的 95%信賴區間誤差之水平定位精度應依表 2 規定。

表 2 重要特徵物水平定位的最低標準(95%信賴程度)

等級 特徵物	特等測深	一等測深	二等測深
導航相關設施及特徵	2 公尺	2 公尺	5 公尺
天然海岸線	10 公尺	20 公尺	20 公尺
導航用浮標的平均位置	10 公尺	10 公尺	20 公尺
地形特徵物	10 公尺	20 公尺	20 公尺
位置明確特徵物	2 公尺	2 公尺	5 公尺
位置易改變特徵物或區域面積代表點位	10 公尺	10 公尺	20 公尺

第四章 測深

4.1 水深測量精度

1. 預估的水深精度是指統計中 95%信賴程度所產生的總傳播誤差 (Total Propagated Error, TPE)值，配合表 1 第三行的 a 與 b 常數，計算得到預估水深誤差必須小於表 1 所要求之水深測量精度。
2. 總傳播誤差應包含：
 - (1) 量測系統及聲速誤差。
 - (2) 潮汐量測及模式誤差。
 - (3) 資料處理誤差。

4.2 深度測量

1. 特徵物的水深量測應符合特等測量的水深精度規範。
2. 量測水深應做潮位修正且歸算至 TWVD2001 高程。
3. 水深超過 200 公尺時可不作潮汐修正。

4.3 測線方向及間距

1. 測線方向以平行等深線為原則。
2. 多音束測深的測線間距以覆蓋率表示之。

3. 多音束測深之覆蓋率為 100%時重疊率為 0%，覆蓋率為 200%時重疊率為 100%，此時測線間距約為 1/2 測帶寬度，可參照圖 1。

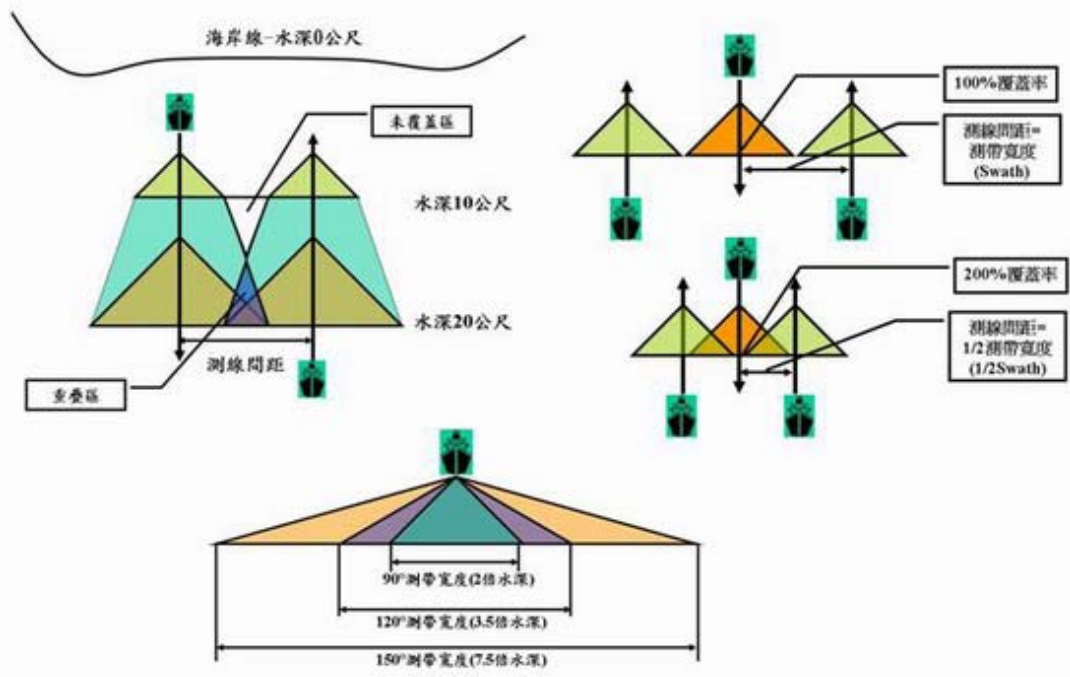


圖 1 多音束測深測線規劃原理

4.4 交錯檢核線

交錯檢核線間距之要求可依測區地形變化複雜度或水深測量等級之需求，選擇採用下列三種測線間距之一。其原則為，若測區地形變化較大或水深測量等級較高者，其交錯檢核線之間距應較密。交錯檢核線與主測線之交錯角度介於 60~90 度之間。

- (1) 交錯檢核線之測線間距通常不超過製圖比例尺 10 公分的長度。
- (2) 交錯檢核線之測線間距通常不超過主測線間距的 15~20 倍。

(3) 交錯檢核線長度至少應為主測線的 5% , 且均勻分佈於測區。

第五章 底質特性

1. 使用多音束測深或任何間接推論方法進行海床底質分類時，應配合實地底質採樣來驗證之。
2. 重要地區必須進行大範圍底質採樣及分析。

第六章 潮位觀測

1. 在水深測量期間，需於潮位變化大之海域需增設測站以減少潮位修正誤差，以提供測深的潮汐修正。
2. 若定位系統或其他儀器提供測深地點之即時潮位資料，可取代傳統之潮位修正，例如 RTK 之高程可用於潮位修正。
3. 提供潮汐分析與預測所需之潮位觀測資料，應儘可能延長而且不少於 29 天。
4. 在特等測量中，95%信賴區間的潮位量測總誤差(含潮位儀與時間誤差)不應超過 ± 5 公分，其餘等級量測則不應超過 ± 10 公分。
5. 潮位觀測宜同時以 TWVD2001 與地心參考坐標系統來表示，而地心參考坐標系統則採用 GRS80 橢球原子。

第七章 潮流調查

1. 重要地區得設置潮流觀測站。
2. 潮流速度及方向在 95%信賴區間之量測誤差應分別小於 0.1 節及 10 度。

第八章 資料屬性

1. 為廣泛的評估量測資料品質，某些資訊必須配合量測資料加以紀錄或書面化，資料品質書面化的過程稱為資料屬性化；資料品質的資訊稱為詮釋資料。
2. 詮釋資料至少應包含下列訊息：
 - (1) 一般項目：施測日期、施測地點、使用儀器及其精度、測量載具名稱、操作人員及品管人員。
 - (2) 所採用的大地參考坐標系統：水平及垂直坐標基準，若使用區域性坐標系統，應同時以 TWD97 坐標系統來表示。
 - (3) 儀器檢校程序及其結果。
 - (4) 聲速資料或測深修正板結果。
 - (5) 潮位基準與潮汐修正。
3. 點狀資料屬性
 - (1) 測量水深值應以交錯檢核法(Cross Check)估算其 95%信賴區間誤差，將其列入詮釋資料。
 - (2) 定位時宜加入多餘觀測，測深時應加入檢核測線以確定其量測品質。

第九章 檢核及驗收

1. 為確保實測成果之精度及資料蒐集之完整，所有測量成果均明確訂定檢核與驗收標準，以確保測量成果資料之完整正確。
2. 水深資料的檢核比例：測量或匯整之水深資料的檢核比例為資料範圍的百分之十。
3. 岸線資料的檢核比例：測量或匯整之資料的檢核應採測區範圍內一處自然岸線及一處人工岸線比對檢核。
 - (1) 高潮線測量誤差限制：除測定高潮線之正確位置外，並檢核岸線附近之地貌、地物及地質（如圖例所示岩岸、沙岸及石岸等），高潮線測定誤差在圖上不得超過一公厘。
 - (2) 低潮線測量誤差限制：在圖上不得超過二公厘。
4. 導航相關設施資料的檢核比例：測量或匯整之資料的檢核比例為資料範圍的百分之十。
5. 陸上地形資料的檢核比例：測量或匯整之資料的檢核比例為資料範圍的百分之十。
6. 海底地形資料的檢核比例：測量或匯整之資料的檢核比例為資料範圍的百分之十。
7. 海洋資源及環境資料的檢核比例：測量或匯整之資料的檢核比例為資料範圍的百分之十。
8. 檢核取樣方式以均勻分佈為原則，若業主要求，可選擇重要區域為優先。
9. 驗收機制分為監驗、資料檢核及抽驗，可合併採用。

- (1) 監驗：監驗人員全程隨同測量人員監督量測程序及計算過程，並檢驗之。
- (2) 資料檢核：施測單位將測量成果資料及測量成果報告書，送交審查單位進行相關資料之正確性檢核。
- (3) 抽測驗收：使用同等級或更高級的儀器或方法，依上述各項資料檢核比例，進行抽測驗收作業。

10.測量成果資料及測量成果報告書之送交，其格式由業主自行規定。
測量成果資料應包括以下資料：

- (1) 控制點記錄(或導線折角觀測及測距記錄)、輔助標交會記錄、重要航泊指示標記坐標經緯度、水深測量記錄、驗潮記錄、驗流記錄、助礙航標成果表、水準點點誌記、特徵物(地物)資料圖表記錄，繪圖完成之成果圖等有關執行測量之任何野測資料。
- (2) 測量成果報告書應包括下列內容：施測單位名稱、工作編組人員及狀況、工作方法，使用裝備情況，測量精度檢討，起訖日期，原始資料紀錄文字、圖、表及磁性檔，與計算過程所採用之參數、軟體名稱及成果。
- (3) 測量成果資料及測量成果報告書之送交：施測單位於抽測驗收工作完成後，將所有野測資料重新整理後並依成果驗收紀錄所列缺點改進後，繪製成果圖及成果報告書經審核後完成，始可燒錄於光碟片中併書面資料送交委辦單位，以為永久保存。

第十章 品質管制的準則

10.1 品質管制之方式

1. 品質管制之方式分為內部自我品質管制與外部品質管制。
 - (1) 內部自我品質管制應由施測單位的品管人員的海測人員監督或檢查為之。
 - (2) 外部品質管制由甲方選定監驗單位(丙方)，由丙方指派品管人員監督或檢查之。

10.2 作業證明

1. 作業證明(例如進出港紀錄)為品管紀錄的一部份，至少應記錄使用船隻、船長、測量人員、作業時間及海象條件等，格式由業主自行規定。

10.3 定 位

1. 若無多餘定位觀測需常施以嚴密檢校，以確保定位品質。

10.4 水 深

1. 水深資料的標準品管程序應以多餘的測深值檢核之，其差異需確定符合本規範表 1 之規定。若有異常之差異應進一步分析其可能發生的誤差來源，並對測繪成果加以改善或重新測量以解決之。

2. 轉彎或航向變化劇烈的水深值，不可用於產生最後的測深成果。
3. 多音束測深外部音束的測深值，若未達測深精度要求，不可用於產生最後的測深成果。

10.5 測深密度

1. 強制評估每一音束的量測精度，若任何外側音束超過容許誤差，則該音束所量測的水深資料都需予以刪除，若因刪除過多資料使測深密度不足時應補測之。

10.6 誤差來源及總傳播誤差

1. 而每一個音束可能存在的誤差包括：
 - (1) 定位系統誤差。
 - (2) 水深量測誤差。
 - (3) 聲音在水中行進路徑為彎曲之不定性，包括聲速剖面誤差。
 - (4) 船隻航向的量測誤差。
 - (5) 音鼓安置角度所引起的誤差。
 - (6) 船隻姿態收集器所引起的誤差，即船隻前後傾斜、左右搖擺與上下起伏的量測誤差。
 - (7) 系統之時間遲滯誤差。
2. 建議測量單位探討其水深量測系統之誤差來源，並估算其總傳播誤差 (Total Propagated Error, TPE)。

10.7 品管及品保準則

1. 使用各種測深儀器基本的品管/品保準則可參照表 3。

表 3 水深測量品管/品保之準則表

等級	特等測量	一等測量	二等測量
聲速品管校正	> 2 次/日	2 次/日	1 次/日
平面位置檢校	1 次/日	1 次/計畫	1 次/計畫
品管測試	必需	必需	選擇性
最大容許偏差 (bias)	±3 公分	±6 公分	±15 公分

2. 不同等級的多音束測深的品管/品保準則可參照表 4 及表 5。

表 4 多音束測深品管/品保準則表(一)

等級	特等測量	一等測量	二等測量
多音束水深測量之品管			
最大音束涵蓋角度	90 度	120 度	不限制
重疊率	10% - 50%	10%	不限制
音鼓固定軸系檢查	依據需求	依據需求	依據需求
音鼓軸系安置角度及系統時間延遲修正	週期性	週期性	週期性
專案最淺水深			

等級	特等測量	一等測量	二等測量
現況水深測量	>6m	>6m	任意深度
最高測量航速限制			
	2-5 節	5-10 節	不限制
聲速剖面儀檢校			
執行聲速剖面檢校	> 2 次/天	2 次/天	2 次/天
聲速記錄之最小單位	0.30 公尺/秒	0.3 公尺/秒	0.3 公尺/秒
最高記錄聲速剖面之深度間距	1.5 公尺	1.5 公尺	1.5 公尺
聲速剖面量測最大容許差異	1.5 公尺/秒	1.5 公尺/秒	1.5 公尺/秒
檢校地點	測區內	接近測區	測區附近
聲速剖面儀內部系統檢校	每週	每週	每月
其他檢查			
船隻動態吃水檢校	每年	每年	每年
船隻吃水變化檢查	2 次/天	2 次/天	2 次/天
品保測試			
需求	1 次/專案	1 次/專案	3 個月
最大錯誤	0.30 公尺	0.30 公尺	0.30 公尺
最大容許平均偏差	< 0.03 公尺	< 0.06 公尺	不限制
標準誤差(95%信	參閱表 1		

等級	特等測量	一等測量	二等測量
賴區間)			
記錄深度			
最大網格尺寸	1 公尺	5 公尺	依需求
深度記錄之最小單位	0.03 公尺	0.03 公尺	0.03 公尺

表 5 多音束測深品管/品保準則表(二)

	量測時段	修正程序	95%信賴區間 之容許偏差	改正方案
感測器軸系之調校與安置位置偏移量量測				
音鼓	開始安置	水準儀/全測站	0.5 度	重新安置
航向儀	開始安置	自我修正	製造規格	位置重放
船隻姿態收集器	計畫開始時	自我修正	0.1 度	重新安置
GPS 天線	開始安置	直接水準測量	0.03 公尺	重新安置
船隻動態下壓	每年	經緯儀 / 水準儀 / DGPS	0.03 公尺	無
船隻吃水動態變化	依實際需求	船隻吃水記號	0.03 公尺	無
音鼓安置軸系及時間遲滯校準試驗(殘餘偏差修正)				
前後傾斜	開始安置或更改時	海底斜坡面上測量兩條相反方向線	0.06 公尺	修正軟體內之設定

	量測時段	修正程序	95%信賴區間 之容許偏差	改正方案
左右搖擺	開始安置 或更改時	海底平坦面上測量 兩條相反方向線	0.06 公尺	修正軟體 內之設定
時間遲滯	開始安置 或更改時	海底斜坡面上測量 兩對不等速之相反 測線	0.06 公尺	修正軟體 內之設定
方位角/航向 角	開始安置 或更改時	海底突出物上測量 兩對相鄰之測線	0.06 公尺	修正軟體 內之設定

第十一章 作業程序

11.1 規劃階段

11.1.1 圖面規劃

1. 測區與潮位站及陸上控制點之位置規劃：測區至潮位站之距離應考慮潮汐特性，測區至陸上控制點之距離應考慮無線電有效範圍及定位方法之距離及幾何強度限制與通視問題。若作業區寬廣超過作業距離需增加陸上控制點。若作業區潮時及潮位差可能超過潮位修正之需求，則需增加沿岸潮位站，或增加外海潮位觀測方法。
2. 導航背景圖規劃：選擇適當比例尺的海圖，數化海岸線、測量船進出港口位置(含防波堤)及規劃測線，測線長度應超過作業區域範。並將導航背景圖載入海測軟體。

11.1.2 現場踏勘

1. 現場勘查目的在檢視圖面作業無法查覺的事項，針對作業區範圍及周邊環境，檢視控制點、定位系統檢核點及潮位站，若無適當控制點或潮位站，則需引測之。並且檢查可能影響作業的環境，例如：陸上測量的遮蔽效應、無線電或雷達干擾、海上測量的航行障礙等。依照不同的作業方式，現場踏勘的工作項目至少包括：
 - (1) 控制點及定位系統檢核點：控制點及檢核點環境檢視與引測及檢核，並且記錄之。
 - (2) 潮位站：潮位站環境檢視及引測與檢核，並且記錄之。
 - (3) 船隻及港口：選擇合適的作業船隻及可進出港口，並且規劃設備安裝於船隻之配置。

- (4) 作業方法：考量作業方法可能產生的問題，例如：使用傳統光學測量定位儀器時，應注意控制點是否可通視作業區；使用衛星定位時應考量控制點附近衛星遮蔽角度及磁場源等；若使用無線電設備時，應注意可能干擾無線電的因子，例如無線電站台及雷達等。
- (5) 作業區：使用船隻測量應考量航行安全及作業區是否有障礙物，使用空載雷射考量作業區的水質透視度。
- (6) 作業時段及潮位變化：影響可作業時段的因子，如季節風、颱風及潮位變化等，例如：冬季可作業工作天較少，每日工作時數也較夏天少；另外近岸作業時，工作時段特別容易受到潮位變化影響。

11.1.3 規劃報告格式

1. 由業主規定，至少應包括以下項目：

- (1) 作業區圖文說明：作業區範圍圖、作業需求說明及規劃之測線。
- (2) 作業方法及儀器：作業方法說明、擬使用之定位、測深及其他輔助系統之規劃及其精度。
- (3) 潮位站之選擇、引測及高程檢核。
- (4) 控制點之選擇、引測及平面位檢核，定位系統檢核點資料。
- (5) 進出港口、船隻吃水、噸位及設備配置資料。
- (6) 測量及品管人員之規劃。

11.2 作業階段

11.2.1 作業準備

1. 品管人員檢視波風力及並紀錄之，當海象不佳品管人員得視當時資料品質良窳來決定是否停止作業。
2. 定位系統檢核及修正：若定位系統可直接獲得坐標，則直接比對檢核點坐標是否符合表 1 之精度要求；未能直接獲得坐標的定位系統，則依照測量法及相關規定檢核之。
3. 儀器安置架設：船隻上所有儀器的安裝皆需完全固定，且感測器的位置儘可能安置於不受船隻姿態影響之處，通常為船隻重心。定位系統及測深音鼓儘可能安置於同一平面位置座標點上。多音束音鼓、船隻姿態及電羅經感測器應儘量平行船中心線；多音束音鼓應垂直水平面。品管人員應檢視架設之穩定性及正確性。
4. 各儀器連結至海測軟體並進行時間同步：將各儀器連結至海測軟體並確認傳輸正確，且調整電腦時間與定位系統時間同步。
5. 基本資訊記載：應完成記載本次測量基本資訊，由於各種海測軟體大多提供基本資訊的記載功能，建議表格之設計應配合使用者的軟體設施，但繳交基本資訊數值檔之格式可由業主另行訂定，應有以下項目之資料：
 - (1) 計畫資訊：計畫名稱及工作項目。
 - (2) 人員資訊：船長、海測操作員及海測品管員(記錄員)等。
 - (3) 定位系統資訊：儀器名稱、儀器廠牌及型號、採用模式、基站資訊(使用信標差分可免填)及移動站資訊等。
 - (4) 載具資訊：船隻示意圖、船隻長度及寬度、船名及噸位等。
 - (5) 儀器配置資訊：原點位置、定位感測器相對坐標、船隻姿態收集器或湧浪補償器相對坐標、音鼓相對坐標及多音束音鼓軸系安置角度等。

- (6) 潮位資訊：潮位資料取得方式、潮位資料、所採用之潮位基準及潮位模式等。
- (7) 本次工作概述：包含本次工作之時程、遭遇之問題及其解決方式等。
- 6. 各感測器相對位置量測及記錄：以船隻重心為相對坐標中心，記錄及繪製感測器相對位置配置圖，包括：
 - (1) 音鼓吃水：音鼓至水面距離。
 - (2) 音鼓平面位置：音鼓至船隻中心相對位置。
 - (3) 定位感測器高程：定位感測器至水面距離。
 - (4) 定位感測器平面位置：定位感測器至船隻中心相對位置。
 - (5) 船隻姿態收集器：應儘量安置於船隻重心，若不能則應紀錄相對位置。
- 7. 感測器角度量測、記錄及修正：調整電羅經感測器方向需正對船艏與碼頭岸堤邊線一致以利與邊線方位檢核，計算船隻姿態收集器的安置角度。
- 8. 海測軟體參數設定、檢核及記錄：
 - (1) 輸入感測器相對位置、投影參數及預測潮位。
 - (2) 調整資料紀錄間隔。
 - (3) 定位系統若有原始坐標資料儲存記憶體，應在工作後下載保留之。測深記錄紙/檔亦應記錄日期、工作地點，並需在測深記錄紙上固定時間加入事件記號(event mark)及其測量時間或平面坐標，並留存之。
 - (4) 檢視定位系統在導航背景圖上位置之合理性及量測水深之正確性。

- (5) 記錄所有輸入海測軟體之參數值。
- (6) 潮位資料蒐集：量測潮位資料，若使用現有潮位站則需設立潮位檢核站，並確定現有潮位站資料之可用性。
- (7) 定位資料自靠泊進出港開始記錄。
- (8) 測深校正板檢校及聲速剖面量測：以上檢校應儘量於作業區附近完成，單音束測深使用水深校正板檢校，作業前應量測第一次聲速剖面。
- (9) 多音束測深作業前後需執行音鼓軸系安置角度及系統時間遲滯試驗(patch test)。

11.2.2 現場實測

1. 航行安全是水上船隻測量第一要務。
2. 船隻通過海測軟體之背景圖內之特徵，例如：防波堤、堤頭等，需經常檢視相對位置的正確性。
3. 測深記錄紙/檔應自動標示事件記號(event mark)，包含時間及位置資訊。
4. 歷史資料可附加於海測軟體之背景圖內，以供經常檢視比對測量之合理性及其異常現象。
5. 水深記錄按照規劃之測線航行，應隨時注意測線之偏離、電源供應、通視問題、無線電干擾、收訊不良、音鼓固定、海象變化、測深值設定、水體溫鹽變化劇烈程度及其他異常狀況。
6. 多音束測深之測量密度儘可能在海上檢視之，若未達規定標準，應立即補測之。
7. 每日選擇日照最強或水溫溫差較大時段，量測第二次聲速剖面。在水體溫鹽變化劇烈區域應加測多次聲速剖面。

8. 作業結束後應在陸上檢核點檢核定位系統之正確性。
9. 所有異常現象應記錄。

11.2.3 資料檢查及備份

1. 下載各種儀器的原始記錄。
2. 檢查電子檔之檔案大小及內容是否合理。
3. 每日原始資料(含記錄紙及電子檔)備份二份。
4. 繳交當日原始資料或備份(含定位、水深、測深記錄紙/檔、潮位、船隻姿態、聲速剖面、儀器及感測器安置位置、軟體使用參數及進出港証明等)。

11.3 資料處理階段

1. 儘可能每日處理當日的資料。
2. 品管人員檢核及初步篩選可疑水深，並且逐一檢驗每條測線，若使用自動篩選應記錄篩選條件，被刪除之異常水深(例如：歸算前水深值為 0)亦應保留其原始記錄。
3. 檢核感測器安置位置。
4. 檢核潮位資料，並且修正水深。
5. 檢核聲速剖面資料，並且修正水深。
6. 檢核船隻姿態資料，並且修正水深。
7. 合併所有修正參數得到歸算水深。
8. 品管人員第二次檢核及篩選可疑水深，被刪除之異常水深亦應保留其原始記錄，若篩選之水深資料密度未達規定標準應補測之。

9. 針對特殊量測目的或特徵物探測，歸算後可疑水深應更嚴格篩選，必要時得重新測量或使用其他精度更高的系統量測。
10. 資料內插轉換為推測曲面，以供後續繪製及比較工作，多音束測深時，若水深資料密度足夠可直接使用其水深，則不必內插轉換。
11. 推測曲面的內插模式通常分為正交網格(GRID)或不規則三角網(Triangulated Irregular Network, TIN)，使用內插模式及參數應詳實記載。
12. 潮位資料可與預測潮位或附近潮位站資料比較，以確定其正確性。
13. 水深資料可與歷史水深資料比較，以確定其正確性，唯需同時注意其海岸變遷之狀況。

附錄三 S-57 底質分類說明

S-57 底質分類說明

(摘自 IHO S-57/ENC Object and Attribute Catalogue)



交通部運輸研究所
國立中山大學
合作辦理
中華民國九十五年十二月

目 錄

目錄	128
第一章 地表屬性	129
1-1 Attribute: Nature of surface	129
1-2 Acronym: NATSUR	129
第二章 地表特性	131
2.1 Attribute: Nature of surface - qualifying terms	131
2.2 Acronym: NATQUA	131

第一章 地表屬性

1.1 **Attribute:** Nature of surface

1.2 **Acronym:** NATSUR

Code: 113

Attribute Type: L

ENC Condition:

For SBDARE objects, at least one of attributes NATQUA or NATSUR must be encoded.

Expected input:

ID	Meaning	INT 1	M-4
1	mud	IJ 2,20	
2	clay	IJ 3	
3	silt	IJ 4	
4	sand	IC 6, IJ 1,20	312.2;
5	stone	IC 7, IJ 5,20	312.2; 425.5-6;
6	gravel	IJ 6,20	
7	pebbles	IJ 7	
8	cobbles	IJ 8	
9	rock	IJ 9,21	426.2
10	marsh		
11	lava		
12	snow		

13	ice		
14	coral	IJ 10,22	425.5; 426.3;
15	swamp		
16	bog/moor		
17	shells	IJ 11	425.5-6;
18	boulder		

Remarks: The attribute ‘nature of surface’ encodes the general nature of the material of which the land surface or the sea bed is composed.

Mixed bottom: where the seabed comprises a mixture of material, the main constituent is given first e.g. fine sand with mud and shells would be indicated as 4,1,17.

Mud, sand, stone, rock are terms used for the general description.

Clay, silt, gravel, pebbles, cobbles are more specific terms related to particle size.

[Object Classes](#) that use NATSUR

第二章 地表特性

2.1 **Attribute:** Nature of surface - qualifying terms

2.2 **Acronym:** NATQUA

Code: 114

Attribute Type: L

ENC Condition:

For SBDARE objects, at least one of attributes NATQUA or NATSUR must be encoded.

Expected input:

ID	Meaning	INT 1	M-4
1	fine	IJ 30	425.5-6
2	medium	IJ 31	425.5-6
3	coarse	IJ 32	425.5-6
4	broken	IJ 33	425.5-6
5	sticky	IJ 34	425.5-6
6	soft	IJ 35	425.5-6
7	stiff	IJ 36	425.5-6
8	volcanic	IJ 37	425.5-6
9	calcareous	IJ 38	425.5-6
10	hard	IJ 39	425.5-6

Remarks: The attribute ‘nature of surface - qualifying terms’ encodes the nature of various forms of natural surface materials in terms of their size,

morphology and consistency.

Object Classes that use NATQUA

附錄四 期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☒期中☐期末報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-95-H2DB008

計畫名稱：淺水域多音束量測水深技術研究(2/4)

執行單位：國立中山大學海洋科技研究中心

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
林銘崇 教授： 1. 整體而言，期中之成果及其品質良好。 2. 測深之總傳播誤差是否需要包含湧浪修正誤差？ 3. 潮流調查之誤差規範除潮流速度及方向外，位相是否需要。 4. 針對底質，何以僅規範其採樣分析之必須性？是否有其他具體之需求考量。	1. 謝謝林委員支持。 2. 船隻姿態收集器上下起伏的量測誤差即為湧浪修正誤差。 3. 潮流之調查出自 IHO SP44 規範，其用意為使用海圖時，協助船隻航行安全的資訊，其要求與海岸工程設計所需資訊不同。 4. 底質之調查出自 IHO SP44 規範，以聲學方式進行底質分類，仍需要現場採樣來驗證之。	1. 符合。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。 4. 依處理情形辦理。
史天元 教授： 1. 有關專家會議中高程基準方面之答覆，建議文字方面配合國內發展略予修	1. 遵照辦理，期末報告時將以下文字意義併入報告之中：『各離島之高程基準若	1. 依處理情形辦理。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
正。	未能採用台灣本島之 TWVD2001 高程基準，則以各離島驗潮站觀測推算之平均海水面作為高程起算點』	
2. 下半年度之底質分析部分，建議除進行實例分析外，亦就目前以聲學特質反衍底質類別之技術，為一回顧及評估。實例部分並請注意驗證問題。	2. 遵照辦理，將於期末報告時，儘可能補充。	2. 依處理情形辦理。
簡仲環 科長： 1. 單音束及多音束測深成果比較如何由圖 16 看出多音束測線之間幾乎沒有空隙？ 2. 色階圖請改用彩色印製，以利閱讀。 3. 4.2.2 節有關絕對精度檢核，可否補充說明如何設計不同的測試方式，以排除發生誤差的可能因素？	1. 圖 16 為水深色階圖，期末報告時，將改為彩色印製，並調整色階圖表現方式。 2. 遵照辦理，期末報告時，將改為彩色印製。 3. 絕對精度檢核檢驗最後的測量成果，『不同的測試方式，以排除發生誤差的可能因素』，可參照去年期末報告 2.3.5 『系統改正』及 2.4.3 『生產過程中品質管制之檢核方式及程序』。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。
蘇青和 研究員： 1. 圖 27~圖 66 僅為多音束量測 94 年與 95 年之比較圖，為驗證多音束與單音束之間差異或精確性，建	1. 多音束與單音束之音束束寬差異接近 16 倍，若在地形平坦地區比較可能差異較小，若在坡度較大區	1. 依處理情形辦理。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
議增加單音束與多音束之觀測成果比較。 2. 多音束量測之驗證甚為重要，請考慮增加其他量測方法比較驗證，以確認多音束系統量測精確性。 3. 近岸地區量測易受天候或環境影響，如暴雨、泥沙濁度、污染物等干擾，資料處理過程應納入考量。	域，理論差異應頗大，唯可嘗試比較之。 2. 多音束量測之驗證，可參照去年期末報告 2.3.5『系統改正』及 2.4.3『生產過程中品質管制之檢核方式及程序』。 3. 資料處理過程與軟硬體儀器設備有密切關係，除了資料處理的標準流程，資料篩選部份需由經驗豐富的品管人員進行過濾，原則上天候不良或測區環境不佳，品管人員應考量停止作業，因『預防甚於治療』，複雜的資料處理及篩選不如蒐集乾淨的多音束測深資料。	2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。

附錄五 期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☐期中☒期末報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-95-H2DB008

計畫名稱：淺水域多音束量測水深技術研究(2/4)

執行單位：國立中山大學海洋科技研究中心

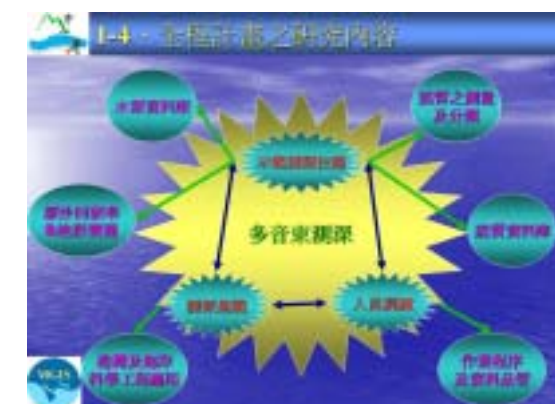
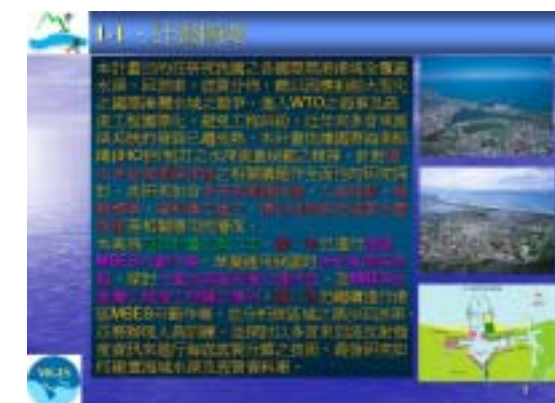
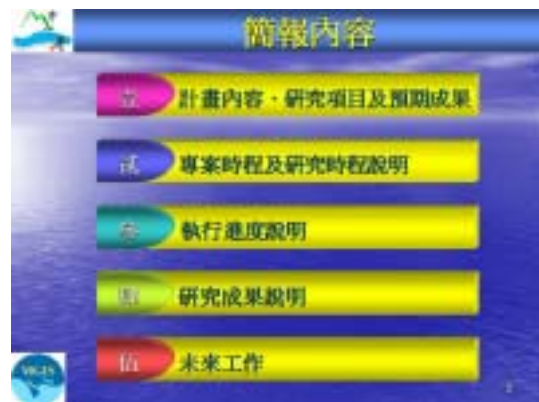
參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
林銘崇 教授： - 研究內容相當豐富且具體。 - 規範草案第十章品質管制的準則中，品質管制係針對量測方法過程抑或量測結果資料？ - 報告中所稱回淤率與淤積率似有混淆之虞。 - 單音束及多音束束寬分別為9°及0.5°，是否因不同廠牌而異？ - 底質分類上之應用甚具研究意義與價值。底質種類與音束束寬是否有密切關聯？	- 謝謝林委員支持。 - 第十章品質管制針對儀器操作及測量流程，量測結果的品管為草案 4.4 交錯檢核(Cross Check)。 - 感謝林委員指教，報告中回淤率指每年港區侵蝕及淤積程度，與疏浚後回淤的狀況不同。 - 不同的音束束寬針對不同的測量狀況設計，同一廠牌會有不同的音束束寬設計。 - 理論上音束束寬並不會造成直接影響底質分類，而束寬則與資料解析度有關，本研究案針對「底質表面」分類，其可提供海圖上的導航基本資訊，所需要的資訊較為簡易，測量分類只是區分	- 符合。 - 依處理情形辦理。 - 依處理情形辦理。 - 依處理情形辦理。 - 依處理情形辦理。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	同性質的海床表面，而工程應用所需之底質資料更為細緻。	
史天元 教授： 1. 規範第九章『檢核及驗收』對進行之方式規範不甚明確，建議可再蒐集文獻，進行分析。 2. 有關 QTC 底質分析流程部分，建議增加文字，以期描述完整。	1. 謝謝史委員指教，「檢核及驗收」會隨著不同儀器及操作方式而有所演進，規範只提供原則性描述，實務經驗需配合本案「教育訓練」才可獲得完整的知識。 2. 參照辦理，於繳交期末報告前補充之。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。
簡仲璟 科長： 1. 4.2.2 節有關絕對精度檢核，可否補充說明，如何設計不同的測試方式？以排除發生誤差的可能因素。 2. 多音束測深儀是否都會依水深或底質不同，而自動改變系統設定？此對於進行海床底質分類時，系統設定需固定的要求不符合。目前有無符合需求之多音束測深儀？	1. 參照辦理，規範以提供原則為主故簡單扼要，絕對精度檢核是以同等級或更高級之儀器檢核量測成果，而本研究案則是比較二種測深系統間的差異。一般而言精密修正(patch test)即為多音束測深系統排除誤差的自我修正及檢核，而多音束測深系統可以重疊區及交錯檢核區進行測量精度檢核。 2. 一般多音束測深儀系統都具備部手動及自動參數設定功能，如果使用自動模式可能會因水深或底質特性而改變系統參數，本次示範測區作業採用手動設定參	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
3. 建議後續辦理現場採樣分析，以驗證多音束測深儀在進行海床底質分類的正確性。 4. 底質資料庫的建立，未來是否採用電子海圖的分類方式？	數，但因水深變化造成測帶寬度的變化及雜訊篩選必須調整參數以獲得較佳的測深資料。 3. 謝謝科長指教，本案第三年(明年)將考量現場採樣驗證海床底質分類的正確性。 4. 底質資料庫原則上採用電子海圖的分類方式，但亦可提供港灣工程及疏浚作業應用的初步參考。	3. 依處理情形辦理。 4. 依處理情形辦理。
張哲豪： 1. XML 格式的資料庫設計非常理想。建議測深與底質資料庫的 Schema 均應列入在規範所需參考的文件中，且於驗收項目中，列為必須遵守的格式。 2. 規範中關於測深方面的精度要求，均明列於詮釋資料之要求。是否底質資料庫也需要有配合的精度要求？	1. 遵照辦理，目前底質分類與資料庫都遵循電子海圖相關規範設計，XML 確為較佳的資料庫設計格式。 2. 參考辦理，底質分類與測深的詮釋資料並不相同，分類精度之表示法可在未來研究中探討。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。
翁文凱： 1. 第四章多音束測深示範作業中，高雄港各測區所得水深色階圖中，其水深顏色分配圖應一致。如圖 12.13.14 及圖 19.20.21 之色階分配圖。 2. 音鼓擺在船上之位置影響水深量測之精度，雖然有以 motion sensor 擺在船上以量	1. 遵照辦理，測區顏色分配表統一調整為 5~15 公尺，詳見各圖。 2. 遵照辦理，motion sensor 主要是提供測深儀音鼓之 roll, pitch, yaw, heave 之資	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
測船體之運動，如 Pitch、Yaw、Roll 等，(無 heave?) 但其畢竟不是船舶真正之運動，如何利用其修正而得真正水深？	訊，唯需注意加入音鼓、motion sensor, GPS 等感測器間安置之偏移量(offset)。	
吳基： 1. 有關聲波用於底質分類之應用，與遙測影像分類方法類似。目前高雄港之探測，係屬監督式或非監督式。有無實際採樣。不同底質特徵向量特性是否已建立相關目錄。 2. 港內環境之地貌與底質變化均不大，在初步研究階段，選擇港外近岸區域應可達到較佳之鑑別成效。目前國外此方面之研究成果如何？	1. 目前並無實際採樣的結果，本次示範作業屬於非監督式量測。 2. 謝謝吳委員意見，此建議非常好，本案第三年之研究案將考慮採用此項建議。目前國外雖已有海底底質分類之商用軟體，但相關技術仍有許多探討研究之空間。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。

附錄六 期中簡報資料



1-5・本年度工作項目

- 1 執行多音東測深系統作業。
- 2 舉辦專家會議討論多音東測深規範。
- 3 開設多音東測深技術訓練。
- 4 兩年期間國際海進之三邊潮汐測率比較分析。
- 5 建立多音東測深系統或欄桿聲納進行海床底質分類之作業模式。
- 6 建立海域底質分析資料庫之作業模式。



1-6· 第二年預期成果

- 高雄國際商港之三處，總面積約4平方公里之多吾東及單音東測深成果，及成果圖之繪製。
- 兩年期間國際商港之三處潮汐測率比較分析。
- 10-30 個港務局水深測量相關業務從事人員接受多音東測深技術訓練。
- 建立多音東測深系統或圖歸費納進行海床底質分類之作業模式。
- 建立港域底質分佈資料庫之作業模式。



2-1 - 專案時程



2.2 结构特征

項 目	預定進度	實際進度
一、舉辦專家會議討論多汙水廠問題	100%	100%
二、分析示範作業的多汙水廠問題	100%	100%
三、舉辦專家會議討論多汙水廠問題	100%	100%
四、測水報告	100%	100%
五、比較示範作業的多汙水廠問題，估計 經濟效益	0%	100%
六、設計以傳統監測進行水质分析	0%	0%
七、設計建立測水區域管理資料的方式	0%	0%
八、測水報告	0%	0%

2.3 樹中葉的保存

- 期中報告內容
 - 第一章：前言，說明本案研究目的、工作項目及期程。
 - 第二章：計劃時程及工作進度說明。
 - 第三章：舉辦專家會議討論多音東測深規範。
 - 第四章：進行多音東測深示範作業，繼續測量去年同一區域。
 - 第五章：結論及未來工作。



3-1 專案管理一課

- 日期及時間：05年4月24日（星期三）上午十時三十分
- 地點：國立中山大學海洋科學院海洋生物學系
- 主辦：謝雪英 紀錄：張淑武
- 出席人員：謝雪英、鄭淑芳、黃登宏、謝雪英、張淑武、
張清雲、李國治、李元平、黃以仁、李國士
- 第一：大家對海龜的認識，海龜的分布情況
- 第二：大家對海龜的保護，海龜的保育計畫
- 第三：大家說明海龜保育計畫目的（目的）
- 第四：大家討論（海龜的保育計畫與海龜的保育計畫）
- 第五：會議結束，並頒發（海龜的保育計畫）
- 第六：散會（十二時三十分）



3-2 專案會議討論內容

附錄B 多音束測深規範(草案)

- 第一章 總則：規範目標、參照標準、適用範圍、測量報告。
- 第二章 測量計劃。
- 第三章 定位：定位系統、平面控制、測線的定位。
- 第四章 網維：水深點位、水深量測、網維方向與距離及交錯檢核。
- 第五章 品質特性。
- 第六章 網維控制。
- 第七章 網維網維。
- 第八章 資料屬性。
- 第九章 檢核及驗收。
- 第十章 品質管理與考核。
- 第十一章 品質管理：品質管理、品質管理品質管理與品質。

3-3 開發多音束測深規範(草案)的意義

- 「港灣水域多音束測深規範(草案)」是以1998年IHO的SP-44「國際海洋測量標準」第四版之內容及美國、加拿大及紐西蘭等國之多音束測深規範為藍本所編訂。雖IHO的SP-44規範僅說明海洋測量原則及最低精度標準，但至今仍為許多國家的海洋測量標準的依據，也符合目前儀器精度的基本要求，所以本草案應可符合國際規範基本要求。
- 交錯檢核線的檢核比例參考美國、加拿大、紐西蘭等三國國家標準，分別依據網維比例尺、主網維間距及主網維長度定義檢核比例。由於各有其優點與可能的應用層面，草案一併將其規範收錄在其中。

3-3 開發多音束測深規範(草案)的意義(續)

- 水深測量精度要求間採用SP-44的分級標準，而特等測深測量精度調整為重疊率20% (覆蓋率120%)，一等測深調整為重疊率0% (覆蓋率100%)，重疊區域除了確保達到全覆式測深(覆蓋率超過100%)，另因外部音束角度較中央音束為差，部份國際規範建議重疊區域的外部音束可用於交錯檢核(Cross Check)，但不可作為最後的測量成果。
- 當音束張角(swath angle)超過90度時，足跡劇增，其水深測量精度會降低，因此美國NOAA之水深測量規範要求，音束張角超過90度之資料，需白旗證明其可以達到水深測量精度的要求。
- 測量前以總轉轉誤差(TPE)探討整體可能誤差範圍，測量後以交錯檢核探討測量精度，並未針對單一儀器的精度訂定要求標準。

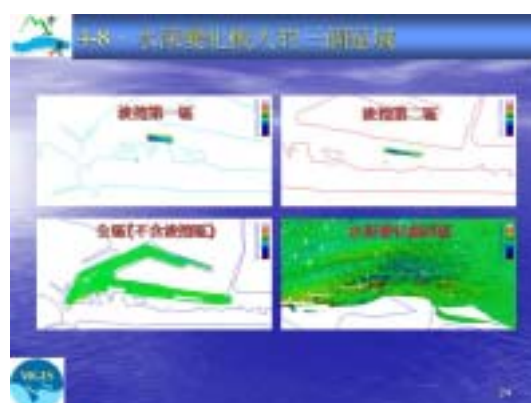
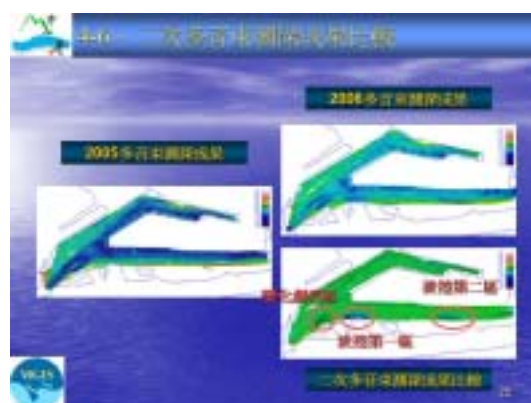
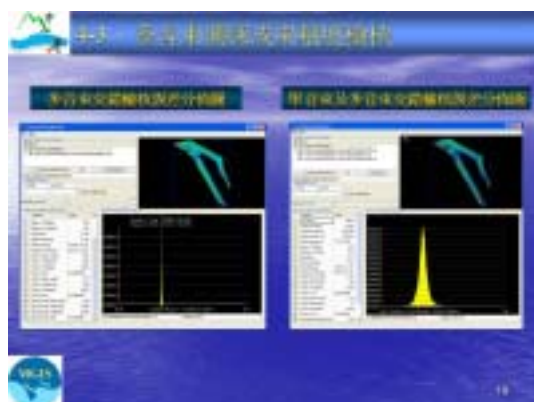
4. 示範測區範圍圖

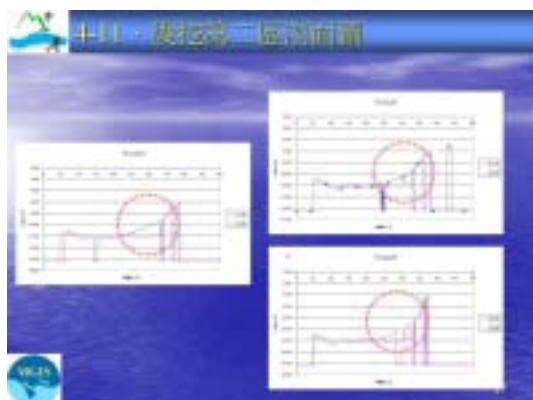
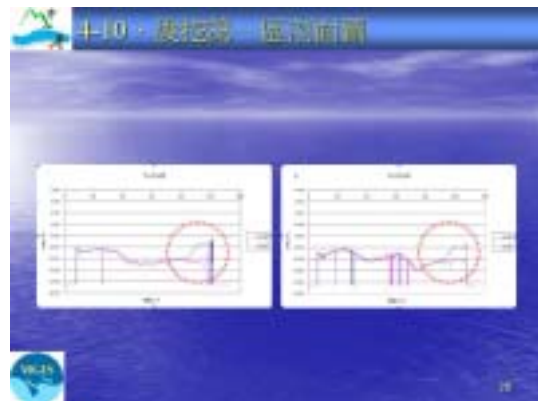
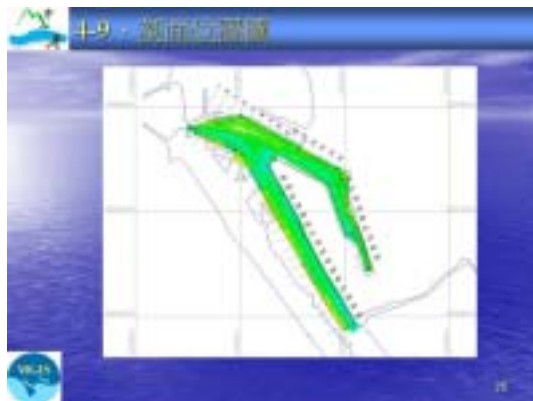
以主航線(約12公里)為中心，測量左右各約250公尺的區域(船舶使用中之水域及船舶除外)，測量工作區面積約6平方公里。

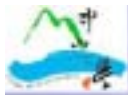
4-1 單音束及多音束測深覆蓋率比較

4-2 單音束及多音束測深時間比較

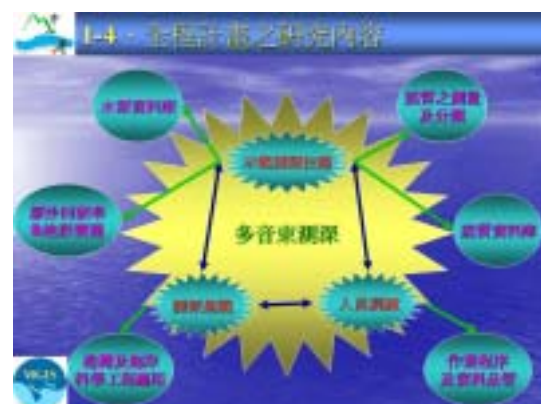
	Odom單音束	Reson 8125多音束
音束束寬	9	0.5
足跡大小(水深10~15m)	1.5~2.3m	0.09~1.03m
資料筆數	60,272筆(94年) 31,159筆(95年)	148,989,537筆(94年) 85,556,727筆(95年)
資料密度	約0.02筆/平方公里 約0.01筆/平方公里	約51筆/平方公里 約29筆/平方公里
覆蓋率	低	可達到100%以上
測量效率	1筆/次	240筆/次
測量精度	一致	中央音束精度較高， 外部音束精度較低







附錄七 期末簡報資料



1-5. 本年度工作項目

1. 執行多音束測深示範作業。
2. 舉辦專家會議討論多音束測深規範(草案)。
3. 開設多音束測深技術訓練班。
4. 分析探討高雄港域淤沙淤塞率。
5. 探討多音束測深系統進行海底底質分類。
6. 探討港域底質分佈資料庫之作業模式。

1-6. 第二年預期成果

- 高雄國際商港之三處，總面積約4平方公里之多音束及單音束測深成果，及成果圖之繪製。
- 兩年期間國際商港之三處淤沙回淤率比較分析。
- 30個港務局及相關單位之水深測量相關業務從事人員接受多音束測深技術訓練。
- 探討多音束測深系統進行海底底質分類之作業模式。
- 建立港域底質分佈資料庫之作業模式。



2-2. 執行進度

項目	預定進度	實際進度
一、舉辦專家會議討論多音束測深規範	100%	100%
二、比較示範作業之多音束測深成果	100%	100%
三、舉辦專家會議討論多音束測深規範	100%	100%
四、測深報告	100%	100%
五、比較示範作業之多音束測深成果，計算淤沙回淤率	100%	100%
六、擬定以多音束測深系統進行底質分類	100%	100%
七、探討建立港域底質資料庫之方式	100%	100%
八、測深報告	100%	100%

2-3. 期中報告內容

- 期中報告內容
 - 第一章：前言，說明本案研究目的、工作項目及期程。
 - 第二章：計劃時程及工作進度說明。
 - 第三章：舉辦專家會議討論多音束測深規範。
 - 第四章：進行多音束測深示範作業，繼續測量去年同一區域。
 - 第五章：結論及未來工作。

2-4. 期末報告內容

- 期末報告內容
 - 第一章：前言，說明本案研究目的、工作項目及期程。
 - 第二章：計劃時程及工作進度說明。
 - 第三章：舉辦專家會議討論多音束測深規範。
 - 第四章：進行多音束測深示範作業，繼續測量去年同一區域。
 - 第五章：開設多音束測深技術及規範說明訓練班。
 - 第六章：探討示範作業區以聲波方式進行底質分類作業模式。
 - 第七章：探討港域水城底質資料庫建立方式。
 - 第八章：結論及未來工作。

3-1 專家會議記錄

- 日期及時間：95年4月28日（星期三）上午十時三十分
- 地點：國立中山大學海洋科學院海洋工程會議室
- 主持：許雪姬 紀錄：張清武
- 出席人員：余進利、楊紹華、黃文祥、蔡惠玉、張清武、
- 蒞臨專家學者：史天鈞、黃松山、李國士、
- 黃、沈振邦與陳九龍（應邀出席的學者）
- 新、北京測繪總局、拉蒙海軍海軍部、
- 新、土庫測繪總局專家會議目的（略）。
- 新、討論事項：海峽水城多音束測深規範草案。
- 新、委員意見及決議：詳見附錄A。
- 新、散會（十二時三十分）。

3-2 專家會議討論內容

附錄B 多音束測深規範草案

- 第一章 總則：包括目的、學科沿革、測深範圍、測量報告。
- 第二章 測量分類。
- 第三章 定位：定位系統、平面控制、測深的定位。
- 第四章 測深：水深階段、水深採樣、測深方向與距離及交錯檢核。
- 第五章 測深特性。
- 第六章 測深圖則。
- 第七章 測深圖則。
- 第八章 資料屬性。
- 第九章 資料接收。
- 第十章 品質管理與標準。
- 第十一章 表達與圖示、品質管理、品質保證及資料管理與維護。

3-3 海峽多音束測深規範(草案)之概念

- 「海峽水城多音束測深規範(草案)」，是以1998年IHO的SP-44「國際海洋測量標準」第四版之內容及美國、加拿大及紐西蘭等國之多音束測深規範為藍本來編訂。雖IHO的SP-44規範詳述海洋測量原則及最低精度標準，但至今仍為許多國家的海洋測量標準的依據，也符合目前儀器精度的基本要求，所以本草案應可符合國際規範基本要求。
- 交錯檢核線的檢核比例參考美國、加拿大、紐西蘭等三國國家標準，分別依據製圖比例尺、主測線間距及主測線長度定義檢核比例。由於各有其優缺點與可能的應用層面，草案一併將其規範收錄在其中。

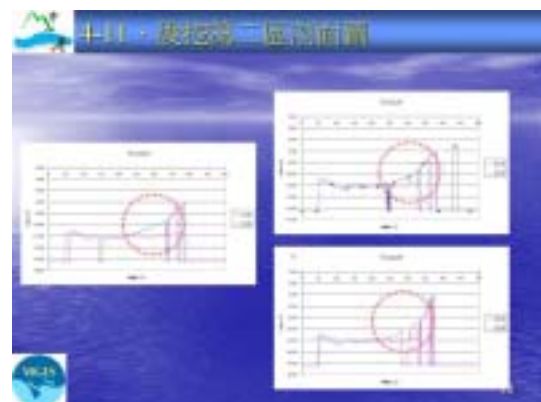
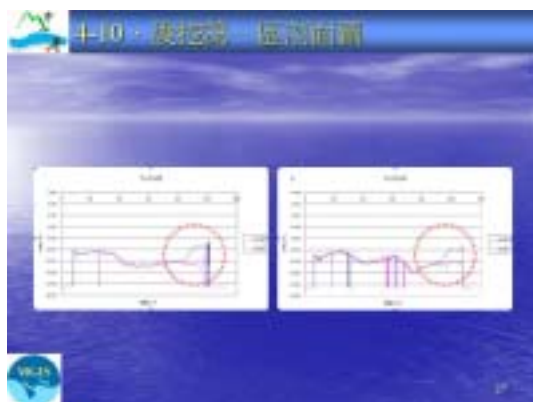
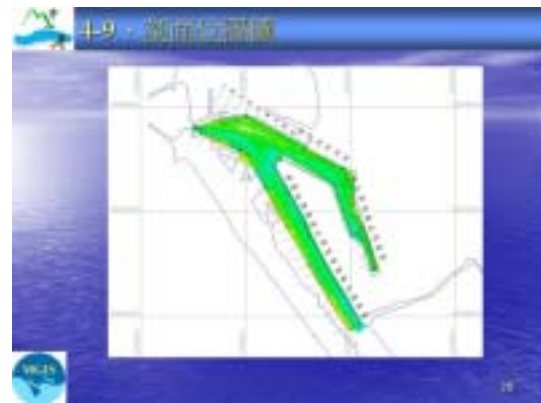
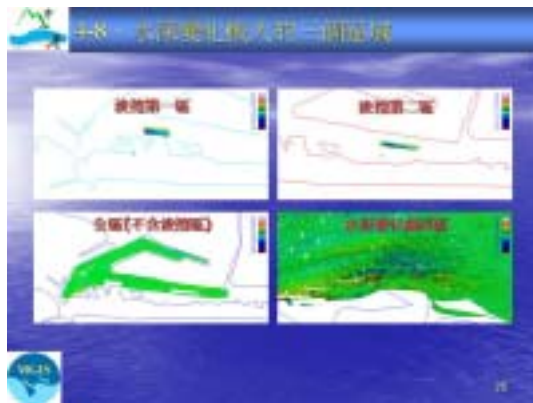
3-3 海峽多音束測深規範(草案)之概念(續)

- 水深測量精度要求則採用SP-44的分級標準，而特等測深測量精度調整為重疊率20% (覆蓋率120%)，一等測深調整為重疊率0% (覆蓋率100%)。重疊區域除了確保達到全覆蓋式測深(覆蓋率超過100%)，另因外部音束精度較中央音束為差，部份國際規範建議重疊區域的外部音束可用於交錯檢核(Cross Check)，但不可作為最後的測量成果。
- 當音束張角(swath angle)超過90度時，足印劇增，其水深測量精度會降低，因此美國NOAA之水深測量規範要求，音束張角超過90度之資料，需自我證明其可以達到水深測量精度之要求。
- 測量前以總傳感误差(TPE)探討整體可能誤差範圍，測量後以交錯檢核探討測量精度，並未針對單一儀器的精度訂定要求標準。

4-1 示範測區範圍圖

◆ 以主航線(約12公里)為中心測量左右各約250公尺的區域(船隻使用中之水域及船隻除外)。測量工作區面積約6平方公里。

4-1 單音束及多音束測深覆蓋率比較



5-1 多合溪國家技術及規範研習訓練表

「多合溪國家技術及規範研習訓練表」研習表

日期：99年8月13日~99年8月19日(共六個學分)

上課地點：中央大學地工系

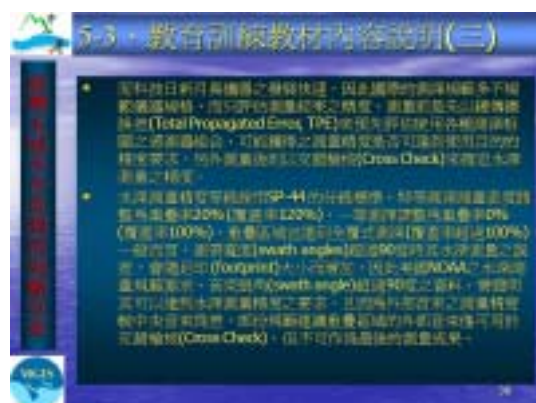
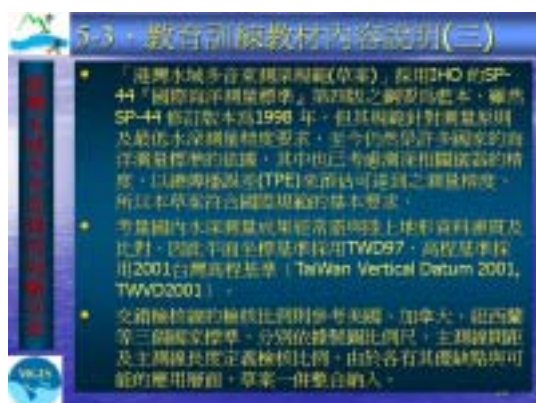
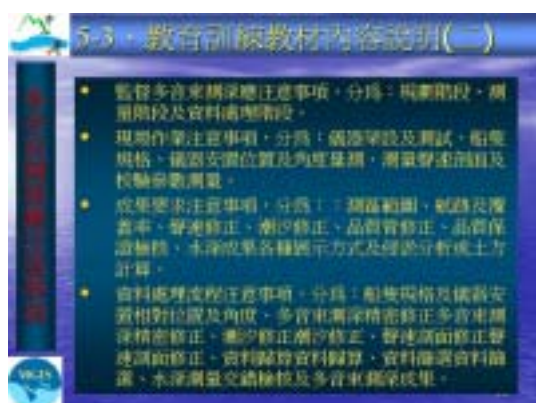
實習地點：高屏溪水利站現場

期 別	場 次	主 題	講 師
99/8/13	1	多合溪國家技術及規範研習訓練表	陳國治
99/8/14	2	多合溪國家技術及規範研習訓練表	陳國治
99/8/15	3	多合溪國家技術及規範研習訓練表	陳國治
99/8/16	4	多合溪國家技術及規範研習訓練表	陳國治
99/8/17	5	多合溪國家技術及規範研習訓練表	陳國治
99/8/18	6	多合溪國家技術及規範研習訓練表	陳國治
99/8/19	7	多合溪國家技術及規範研習訓練表	陳國治

訓練研習人數30人會524人

VR-25





5-3. 教育訓練教材內容說明(四)

- 海底地形監測招標書範例。
 - 目的：提供水深測量發包承辦人員招標規格範例。
 - 內容：介紹測區範圍、工作期程、工作項目、特種系統、成果提交項目和日期及地點。
- 海道測量驗收規格書。
 - 目的：提供水深現場測量驗收大綱項目。
 - 內容：介紹四方資格審查、工作項目、驗收配備、儀器校正查核、驗查及驗收報告內容。

5-3. 教育訓練教材內容說明(五)

5-3. 教育訓練教材內容說明(六)

資料名稱	資料內容	學度	測量儀器或方法
射星儀軌(StarTrack)	測深子向儀	光學	光學測深儀
儀器校對表(StarTrack)	測深子向儀	光學	光學測深儀
吃水(Draft)	測深子向儀	光學	光學測深儀
動態吃水(Dynamic Draft)	測深子向儀	光學	動態吃水儀
儀器校對表	儀器校對表	儀器	Tide Gauge
聲速剖面(SVP)	聲速剖面儀	聲波	SVP70
Seabat Single Beam Echo Sounder	測深子向儀	聲波	Seabat
聲速剖面儀(SVP)及吃水(Draft)	測深子向儀	聲波	Seabat/SVP70
測深剖面(Latency)	測深子向儀	聲波	Paradise
測深剖面(SVP)及吃水(Draft)	測深子向儀	聲波	SVP
測深剖面(SVP)及吃水(Draft)	測深子向儀	聲波	SVP
測深剖面(SVP)及吃水(Draft)	測深子向儀	聲波	SVP

5-3. 教育訓練教材內容說明(七)

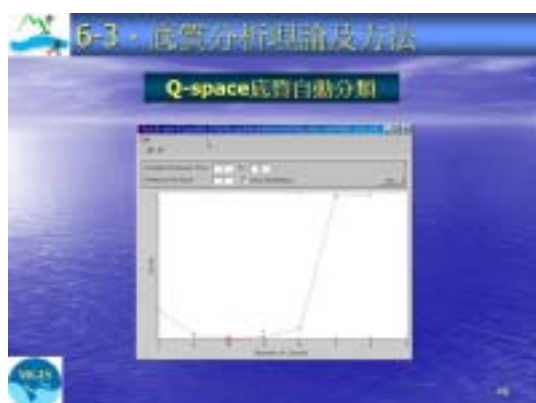
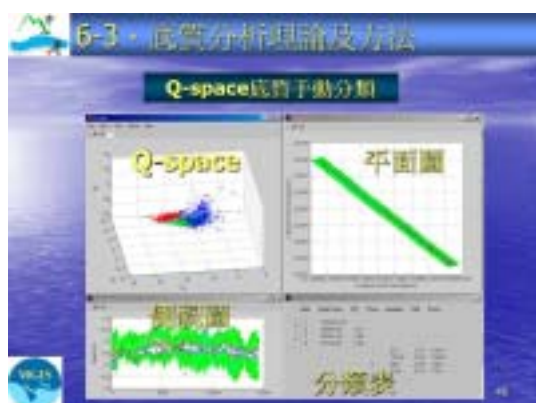
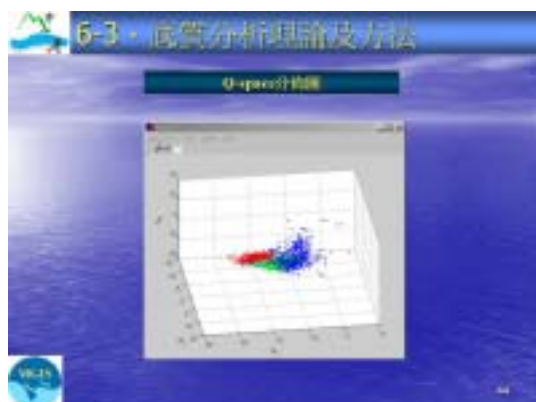
測深剖面儀及儀器規格及設定參數

- 示範測區：水深約3~15公尺。
- 測深剖面水深：B~13公尺。
- 多波束測深系統：Reson Seabat 8125系統，加開測深剖面系統(Out33) 用於測深剖面。
- 聲速剖面：455kHz。
- 測深剖面：120度(3.5公尺水深的水面高度)。
- 剖面數量：240條。
- 剖面內徑：0.5度(橫向)x1.0度(縱向)。
- 其他參數(Rang, TxPower, PulseWidth, Receiver Gain, Spread, absorb, etc)隨現場狀況調整，部分參數有互動關係。

5-2. 多波束測深剖面儀及射星儀測深系統

5-3. 底質分析理論及方法

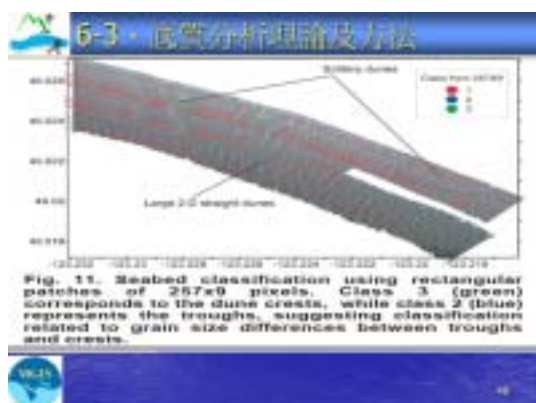
QTC底質分析原理說明

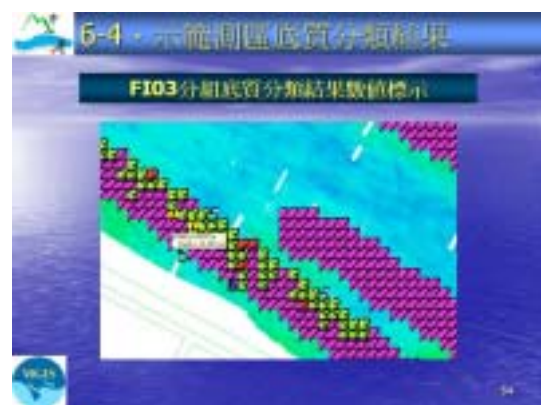
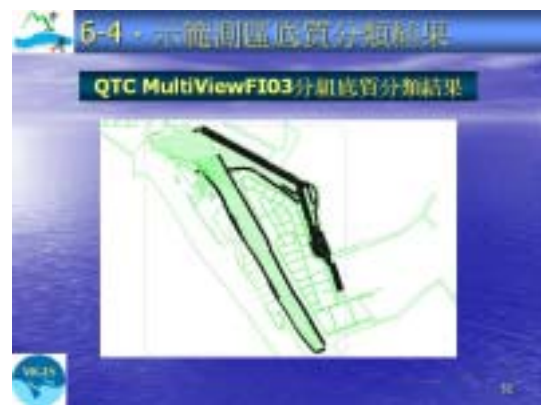
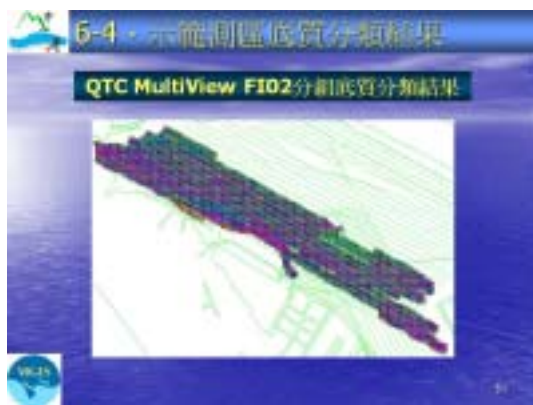
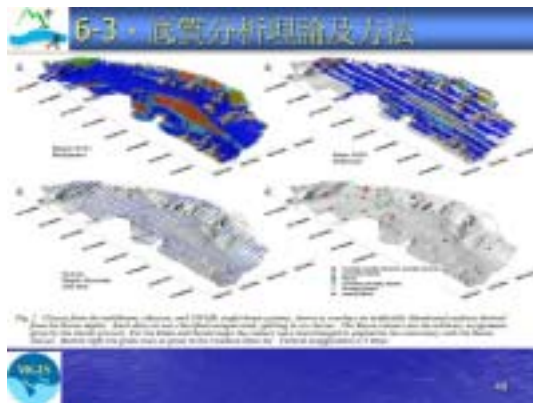


6-3 · 底質分析理論及方法

QTC MultiView 帶波波長分類表(FI)

Class	Pixel Length	Pixel Size	Pixel Length
01	11.0	11	1100
02	11.5	11	1150
03	12.0	11	1200
04	12.5	11	1250
05	13.0	11	1300
06	13.5	11	1350
07	14.0	11	1400
08	14.5	11	1450
09	15.0	11	1500
10	15.5	11	1550
11	16.0	11	1600
12	16.5	11	1650
13	17.0	11	1700
14	17.5	11	1750
15	18.0	11	1800
16	18.5	11	1850
17	19.0	11	1900
18	19.5	11	1950
19	20.0	11	2000
20	20.5	11	2050
21	21.0	11	2100





6-5 多音東測深系統資料分類與編碼之方式

底質資料分類規範及編碼探討

下列為底質資料分類規範

代碼	底質名稱	代碼	底質名稱
1	泥	11	砂
2	砂	12	砂
3	砂	13	砂
4	砂	14	砂
5	砂	15	砂
6	砂	16	砂
7	砂	17	砂
8	砂	18	砂
9	砂	19	砂
10	砂	20	砂

下列為底質資料編碼方式

代碼	底質名稱	代碼	底質名稱
1	泥	11	砂
2	砂	12	砂
3	砂	13	砂
4	砂	14	砂
5	砂	15	砂
6	砂	16	砂
7	砂	17	砂
8	砂	18	砂
9	砂	19	砂
10	砂	20	砂

6-6 多音東測深系統資料分類與編碼之方式

XML格式之底質資料庫範例

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<root>
  <data>
    <code>1</code>
    <name>泥</name>
  </data>
  <data>
    <code>2</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>3</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>4</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>5</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>6</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>7</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>8</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>9</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>10</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>11</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>12</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>13</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>14</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>15</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>16</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>17</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>18</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>19</code>
    <name>砂</name>
  </data>
  <data>
    <code>20</code>
    <name>砂</name>
  </data>

```

5-1 結論(I)

1. 本團隊於95年4月26日召開專家會議，討論「港灣水域多音東測深規範(草案)」，廣納多位專家學者意見，並參照各位委員專家意見修改草案，意見回覆表可參閱「[附錄四專家會議記錄](#)」。
2. 為配合草案內容的適用範圍，建議更名為「多音東測深規範(草案)」，遵照委員修改後之草案，可參閱「[附錄五多音東測深規範\(草案\)](#)」。
3. 扣除疏浚之二個區域的土方，高雄港第一港口至前鎮河的疏濬範圍內的淤積約為9公分，前後二次作業期間約為14個月，回淤率約為7.2%。
4. 多音東測深精度的目標值達到「特等測量」，表示多音東測深的內部品質達到一定的水準。品質的項目包括偏移量(Offset)量測、精密修正測量(Patch Test)、船隻姿態收集器安置角度(Mount Angle)及各種測量儀器得到的原始數據；定位類、每個音東測深距離、船隻航向船隻姿態、測深值及聲速值等。

5-1 結論(II)

5. 5/28 計畫完成多音東測深精度目標值達到「一等測量」，與本計畫的以往紀錄相比達到「特等測量」的差異則為，除了多音東的測量精度較以前以外，港區海床地形有顯著的變化，也可能是因大小比例尺測量準面的網格大小的差異，無論原因為何，應先排除系統性的誤差。
6. 本計畫使用的多音東測深系統之測量精度達到「一等測量」，在本計畫的執行中，垂直方向的為10公分，與單音東測深系統的測量精度相比，約為20公分，約為20公分的測量精度，在平坦的區域4公尺的測量誤差可接受，但在本次示範區域內海床變化顯明，平面位移造成的垂直水深變化量，可能造成超過20公分的垂直變化量。

5-1 結論(III)

7. 一般而言，物理式底質採樣分為表層採樣及核心柱狀採樣。採樣分析分為物理分析及化學分析。物理特性針對其比重、含水量、粒徑大小及分佈分析，化學特性針對其酸鹼度、鈉離子或氯離子分析成分及比例。但物理性採樣由於應力的作用經常會破壞樣本的物理性質或化學性質，而且其樣本皆為鬆軟資料，然而使用物理式採樣至少有一個優點：1.不會破壞樣本。2.資料為線成面，後續的應用可以獲得較完整的評估。
8. 若欲以多音東測深系統採用聲學方式來進行海底底質分類工作，需注意盡量保持測量作業期間，系統之穩定(尤其聲速值)與使用一致，若有改變則需依據改變範圍以分區進行底質分類。部分多音東測深儀會依據水深及底質等特性之不同，而自動改變系統之設定，此類系統並不適用於聲學底質分類法。
9. 聲學底質分類法之結果易受水深測量資料、船隻姿態過大、資料處理過程之參數設定等之影響。

5-2 未來工作

- 教育訓練
 - 本年度之多音東測深訓練班，共有三十人報名分為三個梯次，實際參加人數為二十四位，經理論及海上實際作業，參與者對多音東測深系統及其應用問題與潛力，已有初步了解與瞭解，明年度可以考慮擴大舉行。
- 多音東測深規範(草案)
 - 多音東測深規範(草案)已經初步的專家會議討論，未來應可積極邀請國內學者專家及業者充分討論，經交交通運輸部，以利儘早提供國內相關單位參考採用。
- 底質分類探討
 - 以多音東測深系統進行海底底質分類的作業方法，未來有其發展潛力，明年度應積極繼續研究探討。

