

95-63-7201
MOTC-IOT-94-H2DB008

淺水域多音束量測水深技術研究 (1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 95 年 4 月

95-63-7201
MOTC-IOT-94-H2DB008

淺水域多音束量測水深技術研究 (1/4)

著者：邱永芳、薛憲文、蔡金吉

交通部運輸研究所

中華民國 95 年 4 月

95

淺水域多音束量測水深技術研究

(1/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1009500922

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. (1/4) / 邱永芳, 薛憲文, 蔡金吉著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民95

面 : 公分

參考書目:面

ISBN 986-00-4941-6(平裝)

1. 海洋 - 探測 2. 水中聲學 3. 地理資訊系統

351.924

95006884

淺水域多音束量測水深技術研究 (1/4)

著者：邱永芳、薛憲文、蔡金吉

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 95 年 4 月

印刷者：

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：1009500922

ISBN：986-00-4941-6(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(1/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 986-00-4941-6(平裝)	政府出版品統一編號 1009500922	運輸研究所出版品編號 95-63-7201	計畫編號 94-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、張富東 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 94 年 02 月 至 94 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一年，從基礎的多音束測深技術著手，進行港區示範作業，作為次年教育訓練之基礎教材；探討先進國家的規範標準以草擬國際適用的多音束測深規範；並為第二年之教育訓練項目進行預備工作，以利提升測深技術之品質；考量多音束測深資料量的龐大，本研究同時探討大量水深資料庫之編輯、資料品管及建制軟體的適用性，最後探討港灣工程施工相關之應用。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
95 年 4 月	160	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 (1/4)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 986-00-4941-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009500922	IOT SERIAL NUMBER 95-63-7201	PROJECT NUMBER 94-H2DB008
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yuang-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu, Yuang-Fang PROJECT STAFF: Tsai, Chin-Chi; Chang, Fu-Tung PHONE: +886-4-26587221 FAX: +886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM February 2005 TO November 2005
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 disputes about engineering work. Recently, shallow water Multibeam Echo Sounding (MBES) technology has become mature, and it is necessary 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 first year of the project is to perform a demonstrative MBES survey with standard procedures and multimedia to prepare for the training course to be held next year. Survey standards for Multibeam Echo Sounding will be developed by referring to worldwide specifications. Suitable software for handling large amount of MBES data about editing, QA/QC and storage was investigated in this project. Harbor engineering related applications of MBES technology was also explored.			
DATE OF PUBLICATION April 2006	NUMBER OF PAGES 160	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	VI
表目錄	VIII
第一章 前 言	1-1
1.1 計畫背景分析	1-1
1.2 研究範圍與對象	1-4
1.3 研究內容與工作項目	1-5
1.3.1 研究內容	1-5
1.3.2 工作項目	1-5
1.4 研究方法及進行步驟	1-6
1.4.1 研擬測深規範	1-6
1.4.2 進行示範作業	1-6
1.4.3 建立多音束測深資料庫	1-13
1.4.4 探討多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用	1-14
1.5 報告內容	1-14
第二章 多音束測深技術資料蒐集	2-1
2.1 國內水深測量現況與規範	2-1
2.2 國外水深測量及多音束測深規範	2-1
2.2.1 國際海測組織(IHO)	2-2
2.2.2 紐西蘭	2-4
2.2.3 加拿大	2-7
2.2.4 美國	2-8
2.3 多音束測深相關儀器及技術	2-10

2.3.1 船隻載具	2-10
2.3.2 海上定位儀器	2-14
2.3.3 多音束測深儀	2-16
2.3.4 水深測量輔助或修正儀器	2-20
2.3.5 系統改正	2-23
2.4 草擬港灣多音束測深規範	2-30
2.4.1 平面及高程坐標基準	2-32
2.4.2 測深分級	2-32
2.4.3 生產過程中品質管制之檢核方式及程序	2-32
第三章 多音束測深示範作業	3-1
3.1 多音束測深成果說明	3-1
3.2 多音束測深成果精度檢核	3-5
3.3 單音束及多音束測深成果比較	3-7
3.4 多音束測深教學帶	3-8
第四章 建構多音束測深資料庫	4-1
4.1 地理資訊系統及多音束測深資料庫現況	4-1
4.2 FLEDERMAUS 基本功能介紹	4-2
4.2.1 資料匯入	4-2
4.2.2 互動編輯	4-3
4.2.3 網格海床地形	4-3
4.2.4 繪製等深線	4-4
4.2.5 交錯檢核(CROSS CHECK)	4-4
第五章 多音束測深技術在港灣工程施工監測之應用	5-1
5.1 多音束測深的應用範圍	5-1
5.2 多音束測深儀應用的相關研究論文	5-5
5.2.1 結冰地形	5-6
5.2.2 估計漁類或生物量	5-6

5.2.3 地殼的研究	5-7
5.2.4 地形特徵物或底質分類	5-7
5.2.5 水文調查	5-11
5.2.6 近岸調查	5-11
5.2.7 沙洲或沙脊	5-11
5.2.8 多音束測深系統	5-12
5.3 示範作業所發現之可疑特徵物	5-12
參考文獻	6-1
附件 A 淺水域多音束測深規範(草案)	7-1
附錄一 期中報告審查意見處理情形表	8-1
附錄二 期末報告審查意見處理情形表	8-4
附錄三 期中簡報資料	8-7
附錄四 期末簡報資料	8-20

圖 目 錄

圖 1 高雄港區示意圖	1-7
圖 2 多音束測深資料處理流程圖	1-8
圖 3 潮位圖範例	1-9
圖 4 聲速剖面圖範例	1-9
圖 5 船隻儀器配置圖範例	1-10
圖 6 Patch Test 航線規劃圖	1-10
圖 7 測線間距與航線重疊率的關係圖	1-11
圖 8 Cross Check 檢驗圖範例	1-12
圖 9 條件式及視覺式資料篩選範例	1-12
圖 10 等深線色階圖及三維立體圖範例	1-13
圖 11 儀器配置範例	2-12
圖 12 多音束測深儀器配置及載具範例	2-13
圖 13 垂直式與扇形式多音束測深儀示意圖	2-16
圖 14 船隻左右搖擺(roll)效應	2-21
圖 15 船隻前後傾斜(pitch)和上下起伏(heave)效應	2-21
圖 16 典型測深校正板之參考形狀與尺寸	2-23
圖 17 感測器安置之相對偏移量	2-24
圖 18 音鼓軸系的安置角度	2-25
圖 19 11 月 18 日交錯檢核成果範例	2-27
圖 20 ISO 9000 品質保證程序架構	2-34
圖 21 高雄港測深示範作業範圍圖	3-1
圖 22 第一測區水深色階圖	3-2
圖 23 第二測區水深色階圖	3-3
圖 24 第三測區水深色階圖	3-4

圖 25 交錯檢核誤差分佈圖	3-6
圖 26 單音束水深測量成果圖	3-8
圖 27 單音束與多音束測深網格比較圖	3-8
圖 28 Fledermaus 多音束測深資料匯入畫面範例	4-2
圖 29 Fledermaus 互動編輯畫面範例	4-3
圖 30 Fledermaus 網格海床地形畫面範例	4-3
圖 31 Fledermaus 繪製等深線畫面範例	4-4
圖 32 Fledermaus 交錯檢核(Cross Check)畫面範例	4-4
圖 33 水下特徵物→長條型(一)	5-13
圖 34 水下特徵物→長條型(二)	5-13
圖 35 水下特徵物→溝渠(一)	5-14
圖 36 水下特徵物→馬梯形溝渠(二)	5-14
圖 37 水下特徵物→碼頭樁腳	5-15
圖 38 水下特徵物→船泊繫纜(一)	5-15
圖 39 水下特徵物→船泊繫纜(二)	5-16
圖 40 水下特徵物→海底沙鏈(一)	5-16
圖 41 水下特徵物→海底沙鏈(二)	5-16
圖 42 水下特徵物→不明物(一)	5-17
圖 43 水下特徵物→不明物(二)	5-17

表 目 錄

表 1 IHO 各等級水域測量基本要求	1-2
表 2 紐西蘭多音束測深精度	2-6
表 3 IHO 及 CHS 水道測量最低標準比較表	2-7
表 4 Patch Test 檢核條件表	2-10
表 5 多音束測深儀功能規格比較範例(一)	2-17
表 6 多音束測深儀功能規格比較範例(二)	2-17
表 7 多音束測深儀功能規格比較範例(三)	2-18
表 8 多音束測深儀功能規格比較範例(四)	2-19
表 9 交錯檢核線精度評估表	2-28
表 10 單音束測深與多音束測深交錯檢驗表	3-5
表 11 單音束及多音束測深成果比較表	3-7
表 12 多音束測深的應用範例整理表	5-2

第一章 前 言

1.1 計畫背景分析

近年來,多音束測深(Multibeam Echo Sounding)技術已成為 IHO 及 IMO 積極發展之測深技術,並在 IHO 水道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『國際水道測量標準』(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,依據其水域特性也同樣分為四級。

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 淨空水域	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
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
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	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 的特徵物	水深 40 公尺以 內大於 2 公尺的 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 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。

bxd = 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、港域電子海圖之建置及港域操船演練。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

本計畫針對國內水深測量現況，為提升多音束測深技術之品質與品管，探討多音束測深之全面性配套措施，諸如：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

選擇一國際商港之三處水域進行多音束測深示範作業。

參考先進國家之多音束測深規範，研擬我國多音束在港域之測深規範。

探討以地理資訊系統建構多音束測深資料庫。

探討多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用。

1.4 研究方法及進行步驟

1.4.1 研擬測深規範

參考先進國家(諸如：加拿大、美國、紐西蘭等)之多音束測深規範，藉以研擬我國多音束在港灣水域之測深規範。IHO『國際水道測量標準』第四版之內容，包括海洋測量分級及最低的測量內容與精度要求、水平控制測量及測深定位與導航輔助設施定位之基本要求、多音束水深測量內容及密度與測深誤差精度評估、其他輔助資料之調查(包含底質、潮位、海流等)、點位資料屬性(Point data attribution)及詮釋資料、可疑水深資料之消除、資料品管之準則等章節。而美國 NOAA 之水道測量標準(NOS Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables)，則區分為水平垂直及時間基準、平面控制及水深定位、潮位及水位歸算、測深方法及改正與品管、側掃聲納及其他調查、必要成果之提供等。因此本章節將依據先進國家所擬定之多音束測深規範，配合我國之海測現況，整理分析有關定位及多音束測深之規範、水平及高程基準要求、資料品管及測深精度分析、所需繳交之測量文件及檔案、及其他所需相關調查工作項目等。

1.4.2 進行示範作業

為充分瞭解國際商港水域之漂沙回淤率機制，以利建立疏浚期程之規劃，擬選擇高雄國際商港水域，進行多音束測深示範作業。高雄港屬於狹長港區，如圖 1，本次是以主航道(選擇 2 公里長三個區域)為中心測量左右各約 250 公尺的區域。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，實際測線是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』於現場選擇適常之海底地形檢測，聲速剖面及潮汐量測應儘可能接近測區。

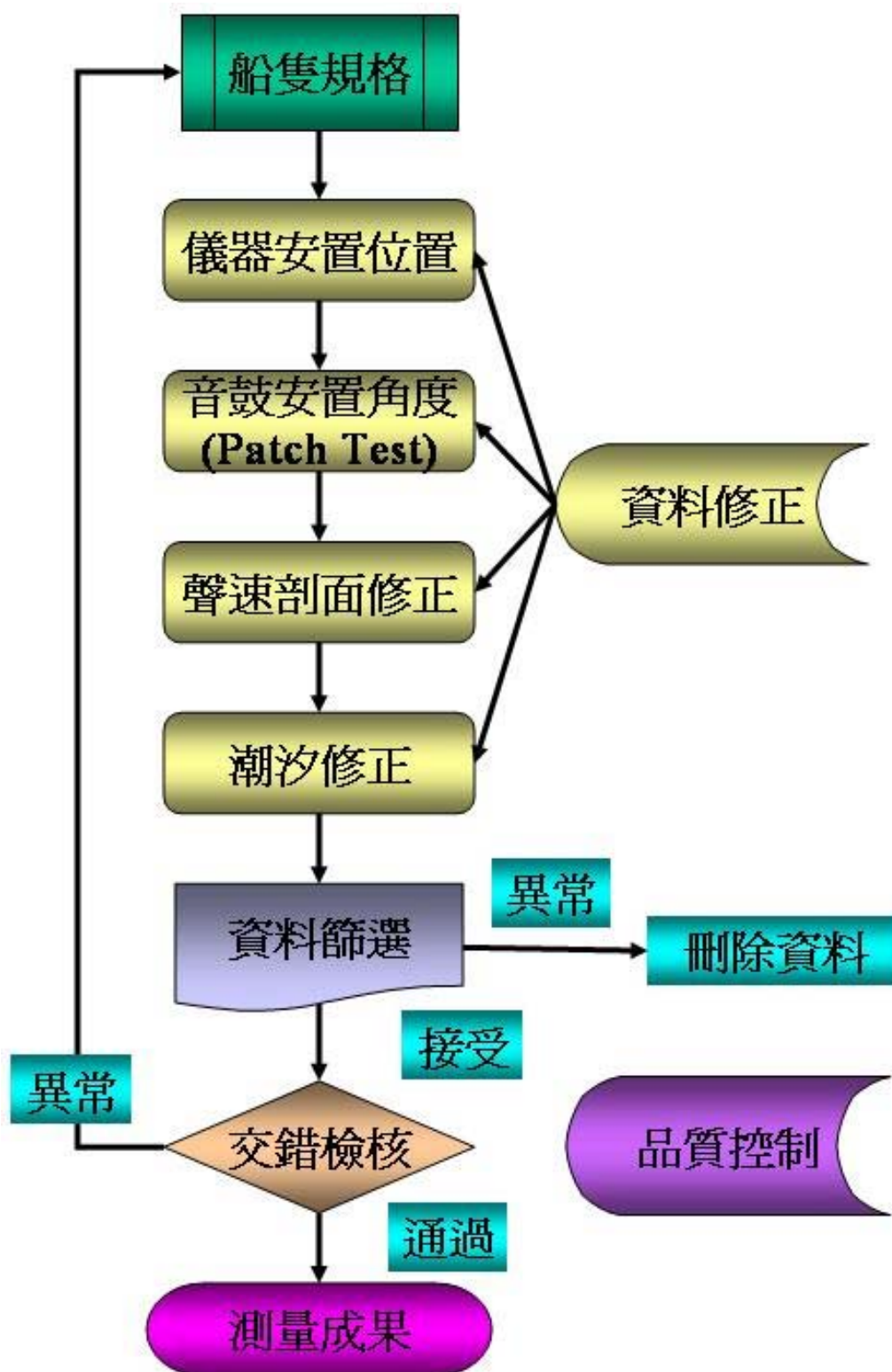


圖 2 多音束測深資料處理流程圖

1. 潮位站架設及高程引測、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。

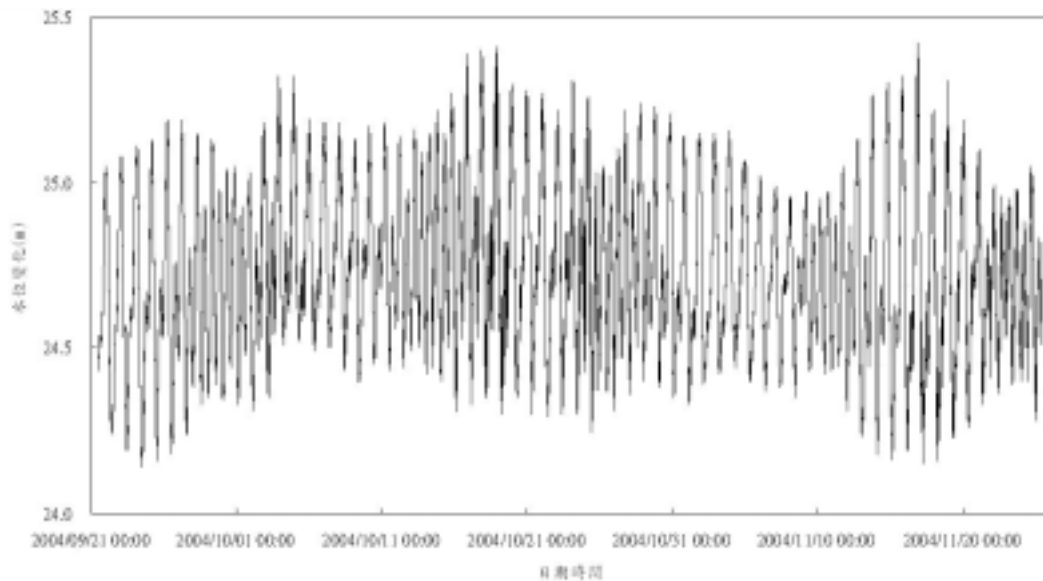


圖 3 潮位圖範例

2. 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。

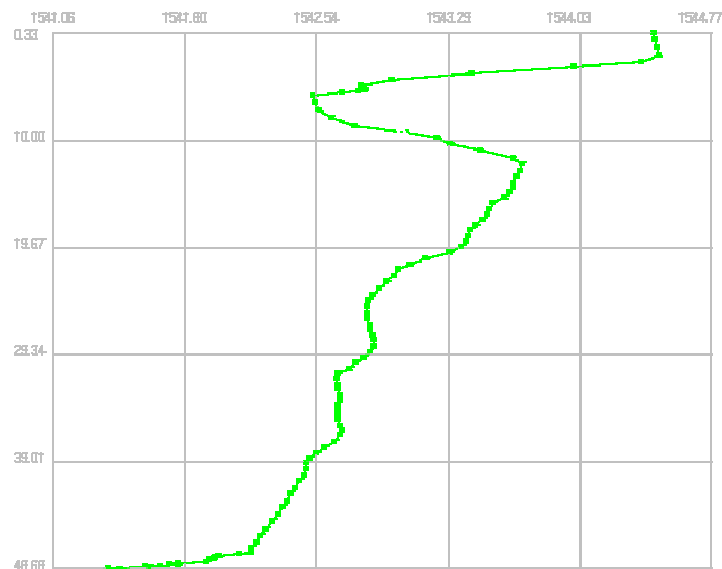


圖 4 聲速剖面圖範例

3. 多音束測深感測器安置角度及時間延遲試驗(Patch Test) (參閱圖 6) 及位置偏移量(Offsets)量測(參閱圖 5)：執行每次測深計畫至少需進行一次(以每天測量前進行一次為原則)，若每次音鼓經重新安置需再進行乙次以上，藉以提供水深資料處理之用。

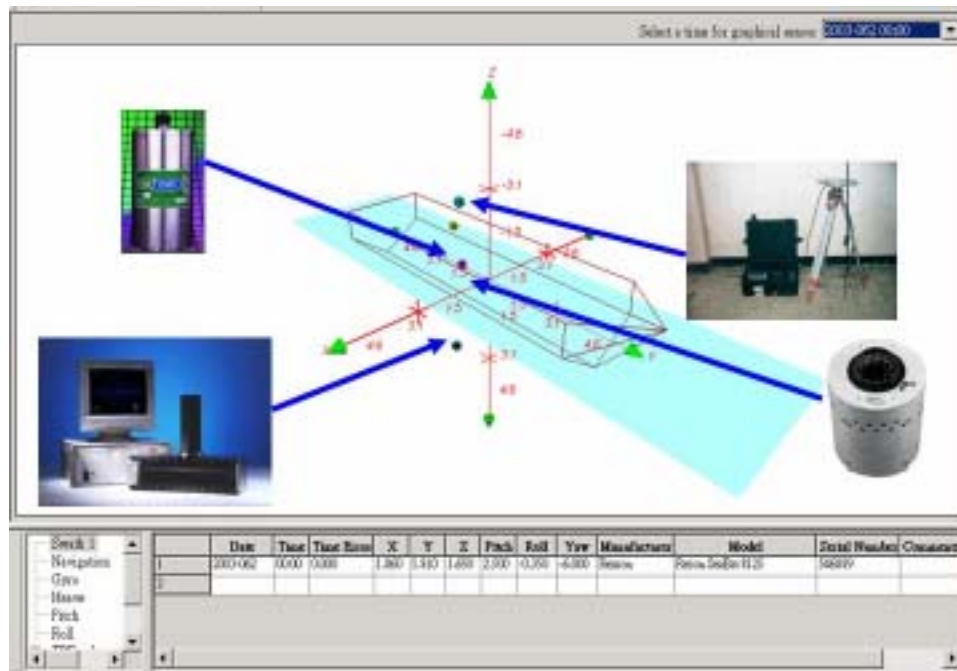


圖 5 船隻儀器配置圖範例

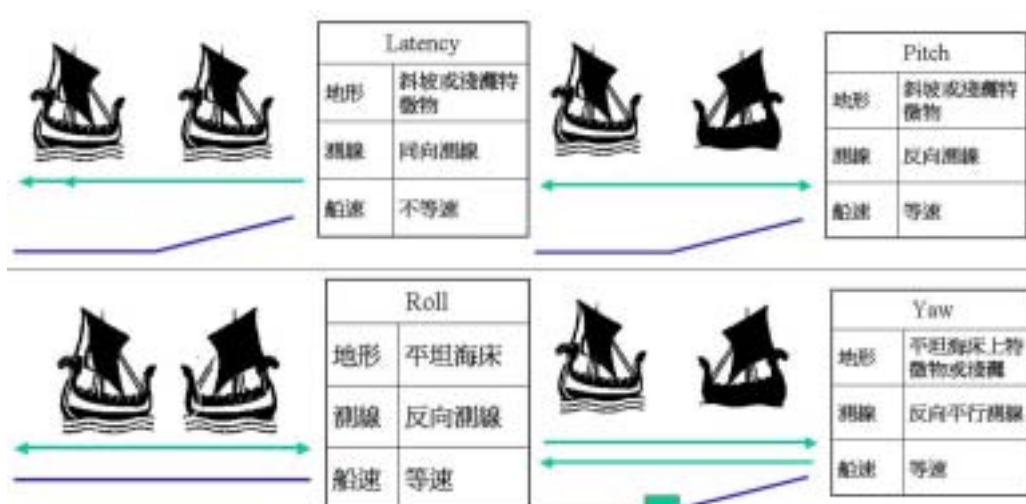


圖 6 Patch Test 航線規劃圖

4. 每條測線與相鄰測線至少需重疊 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。

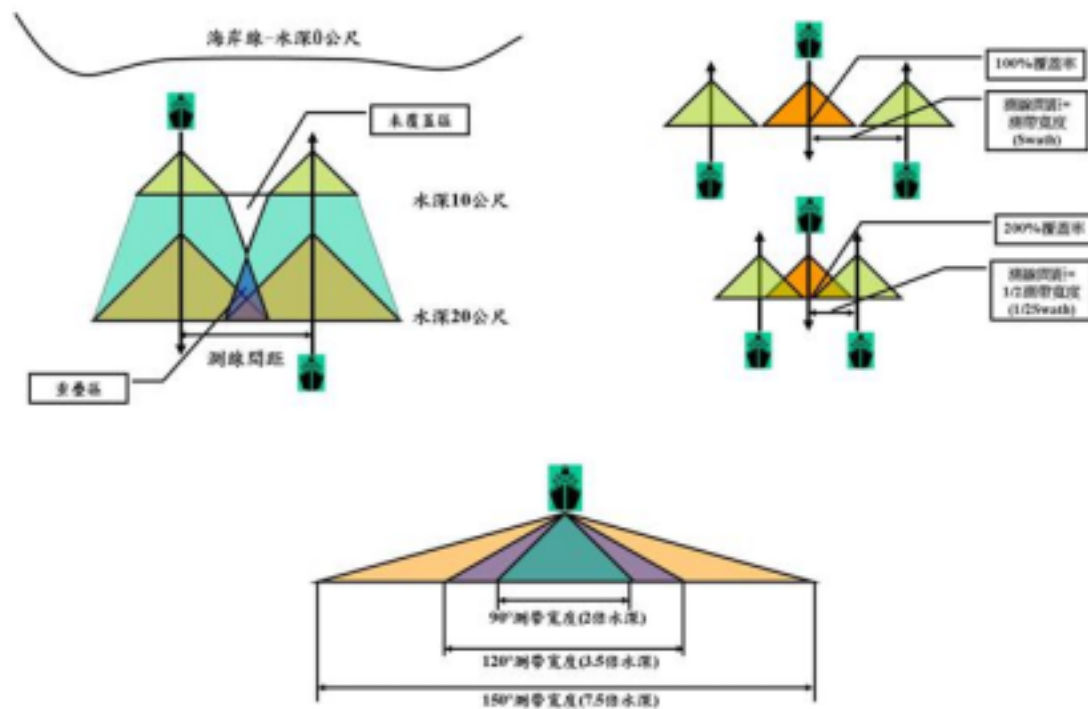


圖 7 測線間距與航線重疊率的關係圖

5. 多音束測深時，若未互相干擾，建議同時進行單音束測深，並進行兩測深成果資料之比對。圖 8 可比較交錯測線之各種統計值是否符合 IHO 水深測量之規範。

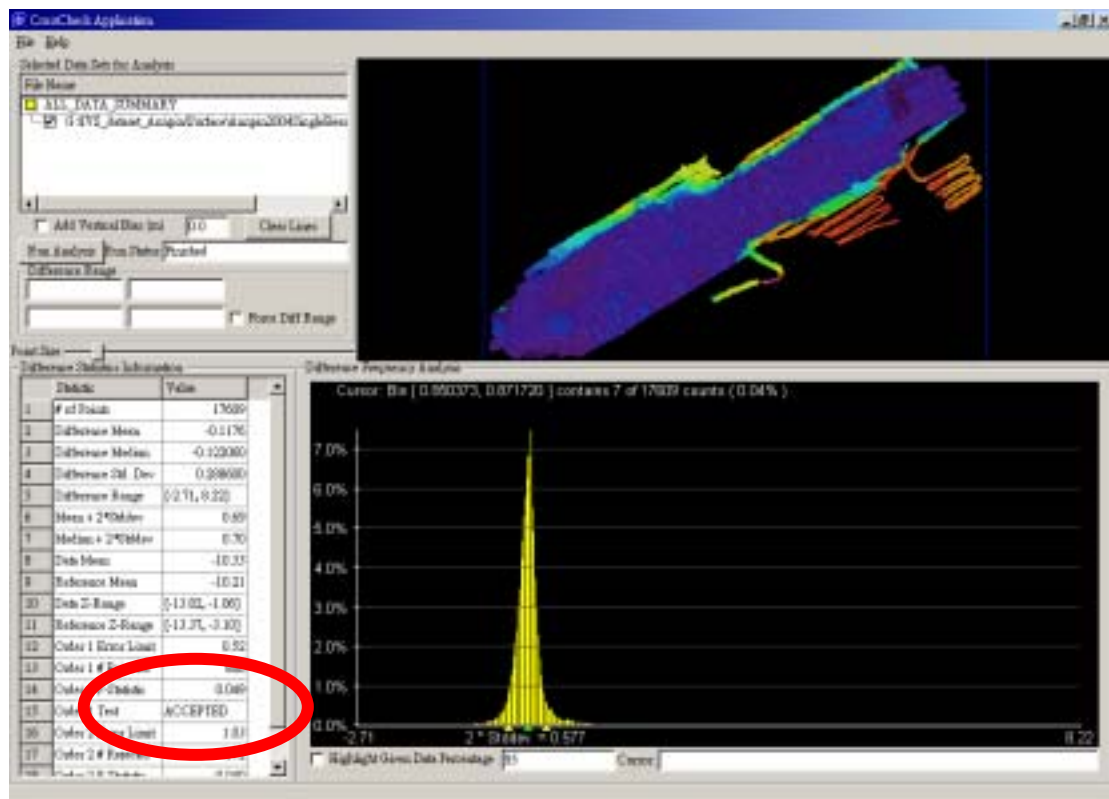


圖 8 Cross Check 檢驗圖範例

6. 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)。

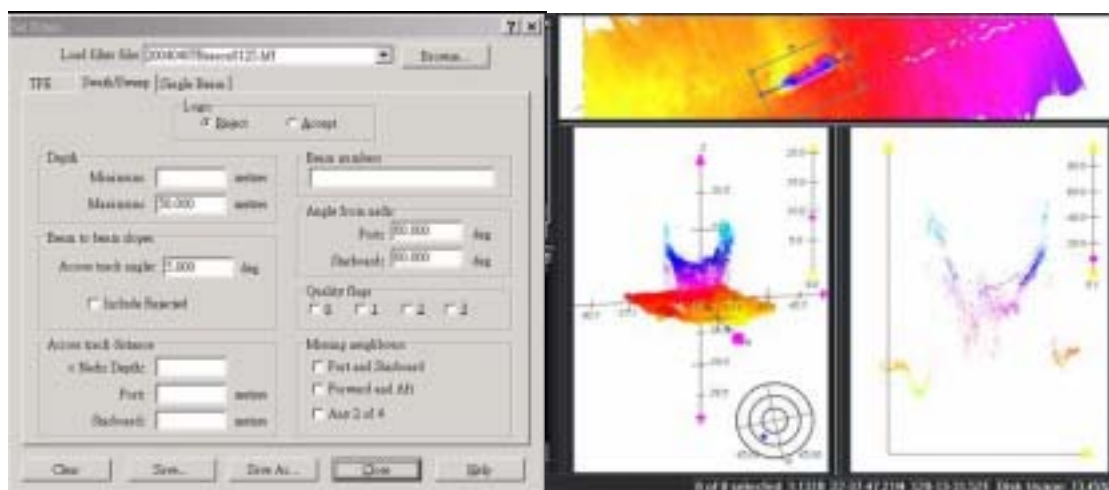


圖 9 條件式及視覺式資料篩選範例

7. 測深資料在品管後，可繪製成水深色階圖、等深線圖、三維立體圖，如圖 10，並可提供高密度(諸如：5m*5m)之水深網格圖。

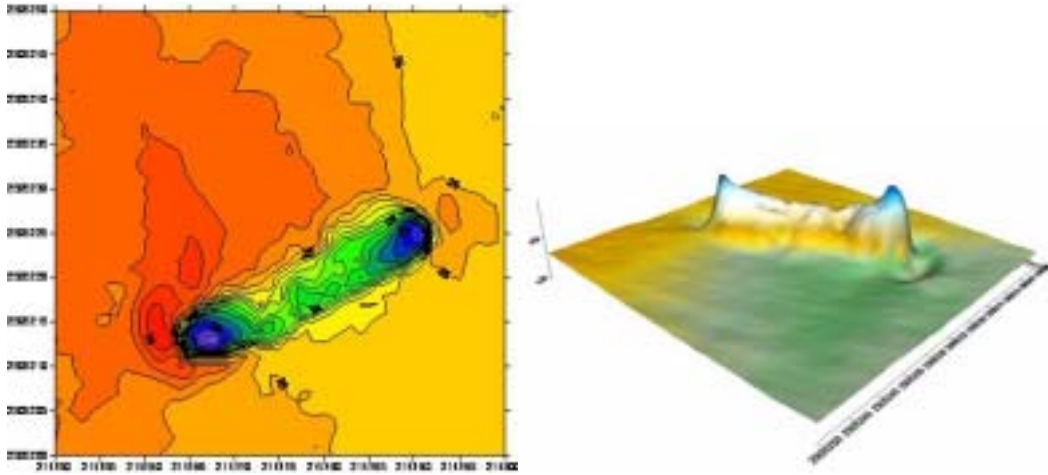


圖 10 等深線色階圖及三維立體圖範例

8. 在進行多音束測深示範作業時，同時進行作業過程之錄影，並製作多媒體光碟，以為第二年人員訓練重要教材之一。教材大綱如下：
- (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。

1.4.3 建立多音束測深資料庫

多音束測深資料量龐大，以 Reson 8125 多音束測深儀為例，作業 8 小時的資料量將達到 1GByte 左右，一般大型資料庫的功能無法滿足多音束資料的編修、品管、展示及管理需求。而地理資訊系統結合資料庫與空間的模組較為恰當，但缺乏整合電子海圖、航遙測影像、側

掃聲納影像、底質剖面圖、數位相片等資料的能力，本計畫將示範測區多音束測深資料，建立於地理資訊系統或類似功能的資料庫軟體內。

1.4.4 探討多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用

以文獻收集方式探討多音束測深技術在港灣工程(防波堤、碼頭、疏浚等)施工及監測(沖刷、侵蝕、移位等)之應用。

1.5 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：蒐集國內外水深測量規範，探討多音束測深技術資料，草擬港灣多音束測深規範。

第三章：選擇一國際商港之三處水域進行多音束測深示範作業。

第四章：探討以地理資訊系統建構多音束測深資料庫。

第五章：探討多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用。

第二章 多音束測深技術資料蒐集

2.1 國內水深測量現況與規範

國內水深測量規範依照使用目的，各單位有多項標準，海軍測量局以製作海圖為目的；公共工程委員會多以港灣施工為目的(港灣工程施工綱要規範工具書目錄-01726 水深測量)，各港務局也有各自的水深測量委外技術要求準則，本所港灣技術研究中心亦曾於 2003 年研擬港灣水域水深測量(草案)，而內政部以測量海域基本圖為目的，擬定海域基本圖測量規範，目前未見我國針對多音束測深技術而建立的規範。

現有海域相關圖籍及海底地形資料大多為單一目的而測量及製圖，其中海圖(nautical charts)是以航行安全為主要目的，且水深基準是以當地之最低低潮位面為基準。與我國之經建版地形基本圖(topographic maps)之高程基準，在臺灣本島是以基隆平均海水面為基準大不相同。加上陸域基本圖是以陸上的地形地貌為主，並未包含海域(含海岸)相關資訊(包含海岸線、水深、底質、潮間帶、海岸溼地、沙洲、珊瑚礁、海底管線及纜線、潮流等)。兩者不論在比例尺、高程基準及坐標投影方式、圖籍內容之需求、圖幅分法、應用之領域皆大異其趣。使得過去在進行海岸工程與建設、環境監測、資源保育、海岸管理、海難緊急應變、海洋及氣象模式建立、海域資源及疆界之談判與海洋政策制定等工作時，常發生資料不足或資料整合困難之窘境。因此本計劃希望從海洋基礎資訊之蒐集為開端，制定港域多音束測深等相關的規範，建立海域基本圖資，以強化港灣及海岸相關資訊的整合，作為後續港灣及海岸相關規劃、管理與工程建設工作推動之基礎。

2.2 國外水深測量及多音束測深規範

國際海測組織第四版『國際海洋測量標準』(IHO Standards for Hydrographic Surveys,S-44)將水域區分為特級、一級、二級及三級等四個等級。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。

2.2.1 國際海測組織(IHO)

IHO『國際海洋測量標準』第四版之內容，包括海洋測量分級及最低的測量內容與精度要求、水平控制測量及測深定位與導航輔助設施定位之基本要求、水深測量內容及密度與測深誤差精度評估、其他輔助資料之調查(包含底質、潮位、海流等)、點位資料屬性(point data attribution)及銓釋資料、可疑水深資料之消除、資料品管之準則等章節。編纂小組對目前水深量測設備評估，如下：

1. 單音束測深儀：

淺水中之水深量測精度已可達到公分以下之等級，且各製造商可提供不同頻率與更新速率的測深儀，並已達到海圖製圖所需的功能。

2. 側掃聲納

可高解析的偵測海床上障礙物，雖然目前拖魚(Towed Fish)受限於低速操作的限制(約 5~6 節)，它仍可廣泛用於港口和航道內障礙物之偵測，以確定測線間的障礙物。許多海測機關強制規定港口和航道區域應以多音束測深系統或側掃聲納施測之，且測量之覆蓋率在 100%以上。

3. 多音束測深儀

由於多音束測深之足印(footprint)為連續且鄰接，可視為全覆式(full coverage)海床測量，由於測帶寬度受到水深變化影響，測線間距不易定義，規範中測深密度以覆蓋率及重疊率表示之，覆蓋率為100%時，重疊率為0%；覆蓋率為200%時，重疊率為100%。IHO規範中規定遇到『可能危及』航行安全的水域，應執行覆蓋率100%以上之海床探測。國內目前擁有多音束測深系統的單位以學術研究單位、港務局、測量公司為主。由於多音束測深相關儀器及技術門檻較高，仍需較長時間的訓練及測試才足以獲得較佳的品管資料，因此建議先建立多音束測深的標準程序及作業與品管規範之示範作業。多音束測深技術已為世界各國水深測量發展之趨勢，該技術亦日漸成熟，應積極鼓勵民間業者建立此技術。

快速發展下的多音束測深系統，若操作程序正確且測深系統的解析度足以偵測航道障礙物時，其具備有涵蓋全面海床及精確水深測量與海床特徵物偵測能力的特性。

4. 空雷射測深系統

適用於量測淺而透視度佳水域的水深，其量測效率頗高，可量測水深高達50公尺或更深。

綜合以上，可知IHO將多音束測深定義於全覆式海床及精確水深量測，使用區域為重要航道、港區和錨泊區等需要水下淨空區域，基本精度標準與其它測深系統相同，即水平定位及水深測量精度標準相同，但品管及誤差估算標準複雜度差異甚大。多音束測深涉及許多感測器且計算與品管程序較為繁複，當外側音束未達測深要求之標準時應予刪除。誤差估算為提供施測者瞭解測量總傳播誤差(TPE, Total Propagated Error)的概念，以綜合評估所有感測器之測量誤差是否達到預定測量要求之等級。

2.2.2 紐西蘭

紐西蘭水道測量相關規範，源自國際海測組織規範的修訂，其參考之相關組織包括：海洋安全組織(Maritime Safety Authority)、紐西蘭海軍(Royal New Zealand Navy)、國際海事組織(International Maritime Organisation, IMO)、國際海測組織(International Hydrographic Organisation, IHO)及澳洲水文組織(Australian Hydrographic Service)公告之水道相關規定。其中大陸棚多音束測深規格(Specification for the Continental Shelf Project : MBSE Surveys on Resolution Ridge)及多音束測深標準(Hydrographic MBES Survey Standards)為多音束測深標準，

5. 紐西蘭其他水深測量相關之規範：

- (1) 水道測量詮釋資料規格(Hydrographic Metadata Specification)：源自數位地理資訊工作小組(Digital Geographic Information Working Group)的相關規範。
- (2) 水道測量規格(Standard for Hydrographic Surveys V3)：源自 IHO-SP44 規格，定位精度及相關精度規定同樣分為四級。
- (3) 測帶聲納調查規格(Provisional Swath Sonar Survey Specifications)：針對多音束聲納及側掃聲納的規範。
- (4) 水道測量品質保證監督員之基本要求(Hydrographic Survey "Quality Assurance Representative" Requirements)：說明各項作業流程中要求的品質保證要求事項。
- (5) 紐西蘭海圖製作規格(Specifications for New Zealand Hydrographic Charts)：海圖製作規格源自 IHO-SP57 規格。
- (6) 海圖航船佈告修正標準(Standard for Hydrographic Chart Correction)：針對海圖使用者的航船佈告修正標準，而非對海圖發行修正的標準。

(7) 地圖及海圖儲存標準(Standard for Map and Chart Warehousing)：說明地圖、海圖或資料的儲存及維護原則。

(8) 紐西蘭潮位高程標準(Standard for the Official New Zealand Sea Level Information)：說明潮位測量的標準、使用原則及對內/外的潮位標準轉換。

(9) 紐西蘭海圖印製及發行規格 (Specifications for Printing New Zealand Nautical Publications)：說明海圖紙張規範及使用墨色。

6. 多音束測深標準：

(1) 多音束特等測深：主航道、錨泊區及港口等需保持水下最小淨空水域。

(2) 多音束一等測深：港口、內陸航道運河及近岸交通頻繁等水域。

(3) 多音束二等測深：不屬於特等及一等測深水域，一般指不影響船隻航行安全之水域。

(4) 多音束三等測深：其他水域，一般指超過水深 200 公尺的水域。

7. 紐西蘭多音束測深規範：

紐西蘭多音束測深規範比 IHO 較為詳細，本計畫針對 2000 年 3 月 V2.2 版，其中以下條文源自 IHO 條文，但規範的更為詳細。

(1) 聲速剖面量測時間不應超過六小時或誤差小於 2 公尺/秒。

(2) 測深方向儘可能平行等深線，測深間距依照測深等級要求。

(3) 檢核測線與主測線之交錯角應介於 60° 至 90° 之間，檢核測線間距應不超過圖面 10cm，實際長度可依照製圖比例尺換算。檢核線測深值及主測線測深值應檢核其差異的統計值是否達到測深等級。

(4) 回轉時或大角度轉彎處蒐集的資料，不可做為最後的成果資料。

(5) 測試或檢校測線的資料可納入成果資料。

(6) 外側音束資料可做為底床偵察，但若欲納入成果資料需先檢核其精度是否符合測深規範。

(7) 修正量：動態修正包括儀器安置偏移量(Offset)、多音束時間遲滯、航向、船隻左右搖擺、船隻前後傾斜、船隻上下起伏、聲速剖面及船隻吃水、船隻航行中之下沉量(settlement)和船隻加速所引發之前仰量(squat)等。

8. 紐西蘭多音束測深精度：

表 2 紐西蘭多音束測深精度

	特等測深	一等測深	二等測深	三等測深
定位精度	2 公尺	5 公尺+5% 水深	10 公尺+5% 水深	100 公尺 +5%水深
水深測量精 度(IHO 特等 測量精度)	1 倍	1.5 倍	2 倍	2.5 倍
覆蓋率	200%	100%	100%	100%
可刪除的音 束數量	10	10	7	3
最小特徵物				
水深<40m	1 公尺	2 公尺	4 公尺	8 公尺
水深>40m	2.5%水深	5%水深	10%水深	20%水深

	特等測深	一等測深	二等測深	三等測深
特徵物之製圖位置精度(95%信賴區間)				
固定設施及 重要的導航 目標物	2 公尺	2 公尺	5 公尺	5 公尺
裸露的礁岩	2 公尺	2 公尺	5 公尺	10 公尺
天然海岸線	10 公尺	10 公尺	15 公尺	20 公尺
浮動的導航 設施	10 公尺	10 公尺	15 公尺	20 公尺
地形特徵物	10 公尺	10 公尺	15 公尺	20 公尺

2.2.3 加拿大

加拿大水道測量局(Canadian Hydrographic Service, CHS)之水道測量標準為 Minimum Standards For Hydrographic Surveys，同樣以 IHO 為藍本修訂其規範，值得的注意的是 CHS 將測量等級前後各增加一種等級，共有六種測量等級，分別為：CHS 特等、特等、一等、二等、三等及四等水域，其中特等、一等、二等至三等為 IHO 原有等級，而特等水域及 CHS 特等水域可參照表 3。第 7 章為多音束測深標準，主要原則都遵 IHO 規範，部份細部條文參照當地狀況修改。

表 3 IHO 及 CHS 水道測量最低標準比較表

規範組織	CHS		IHO
等級	CHS 特等水域	特等水域	特等水域
典型水域範例	特等水域或工程測量	港區、錨泊區及重要航道等需最少船底淨空水域	港區、錨泊區及重要航道等需最少船底淨空水域
水平位置精度(95%信賴區間)	1 公尺	2 公尺	2 公尺
歸算後水深精度(95%信賴區間)	a = 0.15 公尺 b = 0.0075	a = 0.25 公尺 b = 0.0075	a = 0.25 公尺 b = 0.0075
100%底床搜尋	強制執行 200%覆蓋率	強制執行 200%覆蓋率	強制執行 100%覆蓋率
偵測海床特徵物的能力	>0.5 公尺	>1 公尺	>1 公尺
最大測線間距	取其小者：3 倍水深，水深<10 公尺時 25 公尺，水深<40 公尺時 50 公尺，水深>40 公尺時 100 公尺	取其小者：3 倍水深，水深<10 公尺時 25 公尺，水深<40 公尺時 50 公尺，水深>40 公尺時 100 公尺	不需要;因 100%底床搜尋

2.2.4 美國

而美國 NOAA 之海洋測量標準(NOS Hydrographic Surveys

Specifications and Deliverables)部份基於 IHO-SP44 規格，在水深小於 100 m 採用 IHO 一等水域的標準，而水深大於 100 m 採用 IHO 二等水域的標準。多音束測深儀在水深小於 40 m 時，最小需偵測海底突出物之大小在 2m x 2m 及高度大於 1m 之淺礁。當水深大於 40 m 時，最小需偵測海底突出物之大小為水深之 10%，其高度為水深之 5%，水深的解析度應低於 10cm，船速控制應配合多音束拍發(ping)頻率及水深變化，測帶(Swath)內每個鄰接拍發(ping)的中央足印(footprint)可以 100% 覆蓋海床。

測帶寬度至少二倍水深(測帶張角 90 度)，轉彎或船隻動態角度過大的資料不可用於產生最後的水深成果。

測量方式分為全覆式及測深間距式，全覆式不定義測線間距，只求最後符合測量精度的水深，測深間距式類似單音束測深，詳細規範參照 Hydrographic Survey Letter Instructions or Statement of Work。

測深修正分為五大類：1.各種儀器安置偏移量。2.音鼓吃水，包含：船隻航行中之下沉量(settlement)和船隻加速所造成之前仰量(squat)。3.聲速剖面修正。4.各種儀器測量所得的測深修正量，包括：Heave, Roll, Pitch, Heading & Timing Error。5.誤差分析。其中誤差分析包含：

9. 測量誤差：測深系統的儀器誤差及 roll/pitch 的測量誤差，最小誤差值在 10 公尺水深處可能為 0.2 公尺，最大允許誤差是 0.3 公尺+0.5% 水深。

10. 音鼓吃水誤差：介於 0.05 公尺~0.15 公尺。

11. 船隻航行中之下沉量和船隻加速之前仰量：介於 0.05 公尺~0.2 公尺。

12. 聲速剖面：介於 0.2 公尺~0.3 公尺+5%水深。

13. 上下起伏所引發之誤差：介於 0.05 公尺~0.2 公尺。

14. 潮汐/水位所引發之誤差：介於 0.2 公尺~0.45 公尺。

多音束檢核線長度應佔主測線長的 5%。Patch Test 的檢核條件可參照表 4：

表 4 Patch Test 檢核條件表

	測線長度	地形	測線型態	航向速度
Latency	500~1,000 公尺	10°~20°的斜坡	至少二條測線	同向不同速
Picth	500~1,000 公尺	10°~20°的斜坡	至少二條測線	反向同速
Roll	500~1,000 公尺	平坦	至少一條測線	反向同速
Heading	測線測帶 10%~20%	明顯特徵物	至少二條平行測線	反向同速

2.3 多音束測深相關儀器及技術

2.3.1 船隻載具

在各國的水深測量規範中並未限制載具的大小及使用狀況，一般考量大型船隻吃水較深，適合深水區作業，因噸位較大容許水深測量時的海象條件較寬鬆；小型船隻吃水較淺，適合近岸及河道作業，但相對而言海象惡劣時所引起的水深測量誤差較大。另外由於多音束測深輔助性設備較多，船隻內部空間、電源及儀器配置與固

定方式都是必考量的因素。

國內水深測量常採用的船隻載具包括：竹筏、膠筏、小型漁船、中型漁船、大型漁船及專用測量艇(海測局)，多用途測量船則有國科會的海研一號、二號、三號及海軍的達觀號。大型測量船租用之費用及吃水較深，載具之選擇必須考慮以下原則：

15. 航行安全為第一考量。
16. 適當的耐波力：大型載具耐波力較佳，但迴旋半徑大，機動力較差，中小型載具次之，平底船較差。當作業區波浪小時，平底船作業較不受到 pitch 及 roll 的影響力，航行穩定性較佳，適合離海岸較近之海域。而模型船的耐波力最差。
17. 船隻吃水的考量：吃水為船行安全的第一考量原則，近岸、沿岸或沙洲水域等必須謹慎考量船隻吃水。模型船吃水最淺，適用港內、河口、水庫及湖泊等波浪效應較小，其他船隻不易作業的水域。平底船及小型船隻吃水較淺，5 公尺以內的小型船隻作業迴轉半徑較小，可考量風浪小時於淺水區作業。船隻噸位的選擇可參考以下原則：
 - (1) 沿岸海域：10 噸以下。
 - (2) 近岸海域：10~30 噸。
 - (3) 離岸或外島海域：30 噸以上。
18. 作業空間及作業環境：寬廣的載具較適合測量人員長期作業，一般選擇足夠的空間作為儀器配置及人員作業空間即可，有遮陽棚或室內空間的載具，操作面板時較不受陽光反射以致看不清楚面板或螢幕的問題。
19. 儀器配置固定：海域作業時，所有儀器及配線都應安裝固定，特別是感測器位置應有適當位置並且可固定基座，可參考圖 11。若配合

儀器安置而修改船隻基座較佳，特別是多音束測深時，所需儀器較多，適當改裝船隻但不影響船隻航安全為宜，圖 12 為日本日測技研株式會社，使用多音束測深系統進行河道測量的載具及儀器配置，各種感測器都需適當的固定之。



中山大學海工所提供

圖 11 儀器配置範例



摘自日測技研株式会社， 測深 用 地形

圖 12 多音束測深儀器配置及載具範例

20. 船隻大小及載具噸位：需考慮其續航力，特別是作業區離岸或離港口較遠。
21. 成本考量：租用費用或油費等。
22. 水域狀況熟悉之程度：可考慮雇用當地的的船隻及船家。
23. 其他：船家作業經驗、提供電源…等。

另外特殊測深作業區使用之載具可分為：水庫及湖泊幾乎無風無浪可採用平底船；彰濱工業區附近水深變化大，部份航道及作業區水深淺或經常變化，一般漁船吃水較深，宜以膠筏及竹筏等平底船較為符合航行安全；礁岩區及接近碎浪帶測深應選擇機動性高吃水淺的船隻，此外礁岩區及碎浪帶測深海象限制更嚴苛，並應選擇經驗豐富的船家開船，以航行安全為第一要務。

2.3.2 海上定位儀器

海上定位系統主要目的在決定測深儀音鼓之平面位置(N,E)。在離岸 5 公里內可採用傳統之經緯儀前方交會、電子測距經緯儀(Total Station)角邊混合測量法、自動追蹤角邊混合測量法、電子定位儀(Electronic Positioning System)及全球衛星定位系統(GPS)。傳統經緯儀受限於通視效應，僅適用於近岸，近年來除了港區測量或近岸疏浚已不多見，在離岸 5-50 公里則可採電子定位儀及 GPS 定位，超過 50-1500 公里則可採 GPS 定位法。由此可知 GPS 法適用於任意離岸距離之海上定位，加上近幾年來其價格逐年下降，功能增強，使用方便，已成為國內外海上定位之主流。

海上定位已大多採用 DGPS 定位法。而其他海上定位法有其歷史淵源，對於以往測量成果之評估有所幫助，因此將簡單敘述其方法及可能之定位精度。海上定位法包含：

24. 經緯儀前方交會法：

在岸邊設立二至三個平面控制點，於同時間測量已知點至船位之水平夾角，以進行前方交會計算，獲取船位之平面坐標。若水平角度瞄準誤差控制在 1 分以內，則其定位精度約可控制在 2.5 公尺以內。

25. 電子測距經緯儀角邊混合測量法：

在岸邊一平面控制站設立電子測距經緯儀，後視另一岸邊之平面控制點，然後測量其與船位之水平夾角及測站至船位之水平距離，進而以自由導線法計算得船位之平面坐標，其定位精度約在 0.4 至 1.8 公尺範圍。

26. 自動追蹤角邊混合測量法：

與第二種定位原理相同，唯此法採用雷射測量並能自動追蹤，無需人為照準及讀數，且船上之反射稜鏡為全方位而無死角，而其定位坐標可透過無線電直接傳送至船上，以利即時導航。此儀器例如：Geodimeter, Altas Polartrack 等。其定位精度約為 0.1-1 公尺。

27. 電子定位儀法：

通常可分為雙曲線定位法(Hyperbolic System)及圓弧線定位法(Ranging System)兩種，以後者定位精度較高。通常電子定位儀法需要二至三個位置分佈較佳，視野較好之陸上基站，配合船上之移動站，以定得船隻位置。此種儀器例如：Hyper-fix，Micro-fix，MRD1，MRD4，Trisponder Systems 等。其定位精度依不同廠牌及型號約在 0.1-10 公尺不等。

28. GPS 定位法：

由於 GPS 技術已發展成熟，加上內政部已設置八個 GPS 衛星追蹤站，利用 GPS 測量一等及二等衛星控制點，且已採用 TWD97 坐標基準來取代傳統臺灣地圖之 GRS67 坐標基準，由此可知 GPS 將成為陸上及海上定位之利器。由於 GPS 接收儀設備內容之不同，其定位精度可以分為三種：(a)公分級，(b)1-3 公尺，(c)5-10 公尺。

多音束測深所需定位精度約 2 公尺(95%信賴區間)，因此至少必需達到 DGPS 等級的定位精度，由於 DGPS 定位法只需有一個陸上基站，配合一個以上海上之移動站，即可同時定得許多船隻位置，不論設備或人員成本皆較低。如果使用 GPS 修正潮位，則需達到 RTK 等級的定位精度，但一般 RTK 的精度受限於 10~15 公里的距離限制，近年來有 GPS 製造商宣稱在特定條下，RTK 可達到 40 公里的距離。目前常見的單機 DGPS 模式為使用信標(Beacon)差分定位模式，雖然 Beacon 是免費使用的公眾系統，但臺灣目前的基地站並不多，訊號搜尋時可能會切換至對岸的基地台，由於距離較遠，資料品質並不穩定。另外有使用衛星傳送差分值的付費系統 OmniStar，資料

品質較為穩定，提供業界另一項選擇。海上定位系統以陸上控制點為基準，該控制點需經三角、三邊測量或 GPS 方式驗測無誤，始得使用。

2.3.3 多音束測深儀

多音束測深儀之音束陣列(beam array)安排可以分為垂直式(vertical type)及扇形式(fan type)，前者所有音束皆垂直於水面，而後者則呈扇形較常被採用，其示意圖可參閱圖 13。

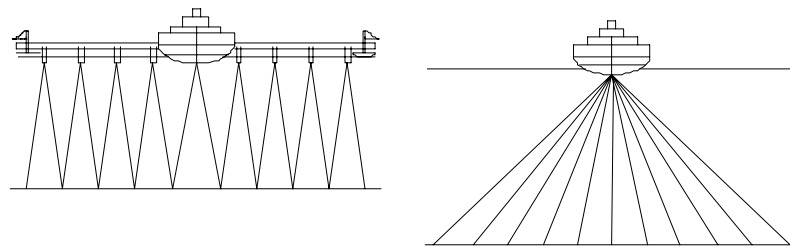


圖 13 垂直式與扇形式多音束測深儀示意圖

若以測量深度範圍來分則可分為淺水(200 公尺)、中程水深(至 2000 公尺)及深水用(至 12,000 公尺左右)測深儀，一般而言，淺海用測深儀之測深精度較高、頻率較高且音鼓尺寸較小。

為了增加一次可測量的水深值，多音束測深儀的音鼓同時具備許多音束，這些音束的束寬通常不大，以淺水用多音束測深儀為例約為 $0.5^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 。其音束之總數約在 48-240 個左右，每次測帶(swath)之夾角約在 90° 至 150° 。目前國內購買多音束測深儀的單位包含：國立中山大學、國立臺灣大學、基隆港務局、工研院、自強顧問有限公司及詮華工程顧問有限公司等。市面上多音束測深儀功能比較可參閱表 5~表 8

表 5 多音束測深儀功能規格比較範例(一)

廠牌	Reson SeaBat				
型號	9001	9003	8101	8124	8125
音鼓頻率	455 kHz	455 kHz	240 kHz	200 kHz	455 kHz
測深範圍	約 140m	約 140m	約 300m	約 400m	約 120m
音束總數	60 個	60 個	100 個	40 個	240 個
測帶夾角	90°	90°	150°	120°	120°
測深解析度	5cm	5cm	1.25cm	1cm	1cm
音束束寬	1.5°	1.5°	1.5°	2.5° x 3.0°	1.0° x 0.5°
音束最高更新率	15Hz	15Hz	30Hz	30Hz	40Hz
音束陣列安排方式	扇形	扇形	扇形	扇形	扇形
音鼓空氣/水中重量	18/5.5kg	18/5.5kg	26.8/4.8kg	8.3/4.6kg	24.3/8.6kg

表 6 多音束測深儀功能規格比較範例(二)

廠牌	Reson SeaBat			Odom
型號	8111	8150	8160	Echoscan
音鼓頻率	100 kHz	12/24kHz	50kHz	200kHz
測深範圍	約 600m	約 11000m	約 3000m	100m
最淺測量深度	0.5m	10m		

音束總數	100 個	234 個	125 個	256 個
測帶夾角	150°	120°	120°	110°
測深解析度	3.7cm	7.6cm,19cm ,45cm	2.4cm/9.6cm	2.5cm
音束束寬	1.5° x 1.5°	1.0° x 1.0°	1.5° x 1.5°	0.7° x 2.5°
音束最高更新率	35Hz	15Hz	15Hz	4Hz
測深精度	x	x	x	x
音束陣列安排方式	扇形	矩形	T 字形	水滴形
音鼓空氣/水中重量	72/59kg	40.8kg	x	50/30kg

表 7 多音束測深儀功能規格比較範例(三)

廠牌	ELAC Nautik SeaBeam					
型號	1185	1180	1055D	1050D	2120	3012
音鼓頻率	180kHz	180kHz	50/180k Hz	50/180k Hz	20kHz	12kHz
測深範圍	300m	600m	1500m	3000m	11000m	11000m
最淺測量深度	x	x	x	x	x	x
音束總數	126 個	126 個	126 個	126 個	149 個	205 個
測帶夾角	153°	153°	153°	153°	150°	140°

測深解析度	x	x	x	x	x	x
音束束寬	1.5° x 1.5°	1.5° x 1.5°	1.5° x 1.5°	1.5° x 1.5°	1.0° x 1.0°	1.0° x 1.0°
音束最高更新率	x	x	x	x	x	x
音束陣列安排方式	三角形	三角形	三角形	三角形	x	x
音鼓空氣/水中重量	17kg	17kg	60kg	60kg	三角形	x

表 8 多音束測深儀功能規格比較範例(四)

廠牌	Simrad			
型號	EM 3002	EM 3000d	EM 2000	EM1002S
音鼓頻率	300 kHz	300 kHz	200 kHz	95 kHz
測深範圍	約 200m	約 100m	約 150m	約 1000m
最淺測量深度	小於 1m	小於 1m	小於 1m	2m
音束總數	254 個	128 個	127 個	120 個
測帶夾角	130°	120°	120°	150°
測深解析度	1cm	1cm	1cm	2cm
音束束寬	1.5° x 1.5°	1.5° x 1.5°	1.5° x 1.5°	1.25°
音束最高更新率	40Hz	50Hz	50Hz	40Hz

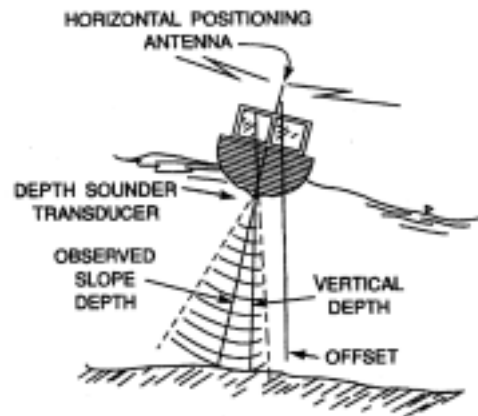
測深精度	x	5cm	5cm	x
音束陣列安排方式	圓柱形	扇形	扇形	扇形
音鼓空氣/水中重量	20/14.5kg	130/95kg	X	X

2.3.4 水深測量輔助或修正儀器

水深測量輔助或修正儀器包括船隻姿態收集器、電羅經、測深校正板、聲速剖面儀、鹽溫深儀及潮位儀等。各種輔助及修正水深測量器，並不限制單一儀器精度，因其精度會隨著誤差傳播反應品管檢驗結果，而且各種感測器達到單一精度儀規範標準，未必能保證最後的修正測深值符合測深精度標準。

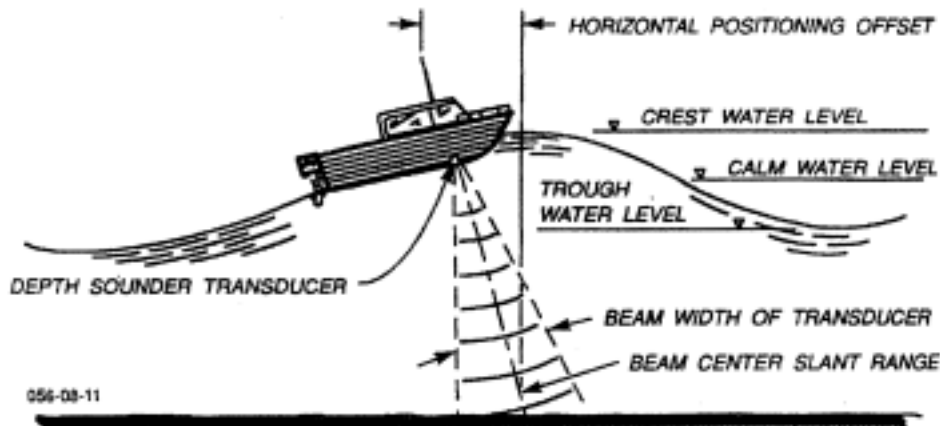
29. 船隻姿態收集器(Motion sensor)及電羅經(Gyro compass)

水深測量是以測深儀音鼓至海床之垂直距離，加上音鼓至水面之吃水深度而得。然而測量船隻受到波浪、潮汐、海流及船隻運動影響會產生前後傾斜(pitch)、左右搖擺(roll)及上下起伏(heave)。定位天線與音鼓安置在同一平面位置時可減少其偏差效應。前後傾斜及左右搖擺使音鼓量測得之距離為斜距而非垂直距離，可參照圖 14 及圖 15，船隻受到波浪等因素影響，而使水位升降所產生之上下起伏效應可參照圖 15。船隻姿態收集器、定位天線及音鼓儘可能安置在同一平面位置可減少部份的偏差效應。



摘自 USACE，1994

圖 14 船隻左右搖擺(roll)效應



摘自 USACE，1994

圖 15 船隻前後傾斜(pitch)和上下起伏(heave)效應

船隻航行時受到波浪影響瞬間航向(yaw)不易保持固定，多音束測深時，音鼓會產生平面旋轉角度，因此須加裝航向儀。部份系統採用磁力式羅經(磁羅經)易受船體磁場影響，採用陀羅儀式的電羅經(gyro-compass)可降低受船體磁力影響之發生機率。

30. 聲速剖面儀及鹽溫深儀(Sound velocity profiler & CTD)

在近岸地區受到河水流入及電廠溫排水等因素之影響，鹽度及溫度改變較大，或海水壓力之改變，都會影響聲波傳播速度。通常

日夜、季節變化或潮流、降雨量變化皆會影響鹽度、溫度及密度在不同深度水層之分佈。一般聲速可大約視為 1500 m/sec，然而水溫每增加 1°C，聲速增加 4.5 m/sec；鹽度每增加 1‰，聲速增加 1.3 m/sec；水深每增加 100 m，聲速增加 1.7 m/sec。

一般而言，音響測深儀只輸入一組聲速，配合傳播時間可計算得水深值。因此最好在測區之溫度、鹽度及深度相同條件下，實施測深儀之檢校。通常是以聲速剖面儀先測量水層之聲速剖面，取其平均聲速輸入測深儀，然後再實施水深校正板檢校(bar check)。水深校正板檢校只適合於在水深 30 公尺以內之區域，且船隻較小才易於執行，為避免校正板受潮流及風之影響產生偏移，宜在較風平浪靜時進行，或在港內、灣內進行之。

水深校正板可為圓形薄金屬板且板中鑽許多圓孔，再以繩索固定後，以卷尺自金屬板下緣量起，每隔 2 或 5 公尺做一記號，其典型尺寸及形狀可參閱圖 16。在進行檢核時，將水深校正板置於音鼓正下方，然後每隔固定水深記錄類比觀測水深(observed analog water depth)及數值觀測水深(observed digital water depth)。下放及上拉皆需記錄之，再取其平均。將類比及數值觀測水深加上音鼓吃水深再與實際水深相比較，可得到各個水深之改正值。此改正值包含水層聲速之變化與測深儀之誤差。再將水深與相對應之深度改正值劃成曲線，即可對類比觀測水深或數值觀測水深進行深度改正。

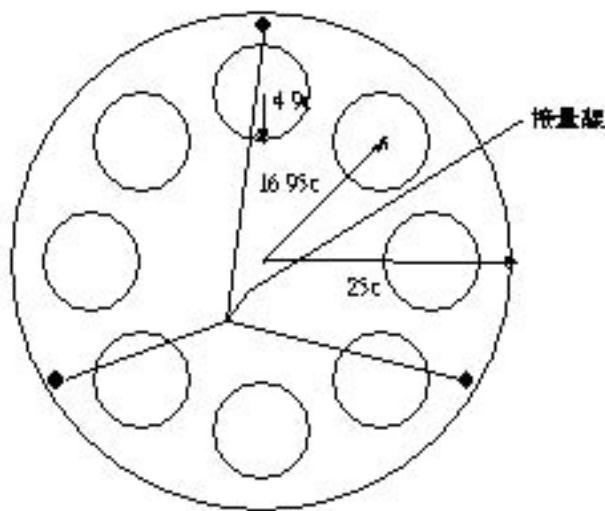


圖 16 典型測深校正板之參考形狀與尺寸

2.3.5 系統改正

系統改正可分為靜態誤差及動態誤差，靜態誤差以不變或少變的誤差為準：感測器安置之相對偏移量、船隻靜態吃水量為主，動態誤差以水層聲速變化、船隻姿態及潮位修正、船隻動態吃水量為主，檢校測深誤差儀器的功能分別如下：

測深檢校板：以實測方式檢校測深值。

船隻姿態收集器：修正船隻姿態變化(roll, pitch, heave)造成的水深誤差值。

電羅經：修正船隻瞬間航向(yaw)造成的測深值位置偏移。

聲速剖面儀或鹽溫深儀：修正水層水中聲速造成之測深誤差。

潮位儀或水尺：修正潮汐效應造成水深變化。

31. 靜態誤差

(1) 感測器安置之相對偏移量

理論上系統改正的原點以船隻重心為主軸得到誤差修正效果較佳，部份海測軟體以音鼓為原點，三個軸向的正負值建議以船首為正(+x)、船尾為負(-x)、右舷為正(+y)、左舷為負(-y)、向下為正(+z)及向上為負(-z)，船隻重心(z)可視為水面(z=0)，部份海測軟體提供繪製船隻平面簡圖，參照圖 17，可自動計算船隻重心，儀器安置後，量測各種感測器至原點的相對位置。

- (a) 定位感測器至原點位置(x,y,z)，z 為天線至水面高。
- (b) 測深感測器至原點位置(x,y,z)，z 為音鼓入水深。
- (c) 湧浪補償器及船隻姿態收集器至原點位置(x,y,z)。

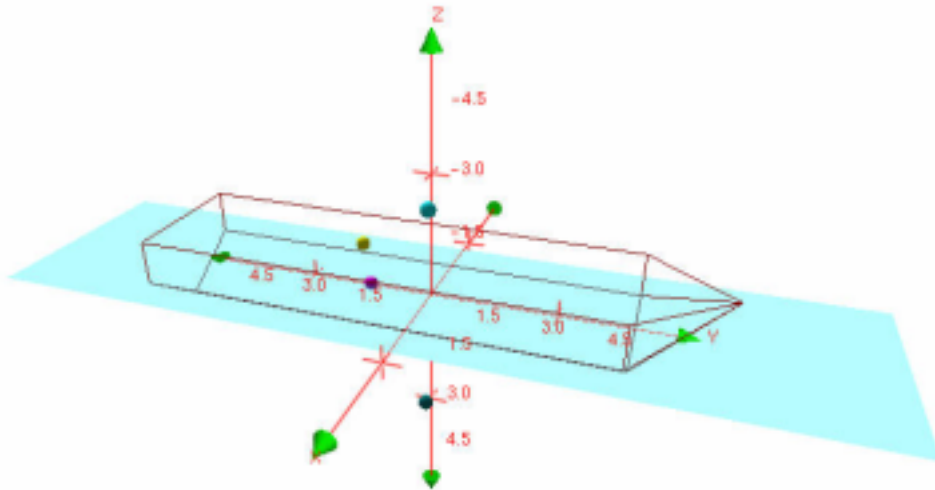


圖 17 感測器安置之相對偏移量

(2) 音鼓軸系安置之角度

多音束音鼓安置角度(yaw, roll, pitch)的測量方式較為複雜(可參照圖 18)，必須執行音鼓軸系安置角度及系統時間延遲修正(patch test)，解算船隻運動時音鼓軸系的安置角度及系統時間延遲。

要求在較好的海象條件下作業。事實上波高之半即為船隻上下起伏所需之改正量，通常風力二級之波高已達 30 公分，若未對上下起伏量加以所需之改正，其水深量測之誤差已高達 15 公分。因此湧浪補償器應是較精密水深測量(例如:疏浚、海岸或港灣工程等)必備之儀器，若不收集前後起伏及左右搖擺角度資料，必須在海象條件良好才可。多音束測深系統必需配備船隻姿態收集器，故水深測量時應無海象條件之限制，唯需注意海象不佳時，多音束測深資料會包含因水中氣泡等因素所產生之雜訊，不易獲得品質良好的水深資料。

(2) 潮位修正

平均海水面受到天文現象引起的變化稱為潮汐效應，潮位修正分為預測潮及觀測潮，潮位站每六分鐘紀錄一筆潮位資料，若有特殊狀況可加密觀測潮位資料。預測潮僅用於即時測深導航評估，如果使用預測潮，資料後處理必需改用實際觀測之潮位資料。

(3) 資料處理：各資料處理步驟如下：

- (a) 資料修正：進行各種資料改正，期使誤差減至最小。
- (b) 資料品質：刪除超過最低容許誤差的資料，並且估計資料品質等級。
- (c) 資料轉換：將資料內插為正交網格或利用不規則三角網，以提供等深線之繪製。
- (d) 資料輸出：以文字、表格和圖片展示測量成果。

(4) 精度評估：

(a) 預定誤差評估

資料處理精度評估，可由誤差來源及總傳播誤差計算(TPE,

Total Propagated Error)來分析。各種儀器的精度、系統配置誤差和環境因子都會影響每一筆音響測深(sounding)的準確度，因此每一個音束可能存在的誤差來源包括：系統誤差、聲速修正誤差、音響測深解析度、吃水誤差、潮汐修正誤差、載具穩定誤差、船隻航速變化誤差及海床反射誤差等。各種預估誤差值經過誤差傳播後，可得到 95%信賴區間的總傳播誤差，本項評估可預測使用的測量系統是否符合測量水域的精度要求。

(b) 相對精度評估

單音束測深可利用交錯檢核線(cross line)的交會點，自我檢驗所測得之精度，一般來說檢核線與主測線的交錯角度應在 60° - 90° 。多音束測深除了交錯檢核線的檢驗，相鄰測線的重疊區域也可視為交錯檢核。部份多音束測深儀內建額外的單音束測深儀，由於使用相同測量基準，可視為同一系統的相對精度評估，精度檢核成果範例可參照表 9，以 11 月 18 日為例，有 17609 個檢定點，統計後誤差平均值為-0.117610、二倍標準差為 0.694803，達到 IHO 一等測深準，其誤差值類似一常態分佈圖，可參照圖 19。

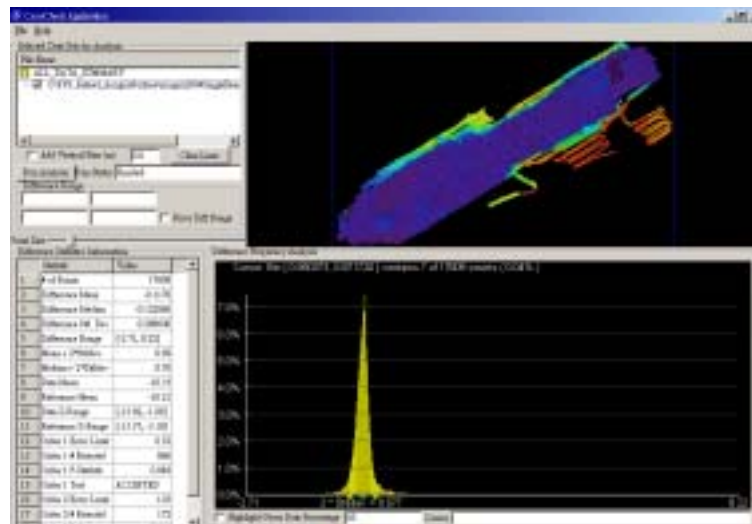


圖 19 11 月 18 日交錯檢核成果範例

表 9 交錯檢核線精度評估表

Cross Check	11 月 18 日	11 月 19 日	11 月 20 日	11 月 21 日
檢驗點數	17609	13253	21127	26126
檢核點平均值	-10.33	-14.13	-14.97	-15.32
基準平均值	-10.21	-13.93	-14.74	-15.07
誤差平均值	-0.117610	-0.191570	-0.222790	-0.247930
誤差中值	-0.122060	-0.185440	-0.218180	-0.246180
誤差標準差	0.288600	0.148740	0.127680	0.174720
檢核點水深範圍	-13.82~ -1.06	-15.53~ -12.78	-16.65~ -12.46	-17.46~ -8.54
基準水深範圍	-13.37~ -3.10	-14.90~-12.79	-16.03~ -12.86	-25.63~ -10.97
水深差值範圍	-2.71~ 8.22	-0.91~0.42	-1.05~ 1.50	-1.15~14.22
平均值+2x 標準差	0.694803	0.489049	0.478158	0.597379
中值+2x 標準差	0.699259	0.482924	0.473543	0.595629
一等測深誤差極限	0.50	0.53	0.53	0.52
二等測深誤差極限	1.00	1.04	1.04	1.03
一等測深 P 統計	0.049	0.021	0.013	0.032
二等測深 P 統計	0.010	0.000	0.000	0.000
未達一等測深點數	866	283	280	823
未達二等測深點數	172	0	7	12

符合一等測深?	Yes	Yes	Yes	Yes
符合二等測深?	Yes	Yes	Yes	Yes

(5) 絕對精度評估

相對精度評估使用相同的系統進行自我檢驗，可能不易檢核出系統誤差，因此絕對精度評估是以第三者的同等精度或更高精度系統進行精度評估。不同系統的單音束及多音束測深儀可互相交叉檢核，唯需注意測深儀器特性不同所造成之測深差異。

(6) 資料品管

單一儀器或系統的量測精度評估流程，可從減少誤差著手，以下的檢核可做為資料品管之準則參考。

- (a) 檢視工作日誌之記錄、觀測紀錄紙及原始觀測資料磁片與水深記錄圖紙，是否完整。除了仔細檢查設定值之合理性外，對施測時之海象條件可由單音束測深紀錄紙/檔之海床剖面之上下起伏大小來加以判斷。若在原始觀測資料磁片中發現許多水深值為 0 或水深突然變化極大時，可比對單音束及多音束測深資料，並判斷其發生原因，決定是否刪除異常資料或補測。
- (b) 由交錯測線之交點來判斷水深施測品質是否合水深測量規範。然而若交錯測線之施測時間差異太大，或在礁岩地區測量時，在比較兩者之差異時，須特別考慮產生較大差異的可能性。
- (c) 由原始觀測資料中取出檢核點(數個至數十個)後，將剩餘的水深資料經必要之修正後，再比較檢核點與處理後之水深及定位資料，並計算出其間之較差(Difference)與其標準誤差(Standard Deviation)。
- (d) 將測線水深及等深線繪於同一張圖上，再仔細檢查其是否有外

差現象及不合理的等深線處。

- (e) 若有以往之水深資料，則可比較其間之差異與可能之物理現象是否一致。
- (f) 仔細瞭解資料處理過程及使用之軟體，對使用軟體宜仔細比對與其他軟體處理得到等深線之差異。
- (g) 檢視成圖之內容（比例尺、坐標方格、投影方式、註記、接幅圖等）及水深點與等深線之合理性。須注意突出水面或在水下之礁岩及海岸線是否有繪製於成圖內。
- (h) 檢視海、陸交界區水深與高程值之合理性。
- (i) 詳細瞭解特別註記之資料處理過程及方式。
- (j) 檢查潮位曲線圖、船隻姿態記錄圖與聲速剖面圖之合理性。
- (k) 檢視潮位修正、船隻姿態修正、聲速修正與測深檢校板檢校的方式與正確性。
- (l) 檢視水準引測至驗潮站的觀測與計算的正確性。

2.4 草擬港灣多音束測深規範

本案草擬之規範建議測深之精度遵照 IHO SP-44 規範，由於 SP-44 屬於測深基本原則標準，本案草擬之規範為依其架構及最低標準(參考第一章至第九章)，考量國內現況調整坐標系統採用國內陸圖標準(參考 1.2)，並且調整至海圖標準。

採用何種測深設備，依其測量需求以海域特性或應用來決定之，SP-44 除了限制定位系統要求在 95%信賴區間需達到 2 公尺。其他儀器不限定每一種儀器的精度，以水深及測深等級分類其精度要求等級，

並以修正後水深執行綜合品管驗證，概要而言以總傳播誤差(TPE)評估船隻及儀器綜合精度是否達成要求之精度等級?(可參考 10.3)

第九章檢核及驗收參考國內陸測標準，檢核比例依國內陸測標準訂之，檢核取樣的分佈以均勻分佈為原則，若業主要求，亦可以重要區域為優先檢核區域。

美國工兵署 Engineering and Design Hydrographic Surveying 規範內容包括：量測類型等級、精度精度標準、疏浚及導航測量精度估計、計畫管理、座標基準系統、專案調查、處理過程、近岸工程定位技術、傳統測深技術、單音束測深技術、多音鼓航道測量系統、多音束深水測量專案、導航淨空及礙航物偵查、空載雷射測深、疏浚調查、疏浚測量及土方計價、GPS 定位系統模式、河道水文和航道穩定調查、海岸工程調查、內陸及海岸電子海圖導航系統、水庫淤積調查、不規則海床水深量測及測量合約及費用估計等。其規範巨細靡遺，與制度相結合是美國特定標準，本草案僅擷取技術層面的通用準則，第十章品質管制的準則是參考美國工兵署相關法規，特別是表 3、表 4 及表 5 測深品管/品保準則表，應是其實務經驗累積的法則。

第十一章作業程序為本單位多音束測深經驗匯整之準則。

我國海軍大氣海洋局之測量規範，以 IHO SP-44 為參考依據，分類測量精度等級，另外部份重要差異為：『掃海測量為探測海中之障礙物，如沉船、暗礁等，每 300 公尺掃海幅度必須重疊 50 公尺以免遺漏，其掃海深度必經傾斜及潮汐改正，以求正確』。美國工兵署則建議多音束測深須有 10%~50%重疊率。因重疊率的計算不易及重疊率與測量費用成正比，規範不限制重疊率，由業主自斟酌，若限定重疊率以規劃測線定義之，實測資料重疊率的計算不易僅作參考。

多音束交錯檢核(Cross Check)二條測線夾角介於 60~90° 之間，草案中檢核線取樣方式有三種國際標準的檢驗方式，由於各有其應用層面，三種標準皆保留，業主可自行決定標準。多音束測深用途若為製

圖，建議使用考第一項製圖比例尺 10 公分，管線測量的測區為長條型，測線可能只有一條或二條，檢核線與測線間距的相關性不高，建議使用第三項，一般性的測量建議使用第二項。

近年來也有其他相關應用以單音束測深與多音束測深資料作為交錯檢核，或者直接檢核多音束測深重疊區的測深品質作為交錯檢核成果，但不易反應多音束測深的整體成果等級，所以單/多音束測深及多音束重疊區的檢核，可作為內部品質管控制的檢核方式。

2.4.1 平面及高程坐標基準

為配合一般港灣工程施工標準，採用內政部公告之平面坐標基準(TWD97)及高程坐標基準(TWVD2001)。至於海圖使用的各地的平均海水面，由於高程並不一致，TWVD2001 與各地最低低潮位面(海圖)的高潮線、岸線、低潮線及潮位....等定義也將不同，建議建構多音束測深資料庫時，應考量同時包容兩種高程系統之資料庫及顯示系統，紙圖部份應加注兩者之間的高程差值或發行兩種高程基準之紙圖。

2.4.2 測深分級

量測分級採用 IHO 的特等測量、一等測量及二等測量的分類方式、定位及測深精度，陸上基站控制點的精度則採用國內陸圖標準。

2.4.3 生產過程中品質管制之檢核方式及程序

33. 參考 ISO9000 品質管制相關規範。

ISO 9000 指一系列國際標準的品質系統。產品本身不會達到 ISO 9000 認證，而是整個組織運作過程中品質管理(Quality Management)的認證。品質管理依據品質方針(Quality Policy)訂定，實施步驟分為：品質計劃(Quality Planning)、品質控制(Quality Control)、品質保證(Quality Assurance)及品質改善(Quality Improvement)。其中品質保證

又分為內部品質保證(Internal Quality Assurance)和外部品質保證(External Quality Assurance)。

ISO 9000 品管標準並不要求水深測量使用特定測量標準，標準可以來自委託團體的合約計劃書共識、國內及國外海洋測量標準。ISO 9000 並不要求增加新的測量流程，而是保證所有的測量程序可以確實執行並且記錄。IHO 在海洋測量標準中不要求測量團體一定要達到它的標準，但鼓勵各測量團隊建立自己的程序、評估可以達成的精度。以國立中山大學海洋環境及工程學系地理海洋地理資訊系統實驗室為例，ISO 9000 品質保證程序架構可參照圖 20。

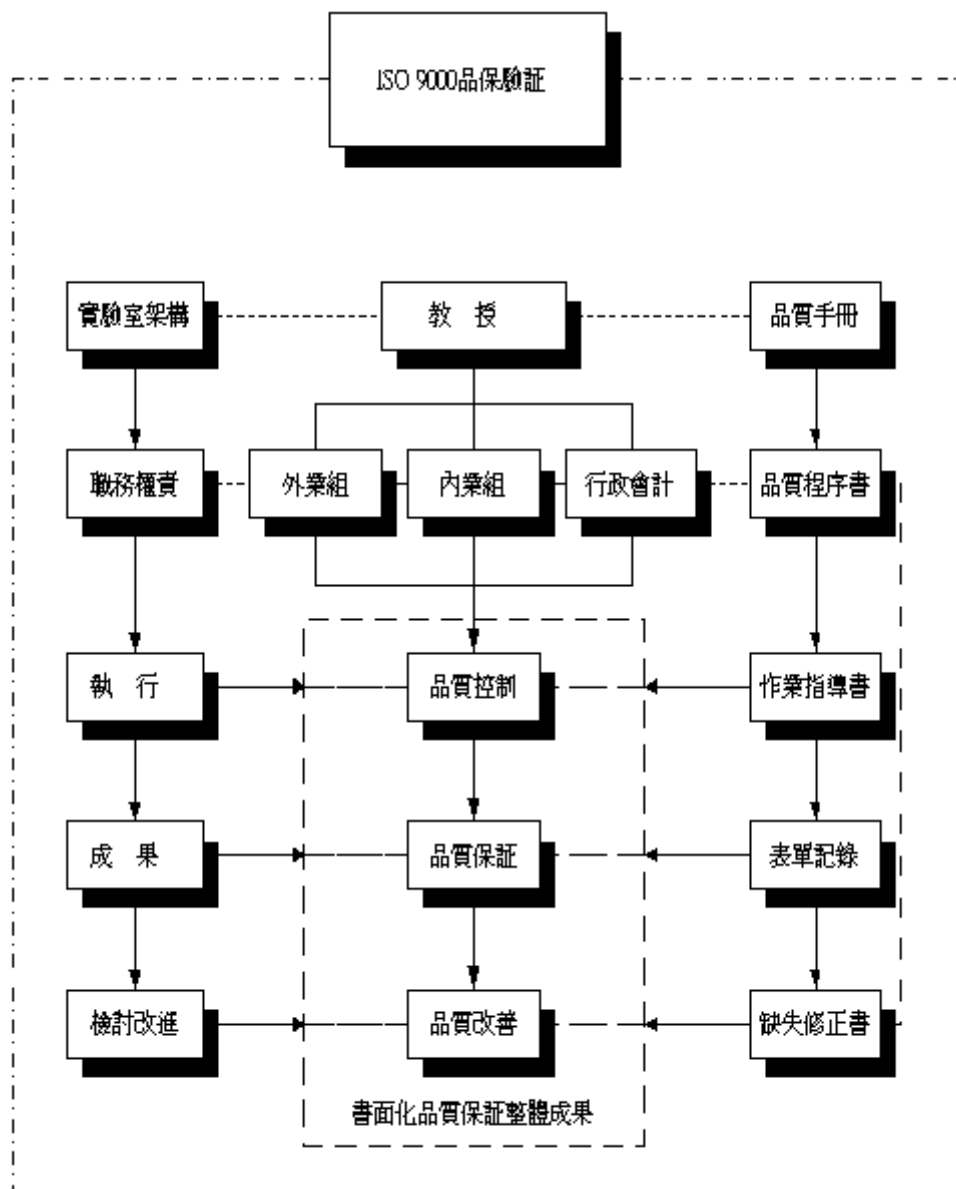


圖 20 ISO 9000 品質保證程序架構

34. 參考 IHO 品質管制相關規範。

IHO 建議品質管制方針至少應包含：

- (1) 建立自我的品質改善的控制程序。
- (2) 定位：多餘的檢核線或監測站執行誤差分析。

(3) 水深：經常執行交錯的檢核線(checklines)，以確認定位、水深量測與潮汐修正的精度，檢驗線的間距通常不超過主要測線間距的15 倍。

(4) 測深密度：說明單音束測深儀(SBES)、側掃聲納(SSS)、多音束測深儀(MBES)、掃測系統(Sweep Systems)、空載雷射測深儀(Airborne Laser)及測地統計學(Geostatistics)的品管方針。

(5) 誤差源及估計值：估計多音束聲納的可能誤差源，其原理適用其他聲納系統。

35. 參考及評估我國現行陸圖及海圖品質管制方式與內容。

36. 整體評估及規劃品管稽核流程。

一般而言，資料品管過程之嚴謹性有賴充份的資料提供，例如：地形及水深測量工作日誌，野外觀測記錄及計算成果，原始觀測之電腦檔，程式計算之輸入及輸出檔，測深儀類比水深記錄，現場測線及水深資料圖，資料處理方式記錄等。下列僅說明可能進行資料品管之方式：

(1) 水深測量工作日誌應詳列日期、天候、海象狀況、使用定位及測深設備、音鼓吃水深度、使用船隻名稱、進出港口名稱、使用海測軟體名稱及版本輸入相關參數值、定位系統與測深儀之同步性檢查、聲速量測記錄、音鼓及定位系統天線之偏移量、海測軟體之背景圖來源及刊行日期、特殊事件處理經過與結果、作業人員姓名、定位系統測試成果及水深校正板檢核(bar check)成果、船隻作業航速、工作進度及測線編號、測深儀類比水深記錄特別事件說明(special event)、GPS 定位系統作業期間之幾何強度範圍(例如：HDOP)、水尺讀數資料等。均需仔細檢視這些記錄之正確性。

(2) 陸上地形測量工作日誌應詳列日期及工作時間、天候、工作進度、潮時及潮差、使用設備名稱及序列號碼(serial number)、儀器

校正記錄、工作人員姓名及職掌、控制樁位現況、特殊事件處理過程與結果、控制點引測記錄等，亦需仔細檢查這些記錄，以確認作業狀態。

- (3) 仔細檢查野外記錄及其計算、原始觀測電腦檔之格式及符號、測線水深類比輸出圖紙、現場測線分佈及相關之水深資料等。
- (4) 仔細檢核資料處理方式及輸入參數值記錄、程式計算之輸入及輸出檔案，尤其需注意潮汐修正、吃水深修正、定位及測深儀器之偏移量、聲速修正等數值符號之正確性。
- (5) 資料密度若因許多因素未達規定標準，應補測之。
- (6) 即時定位系統常會因船隻遮蔽、無線電干擾、及收訊不良等因素而亂跳，可以航跡圖來檢視之。
- (7) 水深過淺或音鼓附近有氣泡產生或音鼓安置在船底之上或音鼓未牢牢固定而傾斜等因素，常有水深為零或測線上相鄰測點之水深變化極大之現象，需仔細篩選出可疑之水深資料，或予以刪除或重測之。
- (8) 水深與陸上高程在水陸交界附近應注意其銜接之合理性。
- (9) 測線交會點附近應檢查量測水深之合理性或一致性。
- (10) 若有以往測量資料可比較水深差異現象是否符合於當地之海洋物理特性。
- (11) 驗潮資料可與預測潮汐或附近驗潮站資料比較，以確定其正確性。
- (12) 當船隻通過海測軟體之背景圖內之特徵，例如：防波堤等，需特別注意其相對位置是否正確。
- (13) 測區在河口附近或電廠溫排水口附近時，應注意聲速設定及校

正是否完善。

- (14) 若因海象因素使得測量期間加長，且斷斷續續，宜有重疊地帶以供檢核地形是否變化極大。一般而言，測量期間以連續為原則。
- (15) 一測線之水深若有連續相同時，需配合船速資料檢核其正確性。
- (16) 由於目前海上定位系統技術成熟，在同一測線之資料密度可能過高，可考慮刪除部份資料(data thinning)，刪除因素除可考慮距離小於某值外，另可考慮水深變化率不得超過某值，可增加等深線繪製之效率及避免曲線產生許多彎折。
- (17) 由於船隻操控不易，其航跡通常在轉彎處或測線軌跡，大多呈現曲線變化而非銳角變化，此與船隻大小有關。

除了提供施測作業記錄外，水深及地形量測之品質管制及檢核程序可分為下列步驟：控制測量之檢核、海域定位測量之檢核、水深量測之檢核、系統改正之檢核、資料處理之檢核、成圖品質之檢核等。

單音束測深、多音束測深、空載雷射測深、測深錘及測深桿測深皆應符合水深測量精度，多音束測深規範亦相同，港灣水域水深大多不超過 30~40 公尺屬於淺水多音束測深，本案規範參照 IHO-SP44 規範為主體，加入多音束測深系統特有的作業方法、品質管制方法、資料修正方法及誤差分析，如附件 A。

第三章 多音束測深示範作業

3.1 多音束測深成果說明

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，可參照圖 21，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 米可參照圖 22，第二測區範圍長 3.4 公里 * 寬 0.4 公里，水深約 4.5 米至 15 米可參照圖 23，第三測區範圍長 4 公里 * 寬 0.3 公里，水深約 4 米至 15.5 米可參照圖 24，總長度達到 9 公里，已超過規劃長度 6 公里。部分測區因船隻停泊無法作業呈現空白的狀況。

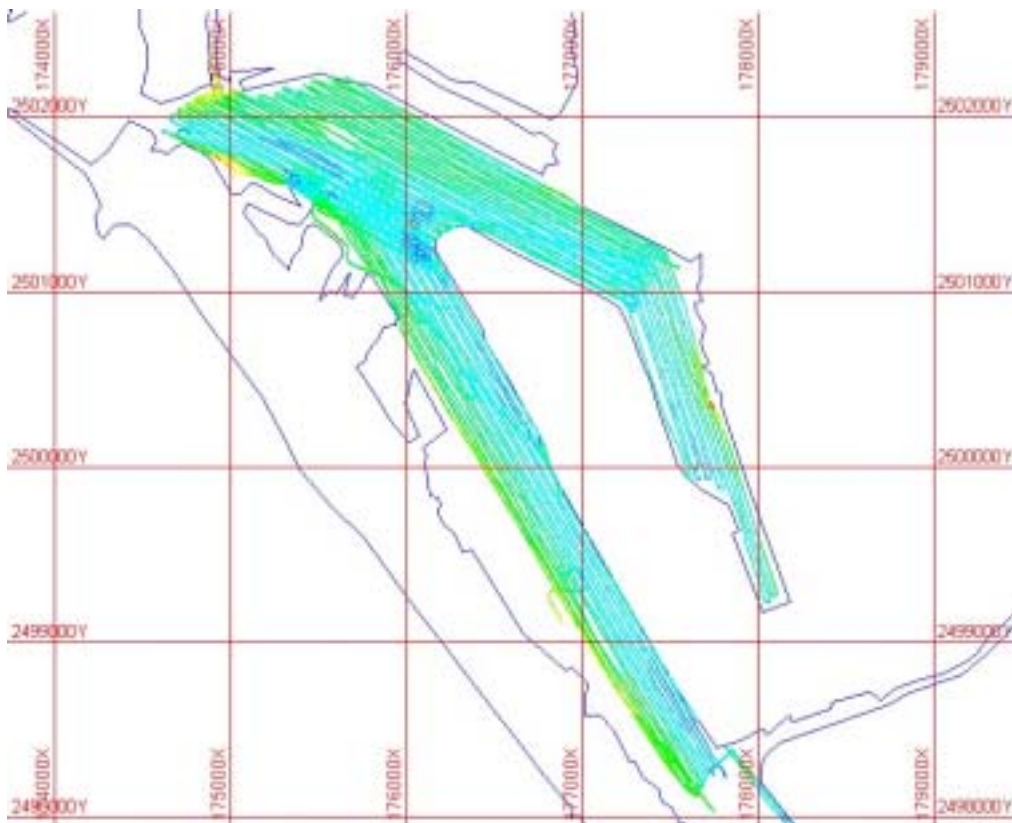


圖 21 高雄港測深示範作業範圍圖

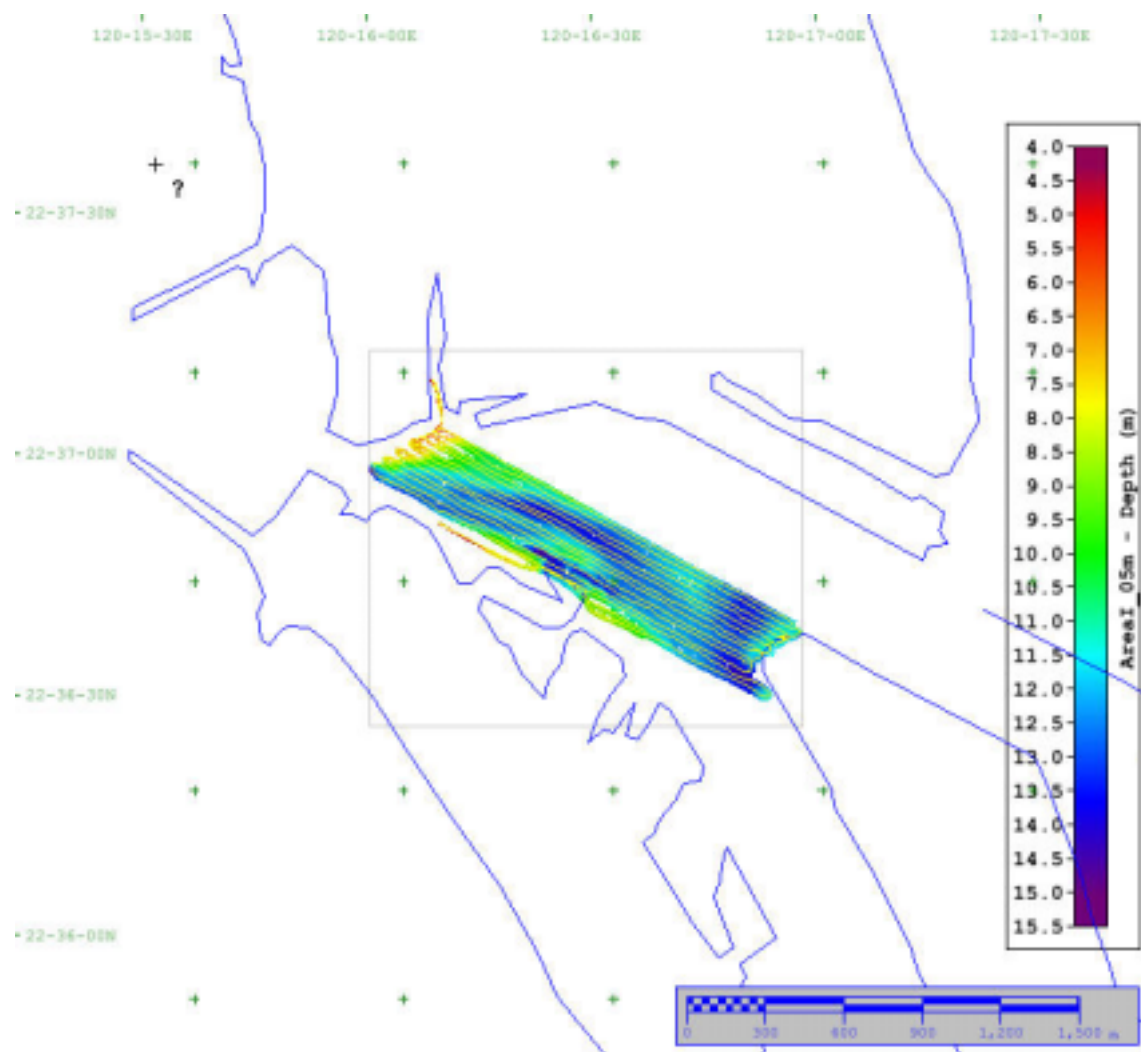


圖 22 第一測區水深色階圖

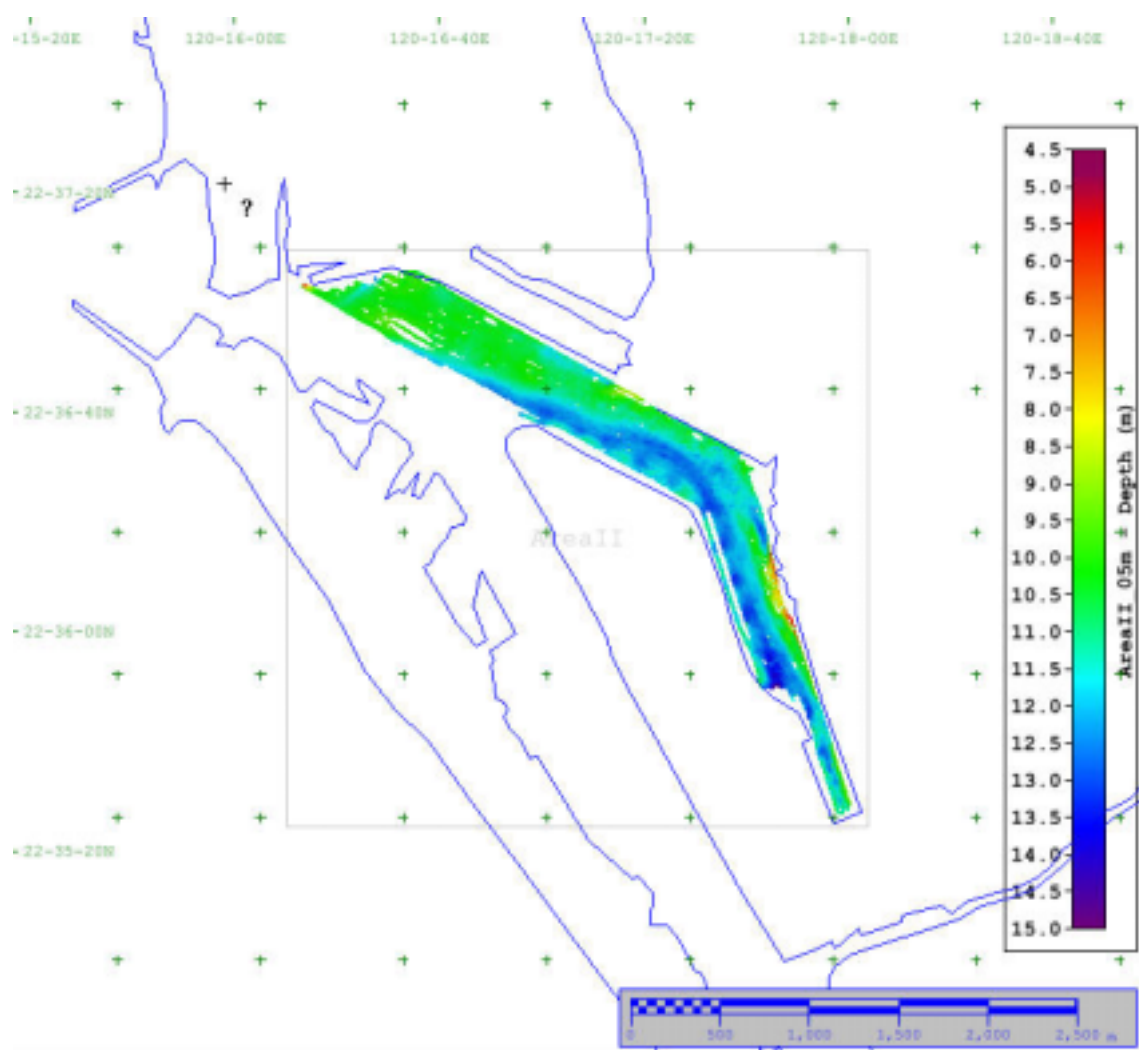


圖 23 第二測區水深色階圖

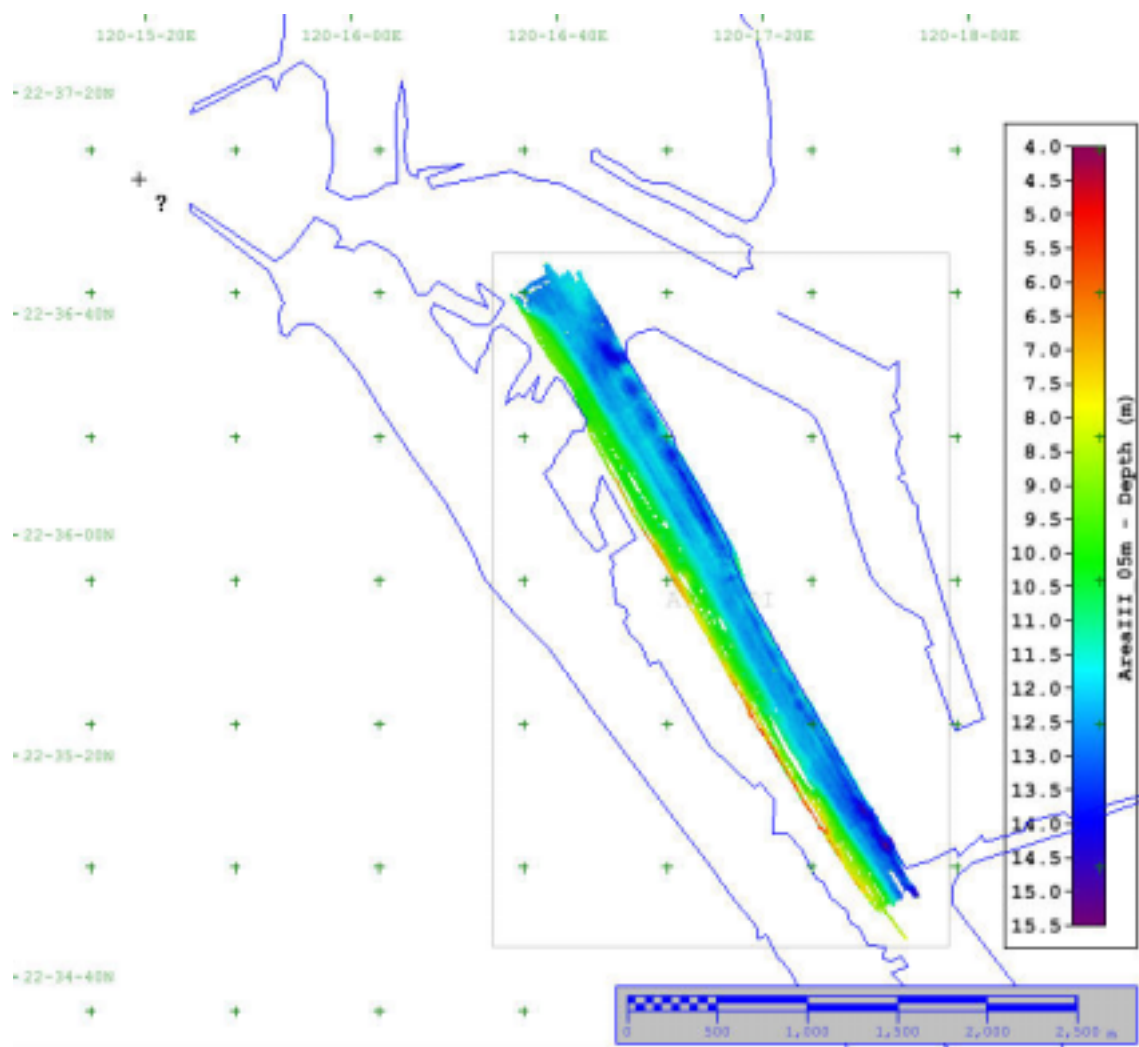


圖 24 第三測區水深色階圖

3.2 多音束測深成果精度檢核

單音束測深及多音束測深的交錯檢驗結果達到一等測量結果，可參照表 10，其誤差分佈圖可參照圖 25。

表 10 單音束測深與多音束測深交錯檢驗表

日期	2005/03/15~2005/03/18
檢驗點數	55184
檢核點平均值	-11.23
基準平均值	-11.22
誤差平均值	-0.008398
誤差中值	-0.014473
誤差標準差	0.18487
檢核點水深範圍	-15.48~ -4.07
基準水深範圍	-15.27~ -4.29
水深差值範圍	-2.81~ 3.95
平均值+2x 標準差	0.378139
中值+2x 標準差	0.384214
一等測深誤差極限	0.52
二等測深誤差極限	1.03

一等測深 P 統計	0.021
二等測深 P 統計	0.005
未達一等測深點數	1175
未達二等測深點數	255
符合一等測深?	Yes
符合二等測深?	Yes

單位：公尺

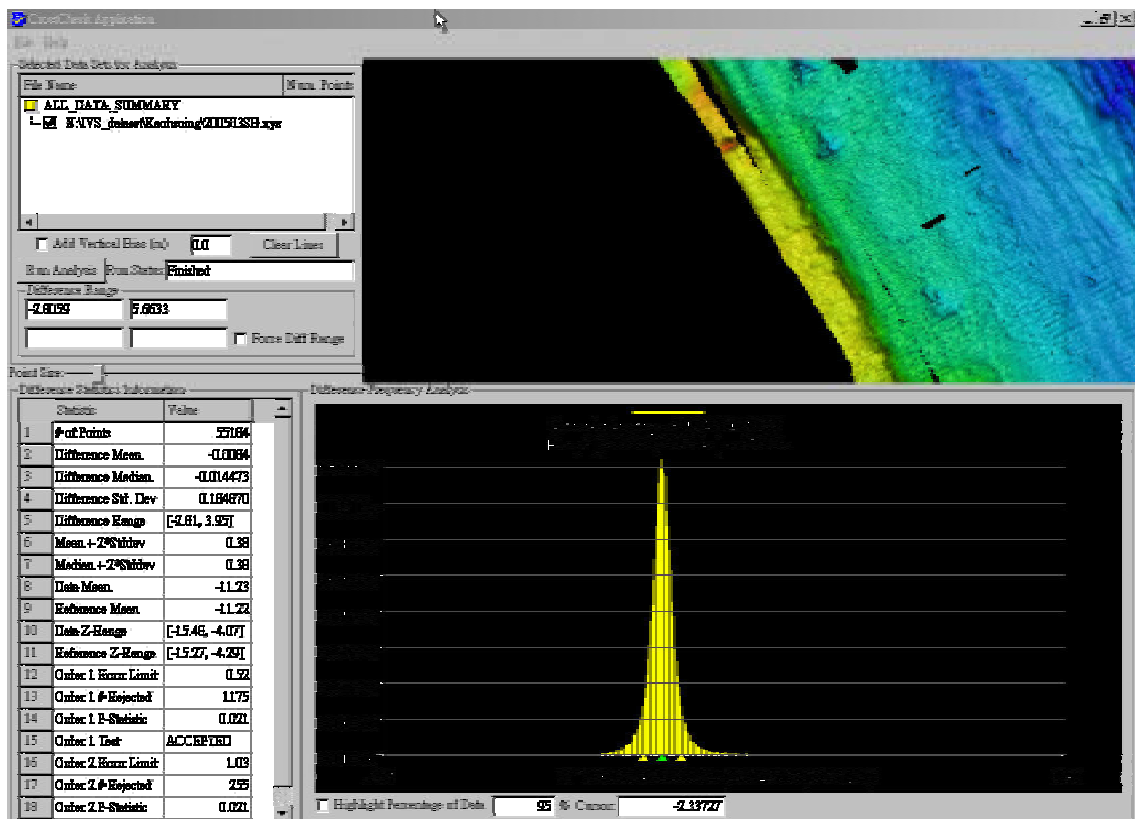


圖 25 交錯檢核誤差分佈圖

3.3 單音束及多音束測深成果比較

單音束及多音束測深交錯檢核可參照 3.2 節，成果比較可參照表 11，示範作業之單音束測深儀之音束角度為 9° ，水深 10~15 公尺的足印約 1.5~2.3 公尺，單音束測深網格足印大小設為 2 公尺，可參照圖 26，測線之間空隙甚大。多音束測深網格為 1 公尺，與單音束重疊比較結果可參照圖 27，多音束測線之間幾乎沒有空隙。

表 11 單音束及多音束測深成果比較表

	Odom 單音束測深	Reson8125 多音束測深
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
資料筆數密度	60272 筆	3,179,214 筆
資料密度	0.02 筆/平方公尺	1 筆/平方公尺
覆蓋率	低	可達到 100%
測量效率	1 筆/次	240 筆/次
測量精度	一致	中央音束精度高， 外部音束精度低

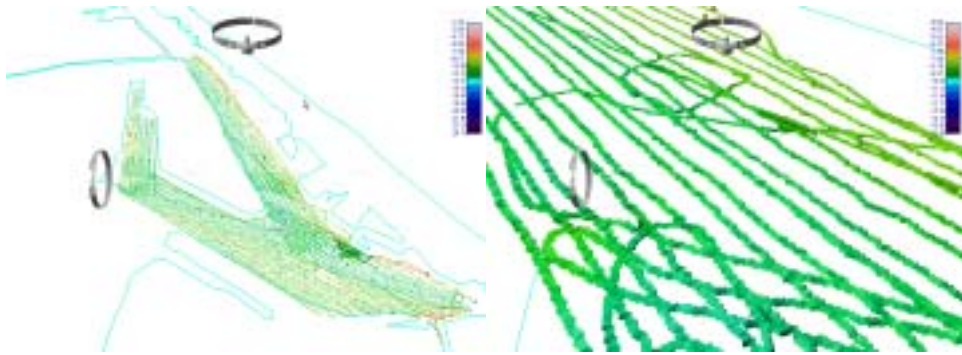


圖 26 單音束水深測量成果圖

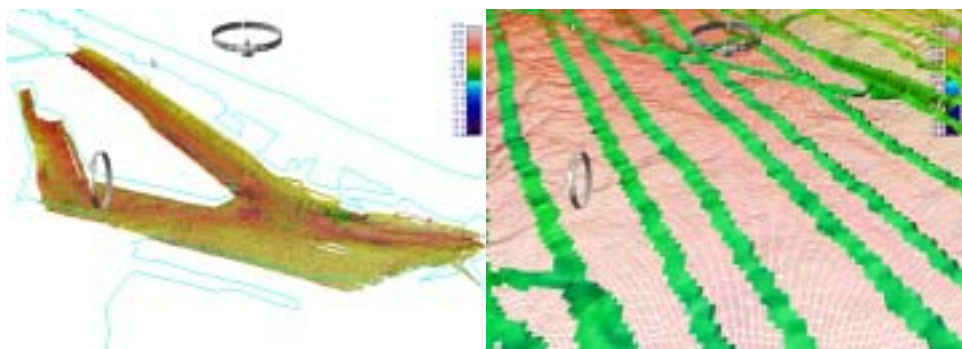


圖 27 單音束與多音束測深網格比較圖

3.4 多音束測深教學帶

多音束測深教學帶大綱如下：

1. 多音束測深原理簡介及相關軟硬體設備介紹。
2. 多音束測深作業規劃。
3. 多音束測深儀器安裝架設及軟體連結測試。
4. 多音束測深現場作業。

5. 多音束測深資料處理。
6. 多音束測深成果展示。
7. IHO 水深測量規範。
8. 監督機制。

第四章 建構多音束測深資料庫

4.1 地理資訊系統及多音束測深資料庫現況

多音束測深資料具備資料量大、空間性強及統計資料複雜等特性，市面上常見的地理資訊系統(ESRI 及 MapInfo 系列)都可以符合多音束測深資料庫的基本需求，但對於水深資料的相關應用與其他相關資料的整合較欠缺。

由於一般性的地理資訊系統的設計理念及應用多半以陸上為主，相關的設計及功能優缺點參差不齊。針對海洋資料的地理資訊系統大多以海圖為主軸，測深資料經過網格化(griding)、資料減量(thinning)、等深線(contour)處理、剖面處理(profile)或其他的應用後，其原有的資料屬性或詮釋資料皆難以追溯。

多音束測深資料的相關屬性，除了平面座標與水深(E,N,H)外，常經包括音束角度(Beam Angle)、測帶(Swath)、測量時間(Time)、潮汐(Tide)、聲速修正量(Sound Velocity Correction)、資料品質(Quality)和總誤差傳播(Total Propagated Error)等，若與側掃聲納(Side Scan Sonar)或底質剖面儀(Subbottom Profiler)的資料合併使用，可建立接近海床地形視覺化的虛擬實境(Virtual Reality)。

若考量多音束測深資料的全程資料處理，可以使用 CARIS 系列軟體，CARIS 系列軟體以海圖製作為基礎，延伸出來的相關軟體功能強大、分工細緻，其中 HIPS 可以處理多音束測深資料，BEAM 可以管理海床(Bathymetric)資料庫，兩者配合使用大致可達到多音束測深資料庫的需求，但其價格與入門門檻較高。另外考量資料的轉換與操作的連貫性，建議使用同一套軟體建立、儲存、查詢及應用多音束測深資料庫。

參考幾種相關軟體的功能與價格後，採用 IVS3D 公司的 Fledermaus 建立多音束測深資料庫，其 pfm 格式內容同時攜帶水深資料及網格化水深，並且可以執行互動式編輯，其他相關功能如繪製等深線、繪製剖面、支援 geoTIF 影像、dxf 格式及其地理資訊系統常見格式，另外支援大量水深資料作交錯檢驗(Cross Check)，並且可分析 IHO 精度等級，這也是選擇 Fledermaus 的重要原因。

4.2 Fledermaus 基本功能介紹

4.2.1 資料匯入

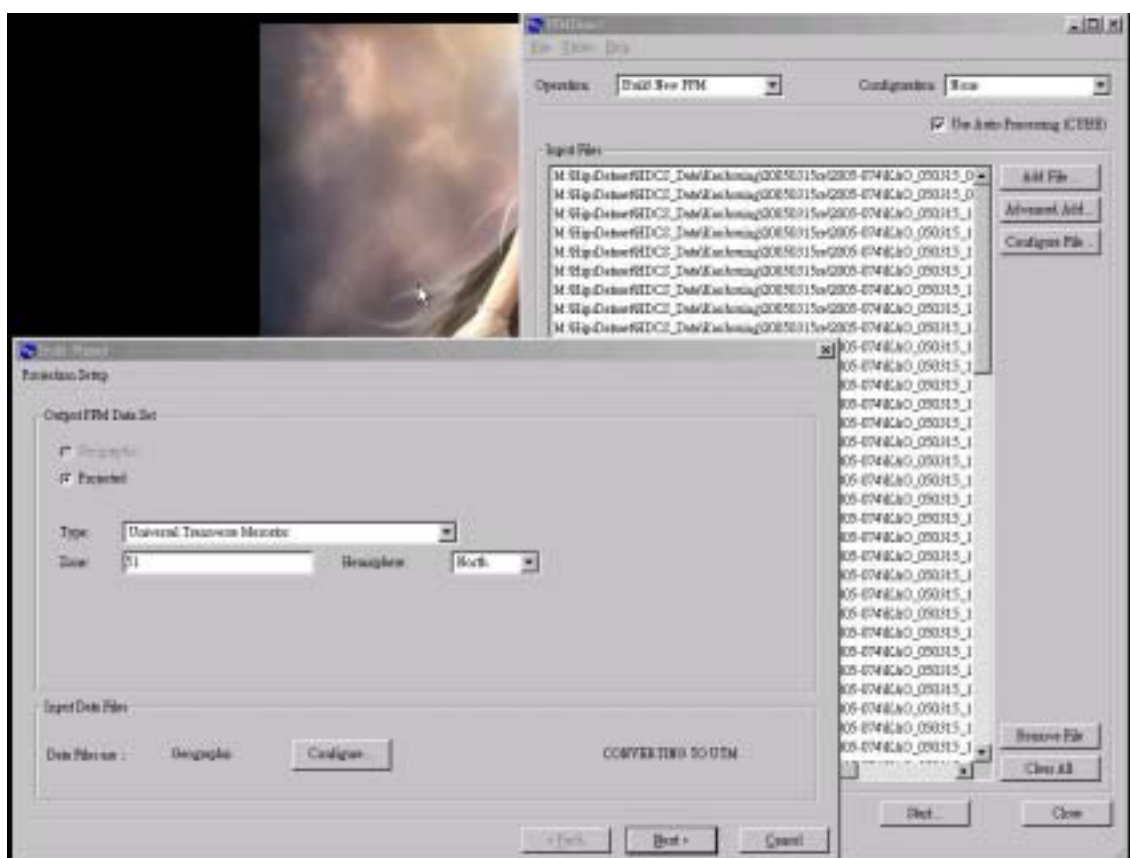


圖 28 Fledermaus 多音束測深資料匯入畫面範例

4.2.2 互動編輯

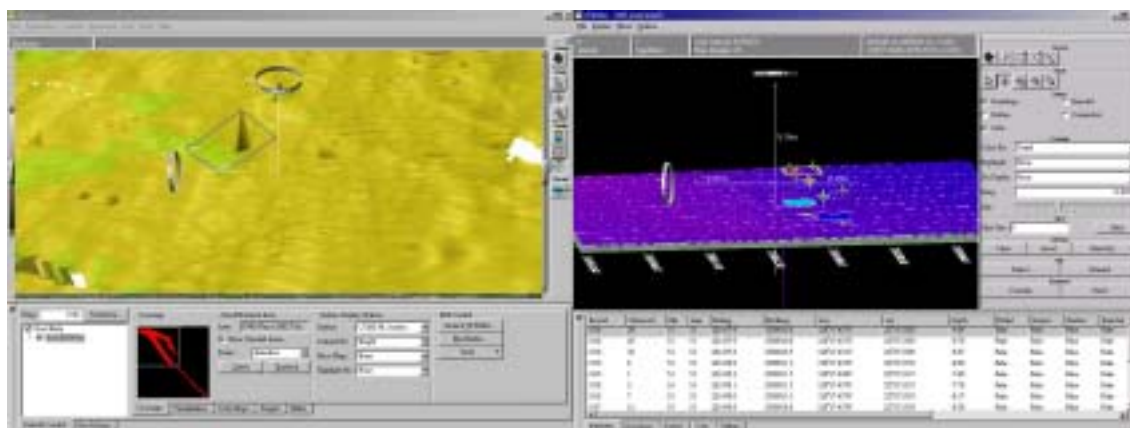


圖 29 Fledermaus 互動編輯畫面範例

4.2.3 網格海床地形

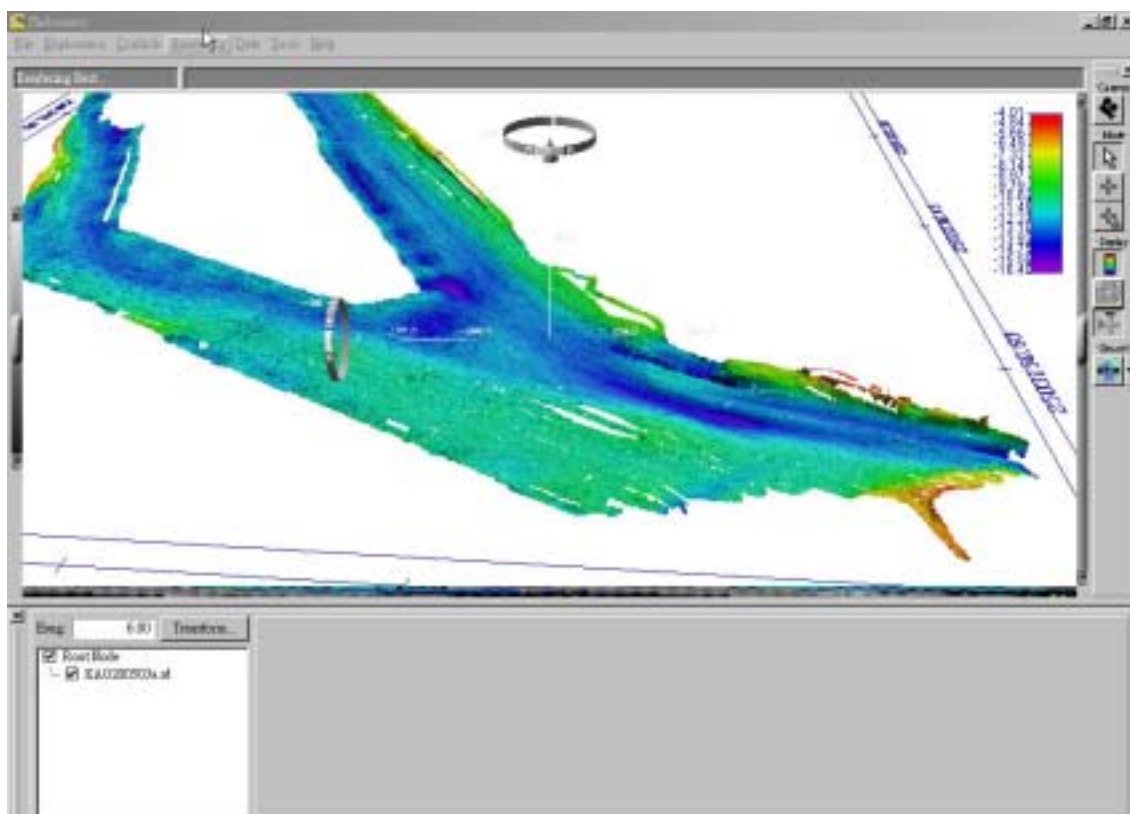


圖 30 Fledermaus 網格海床地形畫面範例

4.2.4 繪製等深線

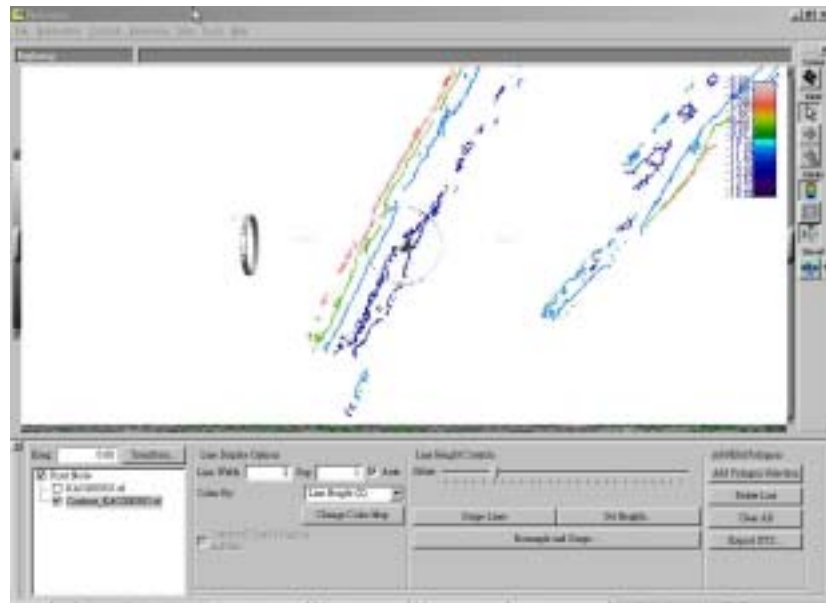


圖 31 Fledermaus 繪製等深線畫面範例

4.2.5 交錯檢核(Cross Check)

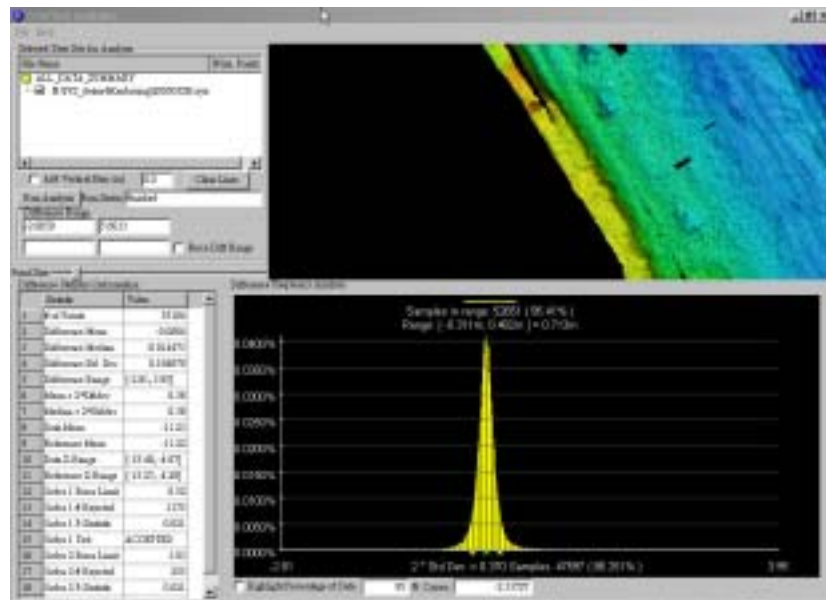


圖 32 ledermaus 交錯檢核(Cross Check)畫面範例

第五章 多音束測深技術在港灣工程施工監測之應用

5.1 多音束測深的應用範圍

在蒐集的文獻中，多音束測深儀的應用範圍涵蓋廣泛，多音束測深儀製造商 Reson 將應用範圍分為：水深基本調查 (General Hydrographic Surveying)、防波堤調查 (Breakwater Surveying)、碼頭及河流調查 (Harbor and River Surveys)、漁業研究 (Fisheries research)、淺水研究 (Shallow water research)、生物量估算 (Biomass estimation)、魚類棲息地地形調查 (Fish school topography)、魚類行為分析 (Behavior analysis)、水庫測量 (Reservoir Surveys)、疏浚前調查 (Pre-dredging Surveys)、疏浚後調查 (Post-dredging Surveys)、礙航物調查 (Obstacle Avoidance)、地形現況調查 (Condition Surveys)、橋墩調查 (Bridge Abutment Surveys)、洪氾區評估 (Flood Damage Assessment)、護岸調查 (Revetment Surveys) 及水壩檢測 (Dam Inspections)、管線調查 (Pipeline inspection)、管線路徑調查 (Pipeline route surveys) 等，其中多項應用層面與港灣工程應用直接相關或部份相關。表 12 為多音束測深資料的應用成果展示範例，其內容包括：水下人工結構物、管線、渠道、沉船、沙漣、基腳及岩床。

多音束測深在港灣工程的應用分為五大項目：

水深地形概況調查：調查海床基本現況，其資料做後續工程設計及進階測量的背景資料。

疏浚測量：河道或航道疏浚前後測量，其資料可做為土方計價及浚後驗收用途。

管線調查：調查管線現況，檢核覆土是否被淘空？管線是否裸露？

水下結構物檢測：調查防波堤、橋墩、護岸、消波塊等水下結構物調

查。

礙航物調查：調查水中懸浮或海床上可能防礙航行的物體。

表 12 多音束測深的應用範例整理表

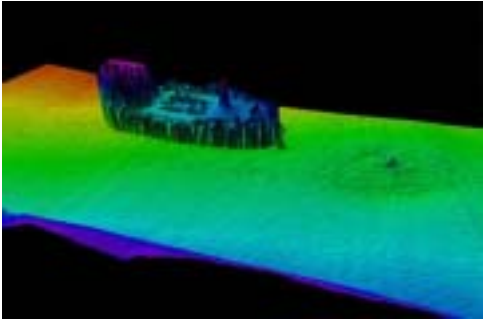
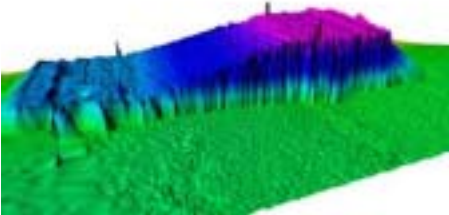
圖 片	說 明
	1.Collected by: SeaBat 8125 Single head, run 4 knots 2.Processed & Displayed by: SeaBat 6042 v. 7 by RESON / TerraVista 3D Viewer 3.Location: Fjord outside Asker, Norway 4.Date: November 1999 5.Description: Image of "CLEONA", a wooden shipwreck 18 meters below the surface.
	1.Collected by: SeaBat 8125 Dual Head 2.Processed & Displayed by: SeaBat 6042 v. 7 by RESON / TerraVista 3D Viewer 3.Location: Zaltbommel, Southern Holland 4.Date: August 1999 5.Description: Steel structure in approximately 5m of water.
	1.Collected by: SeaBat 8125 Single Head 2.Processed & Displayed by: SeaBat 6042 v. 7 by RESON / TerraVista 3D Viewer 3.Location: Pipeline outside Santa Barbara, California 4.Date: July 1999 5.Description: Sewer outfall, 13-20 m water.

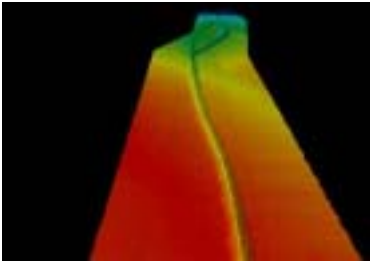
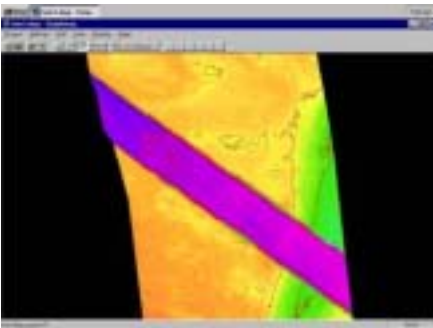
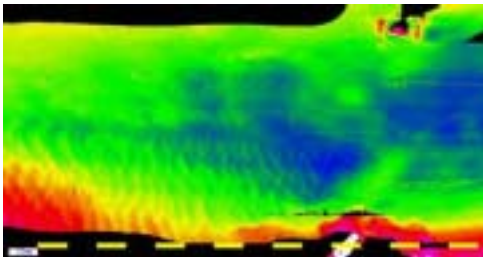
圖 片	說 明
	1.Collected by: SeaBat 8125 Single Head 2.Processed & Displayed by: SeaBat 6042 v. 7 by RESON / TerraVista 3D Viewer 3.Location: Pipeline outside Santa Barbara, California 4.Date: July 1999 5.Description: Sewer outfall, 13-20 m water.
	1.Collected by: SeaBat 9001 2.Processed & Displayed by: DelphMap System by Triton Elies International Inc. 3.Location: Brest, France 4.Date: October 1997 5.Description: Zoomed-in view of color-coded depths with depth contours superimposed of survey area showing dredged canal.
	1.Collected by: SeaBat 9001 2.Processed & Displayed by: UNB Ocean Mapping Group, realtime and post-processing software (SwathEd). 3.Location: St. John River, New Brunswick, Canada 4.Date: August 1997 5.Description: Depth encoded images of upstream region showing sandwave fields, bridge abutments and scour/deposition at base of those abutments.

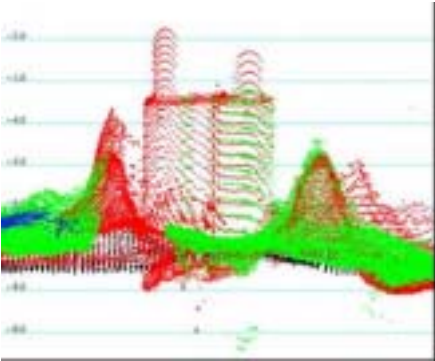
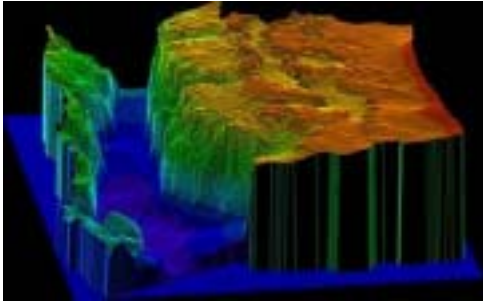
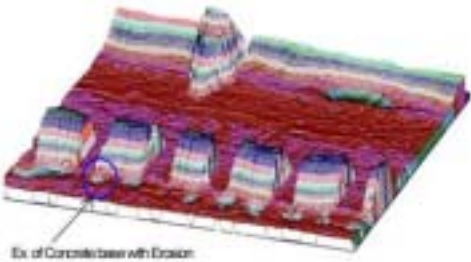
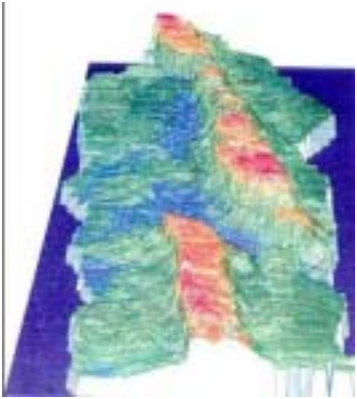
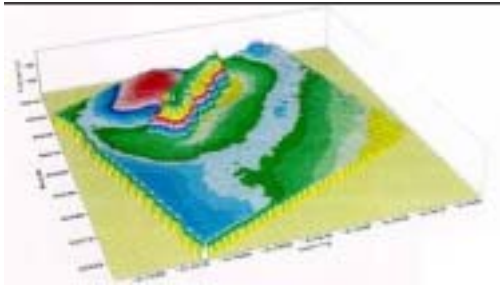
圖 片	說 明
	1. Collected by: SeaBat 9001 2. Processed & Displayed by: UNB Ocean Mapping Group, realtime and post-processing software (SwathEd). 3. Location: St. John River, New Brunswick, Canada 4. Date: August 1997 5. Description: SwathEd side view screen showing definition of the structure and the location of erosion deposition about the base of the bridge abutment.
	1. Collected by: SeaBat 9001 2. Processed & Displayed by: David Evans & Associates Editing Software and TerraModel Plotting Software. 3. Location: Dalles River, Oregon 4. Date: 1996 5. Description: 3-dimensional plot of the Dalles Canyon showing the shear/vertical walls.
	1. Collected by: SeaBat 9001 2. Processed & Displayed by: SeaVisual Editing Software and TerraModel Plotting Software. 3. Location: Bonneville Dam, Columbia River, Oregon, USA 4. Date: 1996 5. Description: 3-dimensional plot of part of the the Stilling Basin and showing the erosion of the concrete base and baffles.

圖 片	說 明
	1.Collected by: SeaBat 9001 2.Processed & Displayed by: SeaVisual Editing Software and TerraModel Plotting Software. 3.Location: Oregon Coast, USA 4.Date: August 1997 5.Description: Underwater 3-D map of reef showing eroded channel through bedrock that influenced underwater currents and erosion of the Yaquina River breakwater.
	1.Collected by: SeaBat 8101 2.Processed & Displayed by: HYSWEEP and TerraModel Plotting Software. 3.Location: Denmark 4.Date: 1997 5.Description: 3-dimensional plot of part of the seafloor that has a sunken vessel.

摘自Reson網站

5.2 多音束測深儀應用的相關研究論文

蒐集近年來的多音束測深研究論文共 48 篇，其中使用多音束測深儀估計漁類或生物量的篇文共有 9 篇，關於結冰地形的研究有 1 篇，關於地殼的研究有 2 篇，關於地形特徵物或底質分類共有 25 篇，關於水文調查的研究有 1 篇，關於近岸調查的研究有 1 篇，關於沙洲或沙脊的研究有 4 篇，關於多音束測深系統的研究有 5 篇。

數量最多的研究為「地形特徵物或底質分類」，由於測深技術從單點式演變為全覆蓋式，使用單音束或單點採樣研究需要大量的內插，這意味誤差量的劇增。多音束測深及背景反射強度(Strength of

backscatter)分析具有全面性 100%的覆蓋率，其相同技術的可用於港灣測量的底質分類；沙洲或沙脊的研究可協助評估港區泥沙回淤率，其他則可應用於水下管線、纜繩、離岸堤或碼頭基樁等調查。多音束測深相關之參考文獻如下：

5.2.1 結冰地形

1. John Shaw, Robert C. Courtney, 6 May 1997, Multibeam bathymetry of glaciated terrain off southwest Newfoundland, *Marine Geology*, 143, 125-135.

5.2.2 估計漁類或生物量

1. Francois Gerlotto, and Jorge Paramo, 3 February 2003, The three-dimensional morphology and internal structure of clupeid schools as observed using vertical scanning multibeam sonar, *Aquatic Living Resources*, 16, 113-122.
2. Larry Mayer, Yanchao Li, and Gary Melvin, 2002, 3D visualization for pelagic fisheries research and assessment, *ICES Journal of Marine Science*, 59, 216-225
3. Marc Soria, Tarub Bahri, Francois Gerlotto, 5 February 2003, Effect of external factors (environment and survey vessel) on fish school characteristics observed by echosounder and multibeam sonar in the Mediterranean Sea, *Aquatic Living Resources*, 16, 145-157.
4. Patrice Brehmer, Francois Gerlotto, Jean Guillard, Fabien Sangninede, Yvon Guennegan, Dominique Buestel, 7 March 2003, New applications of hydroacoustic methods for monitoring shallow water aquatic ecosystems: the case of mussel culture grounds, *Aquatic Living Resources*, 16, 333-338.
5. Robert L. Johnson, Russell A. Moursund, 25 September 2000, Evaluation of juvenile salmon behavior at Bonneville Dam, Columbia

River, using a multibeam technique, *Aquat Living Resource*, 13, 313-318.

6. Francois Gerlotto, Stratis Georgakarakos, Peter K. Eriksen, 7 June 2000, The application of multibeam sonar technology for quantitative estimates of fish density in shallow water acoustic surveys, *Aquat. Living Resource*, 13, 385-393.
7. Luis Gonzalez, Francois Gerlotto, 1998, Observation of fish migration between the sea and a mediterranean lagoon (Etang de l'Or, France) using multibeam sonar and split beam echo sounder, *Fisheries Research*, 35, 15-22.
8. Jean Guillard, 1998, Daily migration cycles of fish populations in a tropical estuary (Sine-Saloum, Senegal) using a horizontal-directed split-beam transducer and multibeam sonar, *Fisher Research*, 35, 23-31.
9. Russell A. Moursund, Thomas J. Carlson, and Rock. D. Peter, 2003, A fisheries application of a dual-frequency identification sonar acoustic camera, *ICES Journal of Marine Science*, 60(2003), 678-6883.

5.2.3 地殼的研究

1. Jesus Galindo-Zaldivar, Antonio Jabaloy, Andres Maldonado, Jose Miguel, Martinez-Martinez, Carlos Sanz de Galdeano, Luis Somoza, Emma Surinach, 28 January 2000, Deep crustal structure of the area of intersection between the Shackleton Fracture Zone and the West Scotia Ridge (Drake Passage, Antarctica), *Tectonophysics*, 320(2000), 123-139.
2. N. Christian Smoot, 14 May 1999, Orthogonal intersections of megatrends in the Western Pacific ocean basin: a case study of the Mid-Pacific mountains, *Geomorphology*, 30(1999), 323-356.

5.2.4 地形特徵物或底質分類

1. Brian D. Edwards, Peter Dartnell, and Henry Chezar, 2003, Characterizing benthic substrates of Santa Monica Bay with seafloor photography and multibeam sonar imagery, *Marine Environmental Research*, 56, 47-66.
2. Martin Jakobsson, James v. Gardner, Peter R.vogt, Larry A. Mayer, Andrew Armstrong, Jan Backman, Rick Brennan, Brian Calder, John k. Hall, Barbara Kraft, 28 June 2004, Multibeam bathymetric and sediment profiler evidence for ice grounding on the Chukchi Borderland, Arctic Ocean. *Quaternary Research*, 63, pp150-160
3. L.F. Pratson and M.h. Edwards, 1996, Introduction to advances in seafloor mapping using sidescan sonar and multibeam bathymetry data, *Marine Geophysical Researches*, 18(6), pp 601-777.
4. James V. Gardner, Peter Dartnell, Larry A. Mayer, John E. Hughes Clarke, 2003, Geomorphology, acoustic backscatter, and processes in Santa Monica Bay from multibeam mapping, *Marine Environmental Research*, 56, 15-46.
5. N. C. Mitchell and J.E. H. Clarke, 1994, Classification of seafloor geology using multibeam sonar data from the Scotian Shelf, *Marine Geology*, 121(3-4), 143-160.
6. C. F. M. Lewis, L. A. Mayer, P.K. Mukhopadhyay, M. A. Kruge, J. P. Coakley, M.. D. Smith, 14 August 1999, Multibeam sonar backscatter lineaments and anthropogenic organic components in lacustrine silty clay, evidence of shipping in western Lake Ontario, *International Journal of Coal Geology*, 43, 307-324.
7. Daniel A. Levitt, David T. Sandwell, 8 December 1995, Modal depth anomalies from multibeam bathymetry: Is there a South Pacific superswell, *Earth and Planetary Science Letter*, 139, 1-16.
8. R. C. Searle, J. A. Keeton, R. B. Owens, R. S. White, R. Mecklenburgh, B. Parsons, S. M. Lee, 17 March 1998, The Reykjanes Ridge: structure and tectonics of a hot-spot-influenced, slow-spreading ridge, from

multibeam bathymetry, gravity and magnetic investigations, *Earth and Planetary Science Letters*, 160, 463-478.

9. G. R. Cutter Jr. , Y. Rzhanov, L. A. Mayer, 13 September 2002, Automated segmentation of seafloor bathymetry from multibeam echosounder data using local Fourier histogram texture features, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 285-286 & 355-370.
10. Philip M. Barnes, Rupert Sutherland, Bryan Davy, Jean Delteil, 20 March 2001, Rapid creation and destruction of sedimentary basins on mature strike-slip faults: an example from the offshore Alpine Fault, New Zealand, *Journal of Structural Geology*, 23(2001), 1727-1739.
11. Neil C. Mitchell, Douglas G. Masson, Anthony B. Watts, Martin J. R. Gee, Roger Urgeles, 14 September 2001, The morphology of the submarine flanks of volcanic ocean islands: A comparative study of the Canary and Hawaiian hotspot islands, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 115, 83-107.
12. Anne Duperret, Jacques Bourgois, Yves Lagabrielle, Erwin Suess, 12 December 1994, Slope instabilities at an active continental margin: large-scale polyphase submarine slides along the northern Peruvian margin, between 5°S and 6°S, *Marine Geology*, 122, 303-328.
13. L. Gasperini, E. Bonatti, M. Ligi, R. Sartori, A. Borsetti, A. Negri, A. Ferrari, S. Sokolov, 20 September 1996, Stratigraphic numerical modelling of a carbonate platform on the Romanche transverse ridge, equatorial Atlantic, *Marine Geology*, 136, 245-257.
14. M. E. Field, J. V. Gardner, D. B. Prior, 5 January 1998, Geometry and significance of stacked gullies on the northern California slope, *Marine Geology*, 154, 271-286.
15. Brian J. Todd, Geordon B. J. Fader, Robert C. Courtney, Richard A. Pickrill, 21 July 1999, Quaternary geology and surficial sediment processes, Browns Bank, Scotian Shelf, based on multibeam

bathymetry, *Marine Geology*, 162, 165-214.

16. B. G. McAdoo, L. F. Pratson, D. L. Orange, 13 March 2000, Submarine landslide geomorphology, US continental slope, *Marine Geology*, 169, 103-136.
17. D. R. Tappin, P. Watts, G. M. MoMurtry, Y. Lafoy, T. Matsumoto, 25 January 2001, The Sissano, Papua New Guinea tsunami of July 1998 - offshore evidence on the source mechanism, *Marine Geology*, 175, 1-23.
18. Roger Urgeles, Jacques Locat, Thierry Schmitt, John E. Hughes Clarke, 4 December 2001, The July 1996 flood deposit in the Saguenay Fjord, Quebec, Canada: implications for sources of spatial and temporal backscatter variations, *Marine Geology*, 184, 41-60.
19. L. Somoza, V. Diaz-del-Rio, R. Leon, M. Ivanov, M. C. Fernandez-Puga, J. M. Gardner, F. J. Hernandez-Molina, L. M. Pinheiro, J. Rodero, A. Lobato, A. Maestro, J. T. Uaquez, T. Medialdea, L. M. Fernandez-Salas, 5 November 2002, Seabed morphology and hydrocarbon seepage in the Gulf of Cadiz mud volcano area: Acoustic imagery, multibeam and ultra-high resolution seismic data, *Marine Geology*, 195, 153-176.
20. Leif Rise, Joar Sattlem, Stein Fanavoll, Terje Thorsnes, Dag Ottesen, Reidulv Boe, 29 April 1999, Sea-bed pockmarks related to fluid migration from Mesozoic bedrock strata in the Skagerrak offshore Norway, *Marine Geology*, 16, 619-631.
21. N. C. Mitchell and J. E. H. Clarke, 1994, Classification of seafloor geology using multibeam sonar data from the Scotian Shelf, *Marine Geology*, 121(3-4), 1994, 143-160.
22. Ranadhir Mukhopadhyay, Pius George, Govind R. Ranade, 27 February 1997, Spreading rate dependent seafloor deformation in response to India-Eurasia collision: results of a hydrosweep survey in the Central Indian Ocean Basin, *Marine Geology*, 140(1997), 219-229.

23. Antony T. Hewitt, David C. Mosher, 23 March 2001, Late Quaternary stratigraphy and seafloor geology of eastern Juan de Fuca Strait, British Columbia and Washington, *Marine Geology*, 177(2001), 295-316.
24. Peter Eichhubl, H. Gary Greene, Norm Maher, 11 October 2001, Physiography of an active transpressive margin basin: high-resolution bathymetry of the Santa Barbara basin, Southern California continental borderland, *Marine Geology*, 184(2002) 95-120.
25. Shiahn-Wern Shyue, K. C. Yang, OCT 2002, Investigating Terrain Changes around Artificial Reefs by Using the Multibeam Echo Sounder, *ICES Journal of Marine Science*, 59, 338-342.

5.2.5 水文調查

1. H. Tonchia, 1996, Evaluation of a deep water multibeam sounder for hydrographic surveys, *Annales Hydrographiques*, 20(767), 1996, pp 45-57.

5.2.6 近岸調查

1. L. C. Huff, H. Orlinsky and S. Matula, 1994, Using near-shore multibeam systems for survey investigations, *Hydrographic Journal* 74, 1994, 9-15.

5.2.7 沙洲或沙脊

1. Samuel Deleu, Vera Van Lancker, Dries Van den Eynde, Geere Moerkerke, 27 August 2004, Morphodynamic evolution of the kink of an offshore tidal sandbank: the Westhinder Bank (Southern North Sea), *Continental Shelf Research*, 24, 1587-1610.
2. Jean-Yves Reynaud, Bernadette Tessier, Serge Berne, Herve Chamley, Marc Debatist, 24 March 1999, Tide and wave dynamics on a sand bank from the deep shelf of the Western Channel approaches. *Marine Geology*, 161, 339-359.

3. N. J. Wattrus, D. E. Rausch, 19 February 2001, A preliminary survey of relict shoreface-attached sand ridges in Western Lake Superior, Marine Geology, 179(2001) 163-177.
4. H. G. Greene, N. W. Maher, C. K. Paull, 16 July 2001, Physiography of the Monterey Bay National Marine Sanctuary and implications about continental margin development, Marine Geology, 181(2002), 55-82.

5.2.8 多音束測深系統

1. A. Marino, 1996, Multibeam, wide-swath, parametric, sub-bottom profiler, Sea Technology, 37(6), 39-44.
2. Francois Gerlotto, Carlos Hernandez, Esteban Linares, 1998, Experiences with multibeam sonar in shallow tropical waters, Fisheries Research, 35, 143-147.
3. A. Rosen, M. Sabag and D. Givoll, 20 April 1995, A general nonlinear structural model of a multibeam (multibeam) system--I. Theoretical derivations, Computer and Structures, Vol, 61, No. 4.(1996), 617-632.
4. Z. Du, D. Wells and L. Mayer, 1996, An approach to automatic detection of outliers in multibeam echo sounding data, Hydrographic Journal, 79, (1996), 19-23.
5. Bishwajit Chakravorty and Hans Werner Schenke, 8 June 1995, Arc arrays: studies of high resolution techniques for multibeam bathymetric applications, Ultrasonics, 1995 vol 33 no 6 pp 457-461.

5.3 示範作業所發現之可疑特徵物

本次示範測量發現部份水下特徵物或其他不明物體，部份特徵物可配合側掃聲納及地層剖面儀來驗證辨識結果。以下針對本次示範作

業的特徵物及港灣工程施工及監測之應用提出說明。

在管線調查的應用中，管線裸露或管線溝渠被淘空都是應注意的現象，圖 33 中水下特徵物長 13 公尺 * 寬 2 公尺 * 高 0.4 公尺，有可能是原木或外露的管線，如果是航道上的礙航物，應定期調查並清除之。

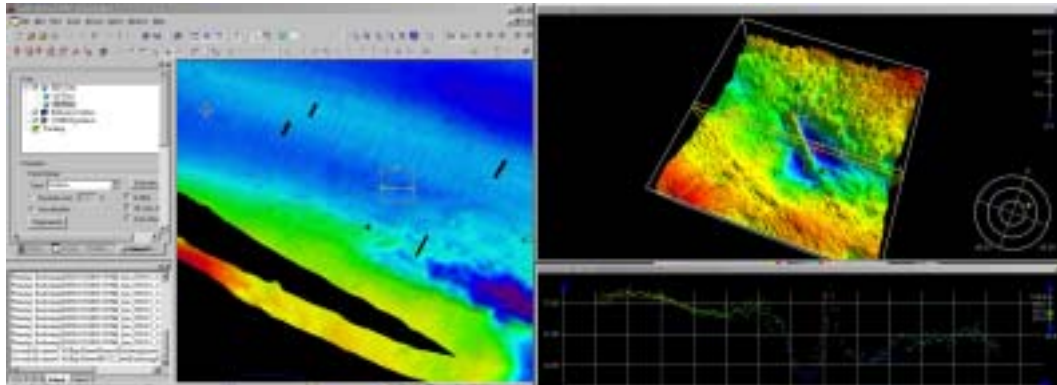


圖 33 水下特徵物→長條型(一)

圖 34 中水下特徵物長 45 公尺 * 寬 3 公尺 * 高 1 公尺，目標物垂直岸線，其末端為凹陷地形並延伸至旗津，有可能是外露的管線。

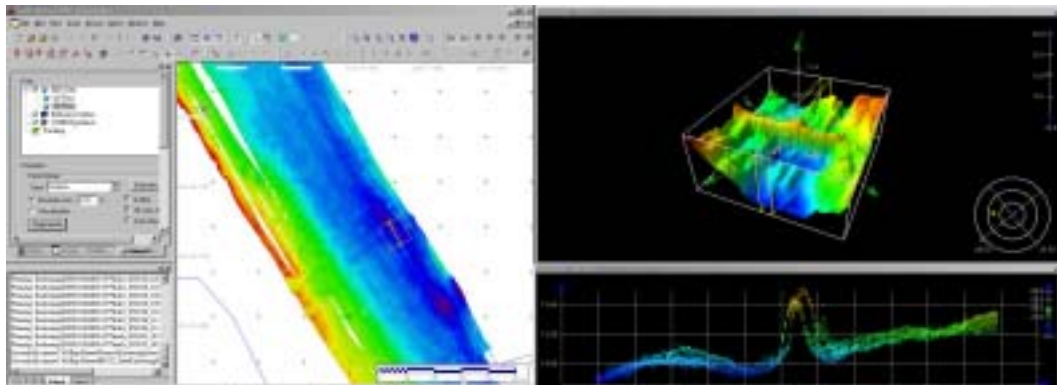


圖 34 水下特徵物→長條型(二)

海底管線埋設通常先挖管線溝渠→佈放管線→回填覆蓋，如果回填不實、回填沈陷或海流掏空，都可能出現溝渠裸露的現象，圖 35 中水下特徵物長 30 公尺 * 寬 2 公尺 * 高 0.6 公尺，本案例中可能為船隻

收錨時，錨的軌跡。另外圖 36 中馬蹄形的溝渠不確是何種物體造成的軌跡。

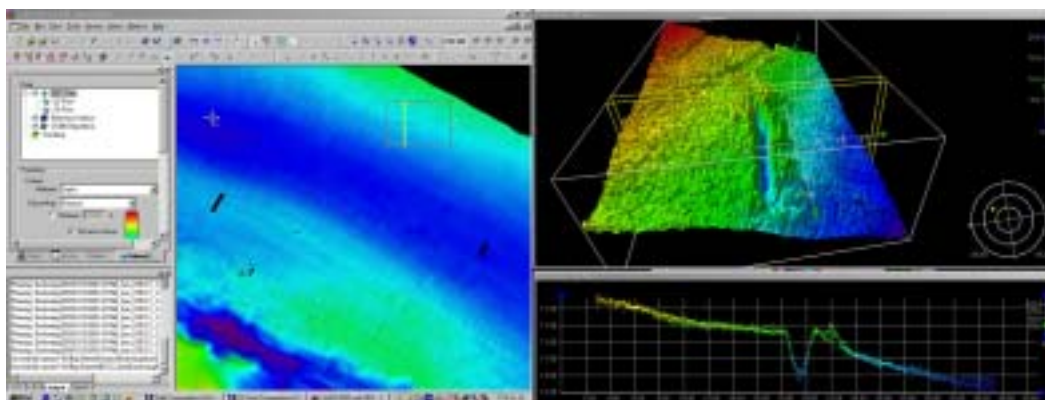


圖 35 水下特徵物→溝渠(一)

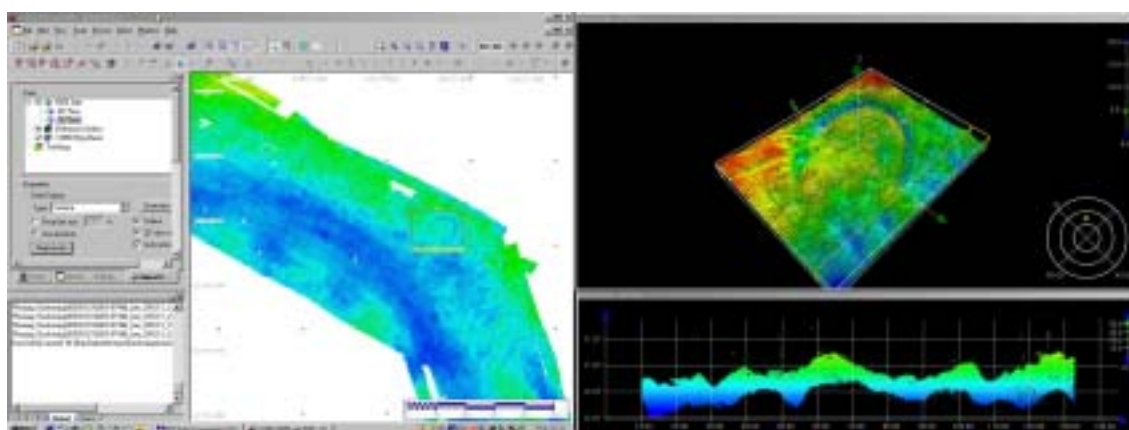


圖 36 水下特徵物→馬梯形溝渠(二)

由於水下設施不易監測維護，定期調查成為重要的依據指標，定期調查大致可分為水下設施本體檢查及附近地形調查，水下設施本體的檢查可利用多音束測深儀及側掃聲納作大範圍的背景調查，針對可能有問題的區域，利用水下無人載具或地層剖面儀進行單點細部檢查。本次示範作業可看出碼頭樁腳的基本狀況參照圖 37，可進而針對異常設施本體的損壞狀況作仔細的檢查，預防其損壞或進行補強措施。

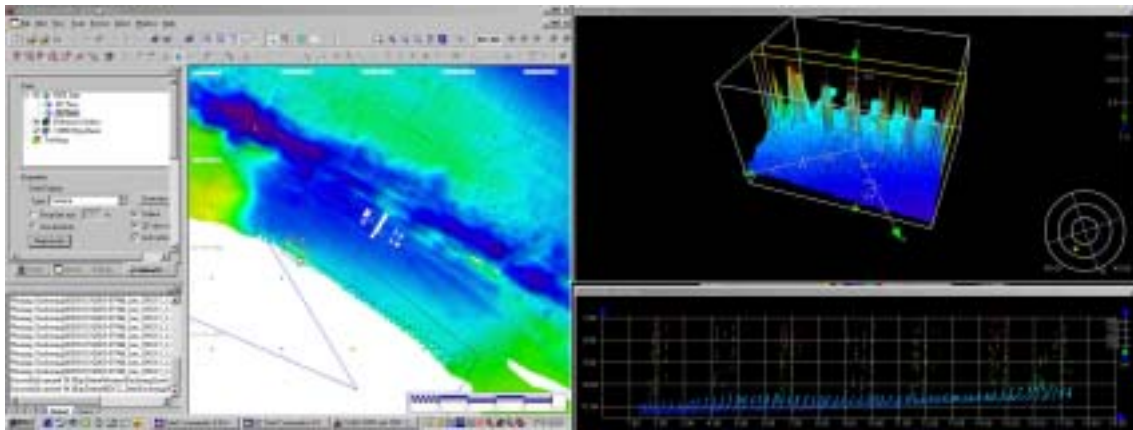


圖 37 水下特徵物→碼頭樁腳

由水下設施附近地形狀況或地形變化，可推測附近海流或潮汐與水下設施交互作用影響，圖 38 及圖 39 為船舶繫纜底端的海床狀況，圖 38 船舶繫纜底端的為圓形凹陷可能為船頭，圖 39 中的地形特徵呈現水滴狀凹陷可能為船尾，表示此測區水流經常朝同一方向，或者是船尾螺旋槳轉動時，強力水流造成暫時性的地形特徵，對於地形變化大或明顯地形特徵物區域的水下結構物，應定期檢查以預防損壞或執行補強修復。

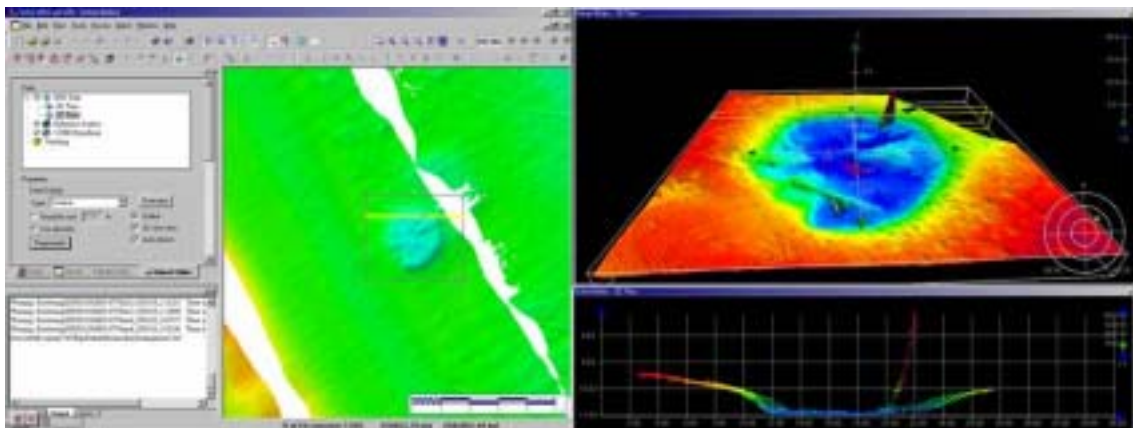


圖 38 水下特徵物→船舶繫纜(一)

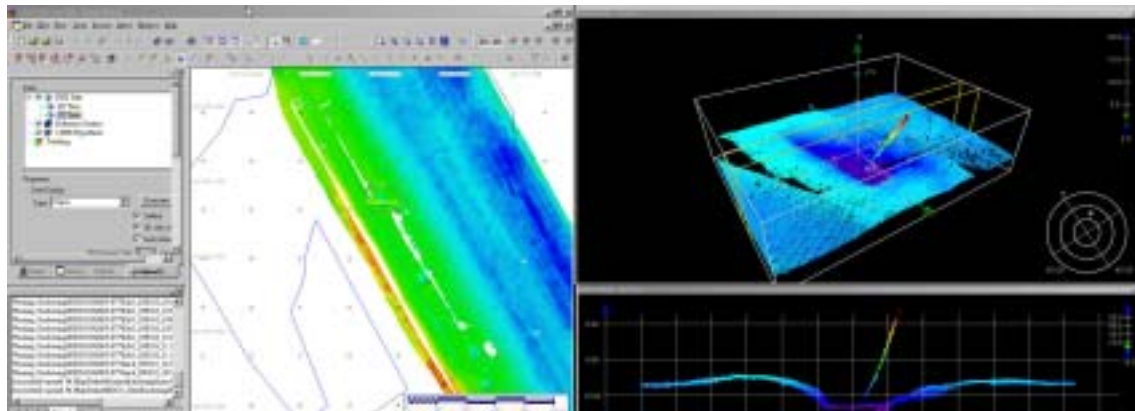


圖 39 水下特徵物→船泊繫纜(二)

若是測區海床為沙鏈地形，表示海流或潮流與海床的交互作用旺盛，可參照圖 40 及圖 41。

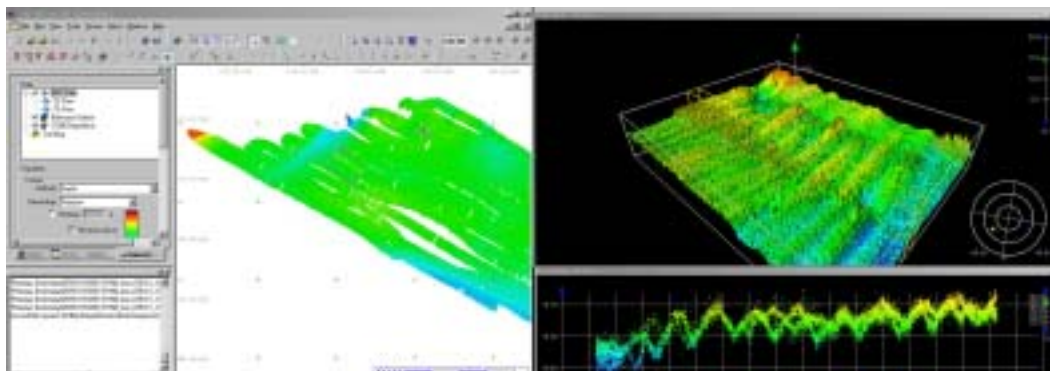


圖 40 水下特徵物→海底沙鏈(一)

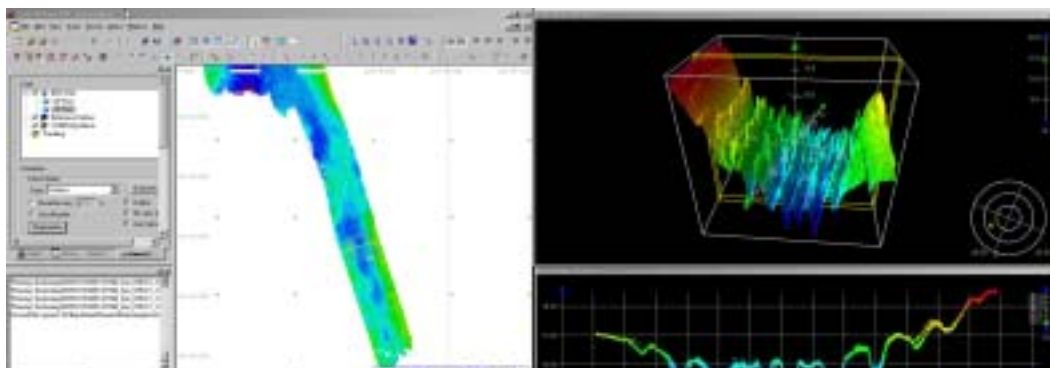


圖 41 下特徵物→海底沙鏈(二)

另外有不明特徵物可參照圖 42 及圖 43 ,如果可能影響航行作業應定期檢測清除之。

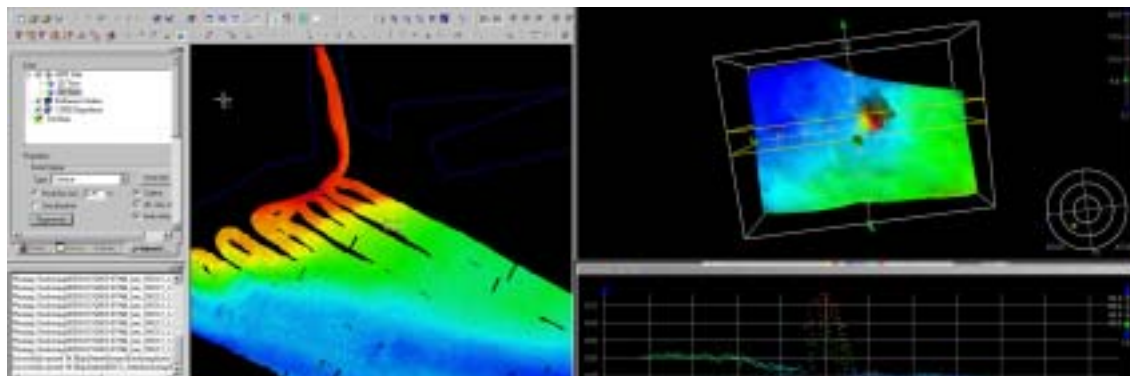


圖 42 水下特徵物→不明物(一)

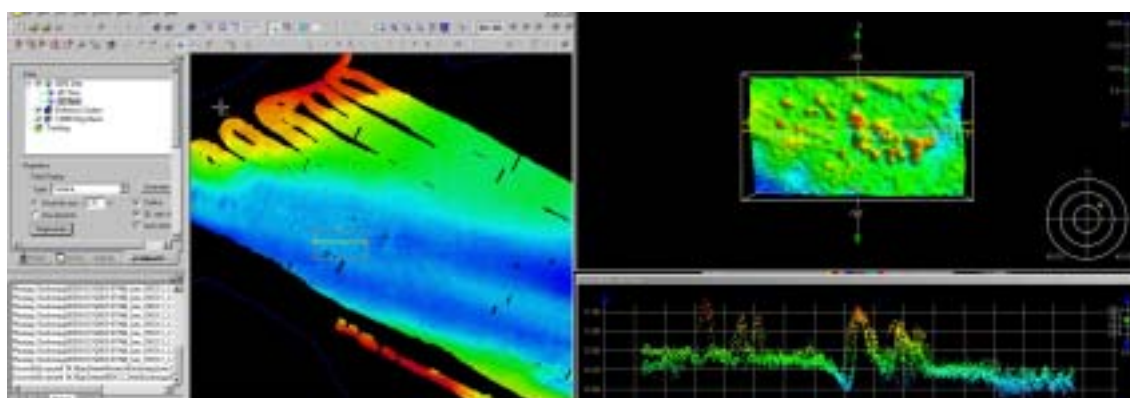


圖 43 水下特徵物→不明物(二)

參考文獻

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 Hydorgraphic Services, Aug 1998, Standards for Hydrographic Surveys.
5. Canadian Hydorgraphic 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. John Shaw, Robert C. Courtney, 6 May 1997, Multibeam bathymetry of glaciated terrain off southwest Newfoundland, *Marine Geology*, 143, 125-135.
 18. Francois Gerlotto, and Jorge Paramo, 3 February 2003, The three-dimensional morphology and internal structure of clupeid schools as observed using vertical scanning multibeam sonar, *Aquatic Living Resources*, 16, 113-122.
 19. Larry Mayer, Yanchao Li, and Gary Melvin, 2002, 3D visualization for pelagic fisheries research and assessment, *ICES Journal of Marine Science*, 59, 216-225
 20. Marc Soria, Tarub Bahri, Francois Gerlotto, 5 February 2003, Effect of external factors (environment and survey vessel) on fish school characteristics observed by echosounder and multibeam sonar in the Mediterranean Sea, *Aquatic Living Resources*, 16, 145-157.
 21. Patrice Brehmer, Francois Gerlotto, Jean Guillard, Fabien Sangninede, Yvon Guennegan, Dominique Buestel, 7 March 2003, New applications of hydroacoustic methods for monitoring shallow water aquatic ecosystems: the case of mussel culture grounds, *Aquatic Living Resources*, 16, 333-338.
 22. Robert L. Johnson, Russell A. Moursund, 25 September 2000, Evaluation of juvenile salmon behavior at Bonneville Dam, Columbia River, using a multibeam technique, *Aquat Living Resource*, 13, 313-318.

23. Francois Gerlotto, Stratis Georgakarakos, Peter K. Eriksen, 7 June 2000, The application of multibeam sonar technology for quantitative estimates of fish density in shallow water acoustic surveys, *Aquat. Living Resource*, 13, 385-393.
24. Luis Gonzalez, Francois Gerlotto, 1998, Observation of fish migration between the sea and a mediterranean lagoon (Etang de l'Or, France) using multibeam sonar and split beam echo sounder, *Fisheries Research*, 35, 15-22.
25. Jean Guillard, 1998, Daily migration cycles of fish populations in a tropical estuary (Sine-Saloum, Senegal) using a horizontal-directed split-beam transducer and multibeam sonar, *Fisher Research*, 35, 23-31.
26. Russell A. Moursund, Thomas J. Carlson, and Rock. D. Peter, 2003, A fisheries application of a dual-frequency identification sonar acoustic camera, *ICES Journal of Marine Science*, 60(2003), 678-6883.
27. Jesus Galindo-Zaldivar, Antonio Jabaloy, Andres Maldonado, Jose Miguel, Martinez-Martinez, Carlos Sanz de Galdeano, Luis Somoza, Emma Surinach, 28 January 2000, Deep crustal structure of the area of intersection between the Shackleton Fracture Zone and the West Scotia Ridge (Drake Passage, Antarctica), *Tectonophysics*, 320(2000), 123-139.
28. N. Christian Smoot, 14 May 1999, Orthogonal intersections of megatrends in the Western Pacific ocean basin: a case study of the Mid-Pacific mountains, *Geomorphology*, 30(1999), 323-356.
29. Brian D. Edwards, Peter Dartnell, and Henry Chezar, 2003, Characterizing benthic substrates of Santa Monica Bay with seafloor photography and multibeam sonar imagery, *Marine Environmental Research*, 56, 47-66.
30. Martin Jakobsson, James v. Gardner, Peter R.vogt, Larry A. Mayer, Andrew Armstrong, Jan Backman, Rick Brennan, Brian Calder, John k. Hall, Barbara Kraft, 28 June 2004, Multibeam bathymetric and

sediment profiler evidence for ice grounding on the Chukchi Borderland, Arctic Ocean. *Quaternary Research*, 63, pp150-160.

31. L.F. Pratson and M.h. Edwards, 1996, Introduction to advances in seafloor mapping using sidescan sonar and multibeam bathymetry data, *Marine Geophysical Researches*, 18(6), pp 601-777.
32. James V. Gardner, Peter Dartnell, Larry A. Mayer, John E. Hughes Clarke, 2003, Geomorphology, acoustic backscatter, and processes in Santa Monica Bay from multibeam mapping, *Marine Environmental Research*, 56, 15-46.
33. N. C. Mitchell and J.E. H. Clarke, 1994, Classification of seafloor geology using multibeam sonar data from the Scotian Shelf, *Marine Geology*, 121(3-4), 143-160.
34. C. F. M. Lewis, L. A. Mayer, P.K. Mukhopadhyay, M. A. Kruge, J. P. Coakley, M.. D. Smith, 14 August 1999, Multibeam sonar backscatter lineaments and anthropogenic organic components in lacustrine silty clay, evidence of shipping in western Lake Ontario, *International Journal of Coal Geology*, 43, 307-324.
35. Daniel A. Levitt, David T. Sandwell, 8 December 1995, Modal depth anomalies from multibeam bathymetry: Is there a South Pacific superswell, *Earth and Planetary Science Letter*, 139, 1-16.
36. R. C. Searle, J. A. Keeton, R. B. Owens, R. S. White, R. Mecklenburgh, B. Parsons, S. M. Lee, 17 March 1998, The Reykjanes Ridge: structure and tectonics of a hot-spot-influenced, slow-spreading ridge, from multibeam bathymetry, gravity and magnetic investigations, *Earth and Planetary Science Letters*, 160, 463-478.
37. G. R. Cutter Jr. , Y. Rzhanov, L. A. Mayer, 13 September 2002, Automated segmentation of seafloor bathymetry from multibeam echosounder data using local Fourier histogram texture features, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 285-286 & 355-370.
38. Philip M. Barnes, Rupert Sutherland, Bryan Davy, Jean Delteil, 20

- March 2001, Rapid creation and destruction of sedimentary basins on mature strike-slip faults: an example from the offshore Alpine Fault, New Zealand, *Journal of Structural Geology*, 23(2001), 1727-1739.
39. Neil C. Mitchell, Douglas G. Masson, Anthony B. Watts, Martin J. R. Gee, Roger Urgeles, 14 September 2001, The morphology of the submarine flanks of volcanic ocean islands: A comparative study of the Canary and Hawaiian hotspot islands, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 115, 83-107.
 40. Anne Duperret, Jacques Bourgois, Yves Lagabrielle, Erwin Suess, 12 December 1994, Slope instabilities at an active continental margin: large-scale polyphase submarine slides along the northern Peruvian margin, between 5° S and 6° S, *Marine Geology*, 122, 303-328.
 41. L. Gasperini, E. Bonatti, M. Ligi, R. Sartori, A. Borsetti, A. Negri, A. Ferrari, S. Sokolov, 20 September 1996, Stratigraphic numerical modelling of a carbonate platform on the Romanche transverse ridge, equatorial Atlantic, *Marine Geology*, 136, 245-257.
 42. M. E. Field, J. V. Gardner, D. B. Prior, 5 January 1998, Geometry and significance of stacked gullies on the northern California slope, *Marine Geology*, 154, 271-286.
 43. Brian J. Todd, Geordon B. J. Fader, Robert C. Courtney, Richard A. Pickrill, 21 July 1999, Quaternary geology and surficial sediment processes, Browns Bank, Scotian Shelf, based on multibeam bathymetry, *Marine Geology*, 162, 165-214.
 44. B. G. McAdoo, L. F. Pratson, D. L. Orange, 13 March 2000, Submarine landslide geomorphology, US continental slope, *Marine Geology*, 169, 103-136.
 45. D. R. Tappin, P. Watts, G. M. MoMurtry, Y. Lafoy, T. Matsumoto, 25 January 2001, The Sissano, Papua New Guinea tsunami of July 1998 - offshore evidence on the source mechanism, *Marine Geology*, 175, 1-23.

46. Roger Urgeles, Jacques Locat, Thierry Schmitt, John E. Hughes Clarke, 4 December 2001, The July 1996 flood deposit in the Saguenay Fjord, Quebec, Canada: implications for sources of spatial and temporal backscatter variations, *Marine Geology*, 184, 41-60.
47. L. Somoza, V. Diaz-del-Rio, R. Leon, M. Ivanov, M. C. Fernandez-Puga, J. M. Gardner, F. J. Hernandez-Molina, L. M. Pinheiro, J. Rodero, A. Lobato, A. Maestro, J. T. Uaquez, T. Medialdea, L. M. Fernandez-Salas, 5 November 2002, Seabed morphology and hydrocarbon seepage in the Gulf of Cadiz mud volcano area: Acoustic imagery, multibeam and ultra-high resolution seismic data, *Marine Geology*, 195, 153-176.
48. Leif Rise, Joar Sattlem, Stein Fanavoll, Terje Thorsnes, Dag Ottesen, Reidulv Boe, 29 April 1999, Sea-bed pockmarks related to fluid migration from Mesozoic bedrock strata in the Skagerrak offshore Norway, *Marine Geology*, 16, 619-631.
49. N. C. Mitchell and J. E. H. Clarke, 1994, Classification of seafloor geology using multibeam sonar data from the Scotian Shelf, *Marine Geology*, 121(3-4), 1994, 143-160.
50. Ranadhir Mukhopadhyay, Pius George, Govind R. Ranade, 27 February 1997, Spreading rate dependent seafloor deformation in response to India-Eurasia collision: results of a hydrosweep survey in the Central Indian Ocean Basin, *Marine Geology*, 140(1997), 219-229.
51. Antony T. Hewitt, David C. Mosher, 23 March 2001, Late Quaternary stratigraphy and seafloor geology of eastern Juan de Fuca Strait, British Columbia and Washington, *Marine Geology*, 177(2001), 295-316.
52. Peter Eichhubl, H. Gary Greene, Norm Maher, 11 October 2001, Physiography of an active transpressive margin basin: high-resolution bathymetry of the Santa Barbara basin, Southern California continental borderland, *Marine Geology*, 184(2002), 95-120.
53. Shiahn-Wern Shyue, K. C. Yang, OCT 2002, Investigating Terrain Changes around Artificial Reefs by Using the Multibeam Echo Sounder,

ICES Journal of Marine Science 59, 338-342.

54. H. Tonchia, 1996, Evaluation of a deep water multibeam sounder for hydrographic surveys, *Annales Hydrographiques*, 20(767), 45-57.
55. L. C. Huff, H. Orlinsky and S. Matula, 1994, Using near-shore multibeam systems for survey investigations, *Hydrographic Journal* 74, 1994, 9-15.
56. Samuel Deleu, Vera Van Lancker, Dries Van den Eynde, Geere Moerkerke, 27 August 2004, Morphodynamic evolution of the kink of an offshore tidal sandbank: the Westhinder Bank (Southern North Sea), *Continental Shelf Research*, 24, 1587-1610.
57. Jean-Yves Reynaud, Bernadette Tessier, Serge Berne, Herve Chamley, Marc Debatist, 24 March 1999, Tide and wave dynamics on a sand bank from the deep shelf of the Western Channel approaches. *Marine Geology*, 161, 339-359.
58. N. J. Wattrus, D. E. Rausch, 19 February 2001, A preliminary survey of relict shoreface-attached sand ridges in Western Lake Superior, *Marine Geology*, 179(2001), 163-177.
59. H. G. Greene, N. W. Maher, C. K. Paull, 16 July 2001, Physiography of the Monterey Bay National Marine Sanctuary and implications about continental margin development, *Marine Geology*, 181(2002), 55-82.
60. A. Marino, 1996, Multibeam, wide-swath, parametric, sub-bottom profiler, *Sea Technology*, 37(6), 39-44.
61. Francois Gerlotto, Carlos Hernandez, Esteban Linares, 1998, Experiences with multibeam sonar in shallow tropical waters, *Fisheries Research*, 35, 143-147.
62. A. Rosen, M. Sabag and D. Givoll, 20 April 1995, A general nonlinear structural model of a multirod (multibeam) system--I. Theoretical derivations, *Computer and Structures*, Vol, 61, No. 4.(1995), 617-632.
63. Z. Du, D. Wells and L. Mayer, 1996, An approach to automatic detection

of outliers in multibeam echo sounding data, Hydrographic Journal, 79, (1996), 19-23.

64. 日本海上保安廳，2001，日本水路業務法施行令。
65. 日本海上保安廳，2002，日本水路業務法施行規則。
66. 日本海上保安廳，1989，日本水路測量業務準則施行細則。
67. 日本海上保安廳，2002，日本水路測量各等級測量規則。
68. 日本海上保安廳，2001，日本水路業務法。
69. 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。
70. 薛憲文，1997，應用測量學講義。
71. 公共工程委員會，2000，港灣工程施工綱要規範。
72. 內政部，2003，領海及鄰接區海域基本圖測量規範(草案)。
73. 交通部運研所，2003，港灣水域水深測量(草案)。

附件A

淺水域多音束測深規範(草案)



交通部運輸研究所
國立中山大學
合作辦理
中華民國九十五年三月

目 錄

目 錄	6-2
圖目錄	6-4
表目錄	6-4
第一章 總 則	6-5
1.1 規範目標	6-5
1.2 座標基準	6-5
1.2.1 平面基準	6-5
1.2.2 高程基準	6-5
1.2.3 投影座標系統	6-6
1.3 潮位觀測	6-6
第二章 測深分級	6-7
第三章 定位	6-9
3.1 定位系統	6-9
3.2 平面控制	6-9
3.3 測深的定位	6-9
第四章 測深	6-11
4.1 水深測量精度	6-11
4.2 深度測量	6-11
4.3 測線方向及間距	6-11
4.4 交錯檢核線	6-12
第五章 底質特性	6-13
第六章 潮位觀測	6-13
第七章 潮流調查	6-13
第八章 資料屬性	6-14
第九章 檢核及驗收	6-14

第十章 品質管制的準則	6-17
10.1 品質管制之方式	6-17
10.2 作業證明	6-17
10.3 定位	6-17
10.4 水深	6-17
10.5 測深密度	6-18
10.6 總傳播誤差	6-18
10.7 品管及品保準則	6-18
第十一章 作業程序	6-23
11.1 規畫階段	6-23
11.1.1 圖面規畫	6-23
11.1.2 現場踏勘	6-23
11.1.3 規畫報告格式	6-24
11.2 作業階段	6-24
11.2.1 作業準備	6-25
11.2.2 現場實測	6-27
11.2.3 資料檢查及備份	6-28
11.3 資料處理階段	6-28

圖 目 錄

圖 1 多音束測深測線規劃原理	6-12
-----------------	------

表 目 錄

表 1 淺水多音束測量精度規範	6-7
表 2 重要特徵物水平定位的最低標準(95%信賴程度)	6-10
表 3 水深測量品管/品保之準則表	6-19
表 4 多音束測深品管/品保準則表(一)	6-19
表 5 多音束測深品管/品保準則表(二)	6-21

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. 澎湖地區之高程，自馬公港平均海水面為零公尺起算。在其上者高程為正，在其下者高程為負。

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。
4. 外島或其他高程基準不明的地區，可自行設定潮位基準，並詳細說明該高程基準的定義，及其與 TWVD2001 高程基準的轉換差值。

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	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
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。

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，以三個測深值可偵測之。

第六列 「交錯檢核線」，以接近垂直主測線的測線檢核主測線水值的條件。

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至少應同時紀錄五顆衛星。

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)

特徵物	等級	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%(0%重疊率)，覆蓋率為 200%(100%重疊率)，可參照圖 1。

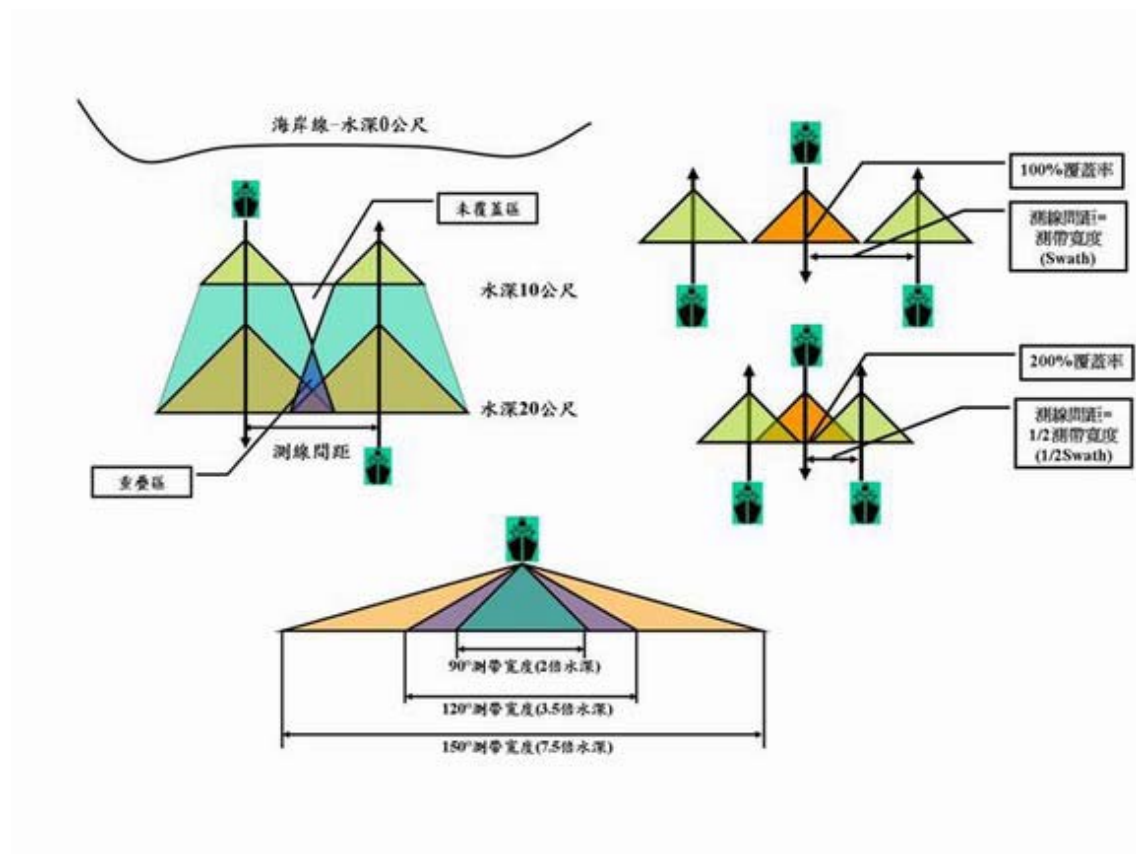


圖 1 多音束測深測線規劃原理

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. 在水深量測期間需觀測潮位，以提供測深的潮汐修正。
2. 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。
3. 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。
4. 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 TWD97 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。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。

10.6 總傳播誤差

1. 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)，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。
 - (4) 船隻航向的量測精度。
 - (5) 音鼓安置角度所引起的誤差。
 - (6) 船隻姿態收集器，即船隻前後傾斜、左右搖擺與上下起伏的量測精度。
 - (7) 系統之時間遲滯。

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
重疊率	10% - 50%	10%	不適用
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
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密度	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

等級	特等測量	一等測量	二等測量
最大容許平均偏差	< 0.03 公尺	< 0.06 公尺	不適用
標準誤差(95%信賴區間)	參閱表		
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
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圍。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，當波高超過 50 公分或風力 3 級(含)以上(7~10 海浬/小時)，需視多音束測深資料之品質是否包含許多雜訊而定，品管人員得視當時資料品質良窳來決定是否停止作業。

註 1:風力 2 級：風速每小時 4~6 海浬。海面狀況：波高 20~30 公分，小波出現，有尖銳的波峰，無碎波。

註 2:風力 3 級：風速每小時 7~10 海浬。海面狀況：波高 60~100 公分，有較大的短峰波，波峰有少許碎波出現，散佈少許白帽狀碎波。

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。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；單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硬體設施，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位與岸線一致，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。

附錄一 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-94-H2DB008

計畫名稱：淺水域多音束量測水深技術研究(1/4)

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. 已完全掌握研究問題之重點，並已建立進行架構。 2. 相同文獻資料之蒐集完備，並作詳盡之綜合整理。 3. 草擬測深規範時，一方面參考國外作法，亦宜同時考量國內之不同地區特性。	1. 謝謝林委員支持。 2. 未來將會繼續補充相關文獻。 3. 遵照辦理。	1. 符合。 2. 依處理情形辦理。 3. 符合。
史天元 教授： 1. 規範中應否限制作業人員資格？建議考量。 2. 平面基準目前條列中為「地球形狀因子」部分，()中之TWD97 建議程為條列中之第 2 條。 3. 第九章中規範檢核之比例，建議對檢核取樣方式亦進行討論。 4. 規範第 14 頁，表 3，品管測試部份，「強迫」是否以「必需」替代。 5. 詮釋資料格式建議進行初步規畫。	1. 未來將研擬補充作業人員資格限制辦法。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。 4. 遵照辦理。 5. 參考辦理。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。 4. 依處理情形辦理。 5. 依處理情形辦理。
翁文凱 副教授： 1. 多音束測深儀應用在淺水域之測量中，其精度標準應較為嚴謹，是否能借此次計畫中加以討論。 4. 在近岸或港灣工程中，常有	1. 本計畫只針對淺水多音束測深，因此規範之擬定已參考美國工兵署之淺水域及工程建設與地形變遷相關規範辦理。 4. 此為第三年之工作項	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
實際測量上所面臨之問題.. 如結構物附近、拋石面問題、侵淤沖刷問題，未來能否就此類工程問題在應用多音束測深儀時，作一示範或討論。	目，未來將會執行，此部分之技術有挑戰性，未來將努力達成。	
張哲豪 副教授： 1. 建議於報告 3、4 節中，加強說明引用國外各規範之考慮原則或其綜合比較。 2. 規範草案中第一章與第九章分別提及測量成果報告書，建議應確認其間之對應關係。 3. 草案第九章所提之各項檢核項目，與表 2 項目可考慮其對應一致。 4. 未來規畫資料庫時，其儲存內容是以測深 raw data 或是其各項產生圖籍為主？	1. 期末報告時，將盡力補充。 2. 期末報告時，參考修正。 3. 期末報告時，參考修正。 4. 以原始資料為主，並將考慮後端相關應用之格式匹配性。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。 4. 依處理情形辦理。
余進利 組長： 1. 第 12 頁的 1.4 節“重要文獻回顧”，應有文字的敘述不應只列出參考文獻，否則就刪除此節，將其列為參考文獻。	1. 遵照辦理。	1. 依處理情形辦理。
邱永芳 主任： 1. 測深規範訂定是否邀請學界工程界來參與討論。 2. 示範作業應邀請使用單位參與。 3. 提供各單位使用之契約工作內容之標準範本，亦須經各單位討論。	1. 配合辦理。 2. 配合辦理。 3. 配合辦理。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 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
4. 對外界說明之討論會或研討會應規畫舉行。 5. 目前臺灣測量公司之能力評估，應有說明。	4. 配合辦理。 5. 將在進行規範討論時調查評估之。	4. 依處理情形辦理。 5. 依處理情形辦理。
曾相茂 研究員： 1. 四年之第一年之期中報告所以尚未能看到豐富的成果，但由報告中可知本計畫之實用性相當高並符合當初之目標。 2. 外海海象如波高的大小造成船隻左右搖擺影響到資料的精確，是否限制波高的大小及用現有的軟體或自己開發的軟體來校正。 3. 船速大小是否須限制。 4. 儀器的感應器是應放在船隻何處最恰當。	1. 感謝曾委員意見。 2. 原則上所有海況造成的誤差將被修正，但氣泡及其它原因造成的異常資料比率升高將會影響後續的資料處理效率，所以規範中不限制海象的影響由測量員及監驗人員自行評估。規範不限制軟體的使用，只要檢核達到標準精度即可。 3. 船速大小變化也會影響測量精度，修正後達到檢核精度即可。 4. 目前感應器的建議之位置或可接近音鼓或接近船隻之重心位置。	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。
蔡立宏 研究員： 1. 建議於報告中說明規範中與國外差異的原因。 2. 規範中建議說明量測的限制包括儀器、船隻、天候等影響精度如何。 3. 兩測線重疊區若測值差異過大如何處理。	1. 期末報告時，參考辦理。 2. 此部分在 IHO 海測規範中建議以總傳播誤差(TPE)的方式在測量前後評估之。 3. 檢驗測線的正交檢驗，若通過表示測線的精度度足夠，刪除外部的音束(通常90度以內的測深資料品質較佳)，如果未達標準則需重新測量。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。

附錄二 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-94-H2DB008

計畫名稱：淺水域多音束量測水深技術研究(1/4)

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. 港灣水域多音束測深規範(草案)中有關水文之項目何以僅潮位、潮流？此規範與國際海測組織(IHO)相較，關聯性如何？ 2. 多音束測深示範作業係以何種為示範標的？ 3. 多音束測深技術在港灣工程上之應用似甚為廣泛，是否可以稍作歸類整理。	1. IHO 的 SP-44 為水深測量基本準則，本案草擬之規範為適用本地的基準，其關聯類似母法與施行細則的關係。水文項目僅規範與船隻航安有關之項目。 2. 示範作業的目標除了與明年測深資料比較，將作業內容拍攝為示範教學帶，以供明年教育訓練使用。 3. 遵照辦理，可參照報告第 79-80 頁。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。
史天元 教授： 1. 本研究對所擬探討之標的，有確實之研究。 2. GPS 定位法，除信標(Beacon)差分外，其他使用衛星傳送差分之型態，如 OmniStar，近年來在海事上應用亦趨普遍，建議列入敘述。 3. 投影座標系統使用 TM2，亦即目前陸域所使用之系統，應十分適合國內需求，但不知是否應列入較國際化之 UTM 並用？以方便國際人士使用？對此本人並不肯定，但盼研究單位列入考量。	1. 感謝史委員支持。 2. 遵照辦理，可參照報告第 44 頁。 3. 本草案擬定之目的在規範港灣及近岸水深測量，因此以國內使用單位為主，未來若有需求可考慮之。	1. 符合。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。
翁文凱 副教授： 1. 資料格式未來是否能與其他	1. 由於可能測量或使用水深	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
測量方式或 GIS 系統相互接軌？ 2. 在施行細則方面建議應與業界、使用單位再溝通。	資料格式的機關甚多，本研究將會配合未來整合後之資料資料格式。一般而言，常見的水深資料的成果以 (E,N,H)或 dxf 交換格式與其他 GIS 軟體接軌。 2. 配合港研中心辦理。	 2. 依處理情形辦理。
余進利 組長： 1. 本報告並沒有列參考文獻，建議將 1.4 節之重要文獻回顧，列為參考文獻，並做適當之修正。 2. 47 頁潮位修正提到潮位修正分為預測潮及觀測潮，使用預測潮位是否合適？	 1. 遵照辦理，可參照報告第 14 頁。 2. 遵照辦理，加註說明，可參照報告第 53 頁。	 1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。
曾相茂 研究員： 1. 本計畫已按照預定進度完成計畫所需內容，並已符合第一年之目標，值得肯定。 2. 第 48 頁 12 行「可參照錯誤！找不到參照來源」是否筆誤。 3. 第 38 頁 5.GPS 定位法之修正潮位如何決定潮位站位置，例如一、港口附近測深是取用 10 號碼頭潮位。二、港口附近測深則取用紅毛港內之潮位。 4. 第 26 頁能否在本文內敘述國內擁有多音束測深系統的單位。	 1. 感謝曾委員肯定。 2. 遵照辦理，已修正，可參照報告第 54 頁。 3. 潮位站以最接近測區的潮位站或在測區附近設立潮位站，示範作業區接近高雄港第一港口，故採用高雄港務局十號碼頭之潮位資料。 4. 遵照辦理，可參照報告第 45 頁。	 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。
蔡立宏 研究員： 1. P.7 中 IHO 的全名請補充說明。 2. P.8 及 A-4 中 $b \times d$ 及 $b * d$ 符號請統一。 3. P.61 中表 10 請增加單位。	 1. 遵照辦理，已補充，可參照報告第 45 頁。 2. 遵照辦理，已修改，可參照報告第 8 頁。 3. 遵照辦理，可參照報告第 69 頁。	 1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 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
4. 預期成果中(1)及(2)多音束及單音束測深成果及差異比較，請於報告中增加說明。 5. P.75 P.81 文獻編寫方式請統一。	4. 遵照辦理，可參照報告第70 頁。 5. 遵照辦理，可參照報告第12-19 頁。	4. 依處理情形辦理。 5. 依處理情形辦理。

附錄三 期中簡報資料



交通部運輸研究所

淺水域多音束量測水深技術研發(1/4)

期中簡報

國立中山大學
海洋科技研究中心

簡報日期:九十四年七月



1



簡報內容

- 壹 計畫概要及背景分析
- 貳 研究內容、工作項目及預期成果
- 參 執行進度說明
- 肆 工作內容說明
- 伍 待辦事項



2



1-1、計畫摘要

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一年，從基礎的多音束測深技術著手，進行港區示範作業，作為次年教育訓練之基礎教材；探討先進國家的規範標準以草擬國際適用的多音束測深規範；並為第二年之教育訓練項目進行預備工作，以利提升測深技術之品質；考量多音束測深資料量的龐大，本研究同時探討大量水深資料庫之編輯、資料品質及建制軟體的適用性，最後探討MBES在港灣工程施工相關之應用。

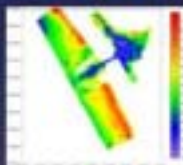


3



1-2、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。
- 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。



4



2-1、全程計畫之研究內容

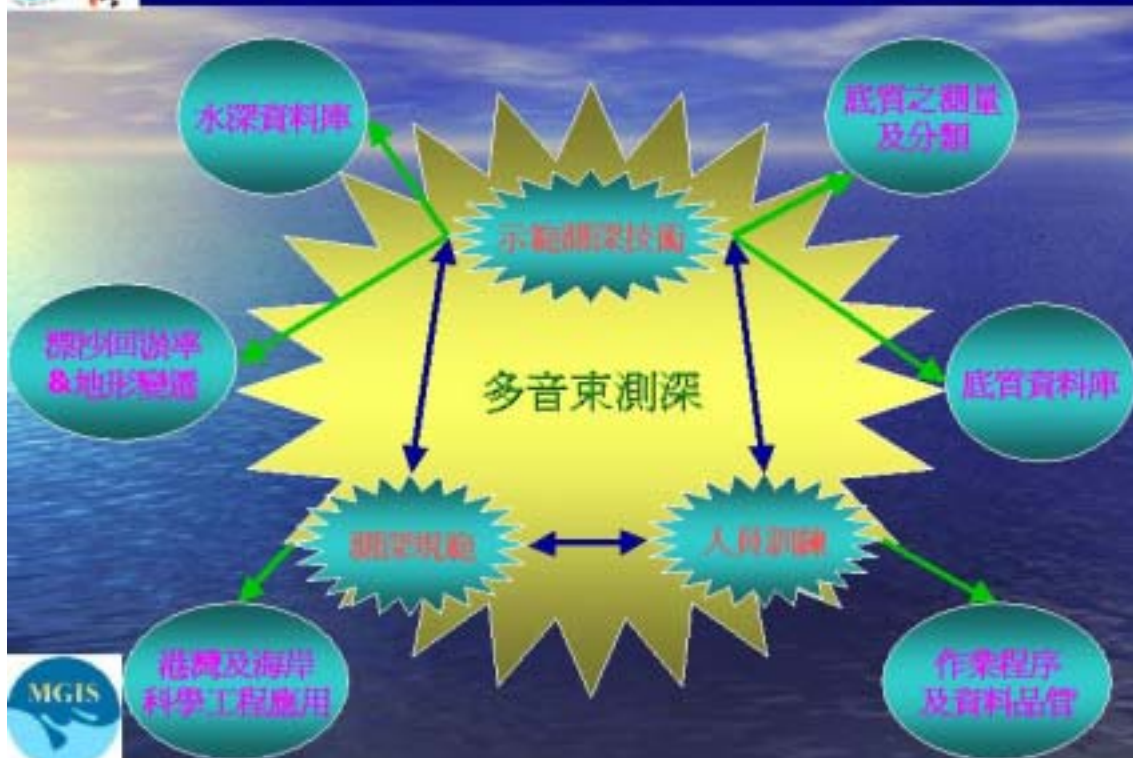
第一年	進行多音束測深示範作業、多音束測深規範擬定、多音束測深資料庫建立研究、多音束測深技術在港灣工程之應用探討。
第二年	繼續在多音束測深示範區進行示範作業，探討評估該示範區之漂沙回淤率、開設多音束測深技術訓練班、建立多音束聲波回波強度資訊或側掃聲納對底質之測量及分類技術、探討建立港灣水域底質資料庫。
第三年	研究多音束測深技術在港灣水域疏浚工程之應用及規範制訂、建立近岸水域之多音束測深技術及示範作業、開設多音束測深技術訓練班、探討近岸水域地形變遷監測技術、研究近岸水域地形資料庫之建制與管理。
第四年	探討多音束測深及側掃聲納技術偵測海床特徵物之可行性、研究多音束測深系統及側掃聲納在水下救災技術之應用、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。



5



2-2、全程計畫之研究內容





2-3、本年度工作項目

- 1 選擇一國際商港水域進行多音束測深示範作業。
- 2 參考先進國家之多音束測深規範，研擬我國多音束在港域之測深規範。
- 3 探討以資料庫建立多音束測深編輯、品管、展示及資料儲存。
- 4 探討多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用。



7

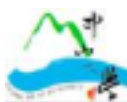


2-4、第一年預期成果

- 一國際商港之多音束及單音束測深成果，及成果圖之繪製。
- 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。
- 多音束測深示範作業過程及資料處理方法之多媒體製作。
- 我國多音束測深規範之制訂。
- 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。
- 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。



8



3-1、執行進度



3-2、執行進度

項 目	預定進度	實際進度
一、多音東測深技術資料蒐集	100%	100%
二、參考先進國家之多音東測深規範，研擬我國多音東在港域之測深規範	100%	100%
三、選擇一國際商港之三處水域進行多音東測深示範作業	30%	30%
四、期中報告	100%	100%
五、探討以地理資訊系統建構多音東測深資料庫	0%	0%
六、探討多音東測深技術在港灣工程施工及監測之應用	0%	0%
七、期末報告	0%	0%





4-1 國內水深測量規範現況



11



4-2 國外水深測量規範現況



12



4-3 研擬淺水測量規範(草案)

- 第一章 總則：規範目標、坐標基準、潮位觀測、測量報告。
- 第二章 測深分級。
- 第三章 定位：定位系統、平面控制、測深的定位。
- 第四章 測深：水深精度、水深量測、測線方向及間距及交錯檢核線。
- 第五章 底質特性。
- 第六章 潮位觀測。
- 第七章 潮流觀測。
- 第八章 資料屬性。
- 第九章 檢核及驗收。
- 第十章 品質管制的準則。
- 第十一章 作業程序：規劃階段、作業階段及資料處理階段。



13



4-4 坐標基準

- 平面基準(TWD97)：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 $f = 1/298.257222101$ 。
- 高程基準：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。澎湖地區基本圖之高程，自馬公平平均海水面為零公尺起算。若有必要時，可採用當地驗潮站平均海水面為起算點。高程基準與當地之最低低潮位或海床地形圖之起算面，應予說明。
- 投影坐標系統(TM2)：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。臺灣本島地區以東經一百二十一度為中央子午線。澎湖地區以東經一百一十九度為中央子午線。



14



4-5 測深分級

等級	特等水域	一等水域	二等水域
典型水域	海區、湖泊、河、溪流、航運等活動頻繁之水域	海區、港灣、水庫、湖、溪流、航運及水深110公尺以上之水域	非特等或一等水域而水深200公尺以內之水域
水平精度 (95%信賴區間)	2m	5m-5Pb水深	20m-5Pb水深
水深精度 (95%信賴區間)	a = 0.25m b = 0.0075	a = 0.5m b = 0.013	a = 1.0m b = 0.023
測量密度	1.2Pb	1.0Pb	依實際狀況
測線間距	15m主測線平均間距	20m主測線平均間距	依實際狀況
偵測海底障礙物的能力			
水深10公尺	1公尺	2公尺	4公尺
水深40公尺	2.5Pb水深	5Pb水深	10Pb水深



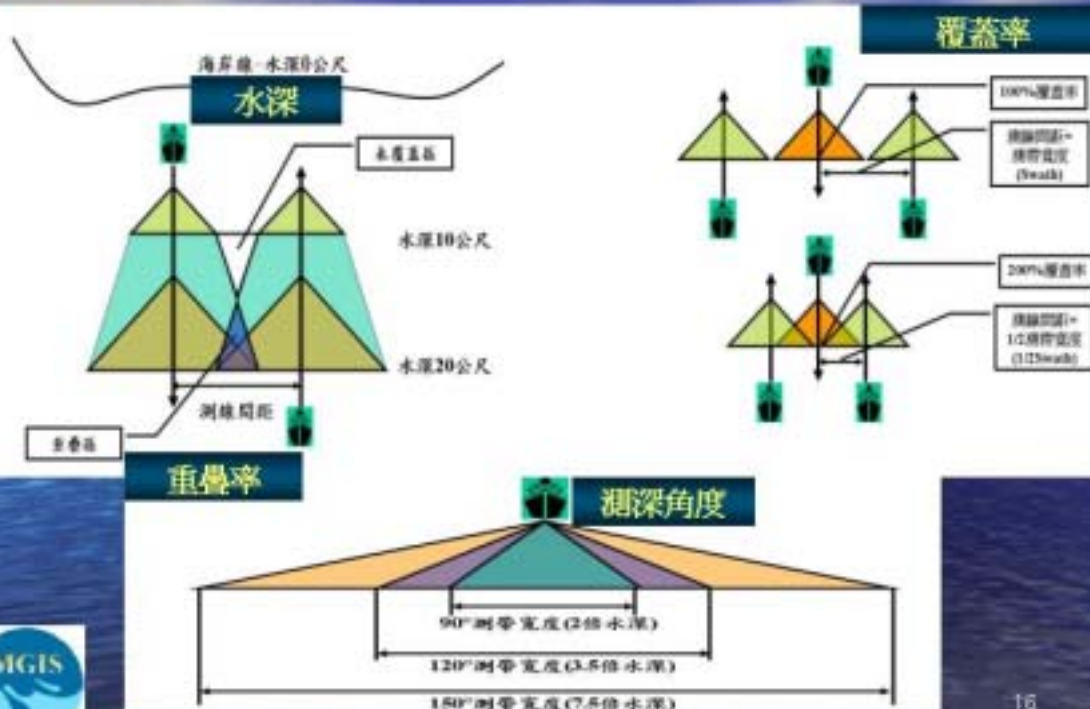
$$\text{精度 (95\%信賴區間)} = \pm \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2}$$

d 為水深

15



4-6 測線規劃



16



4-7 驗收機制

- **監驗：**驗收者全程監督，所需成本高，測量品質較易控制，適用內部自我品管，其記錄可視為品管記錄的一部份。
- **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。
- **抽驗：**驗收者依比例抽樣驗收，所需成本較低，使用同等級或更高級的儀器設備檢驗，其成果檢驗較為獨立。



17



4-8 品質管制

等級	特等水域	一等水域	二等水域
聲速品管校正	>2次/日	2次/日	1次/日
平面位置檢核	1次/日	1次/計畫	1次/計畫
品管測試	強迫	強迫	依實際狀況
最大容許偏差	±3公分	±6公分	±15公分



18



4-9、進行示範作業



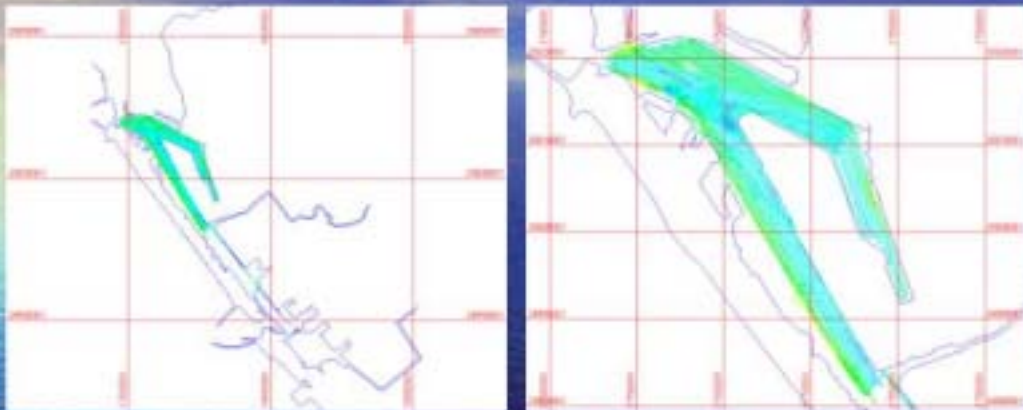
- ◆ 以主航道(約12公里)為中心測量左右各約250公尺的區域(船隻使用中之水域及船席除外)，測量工作區面積約6平方公里。



19



4-10、進行示範作業



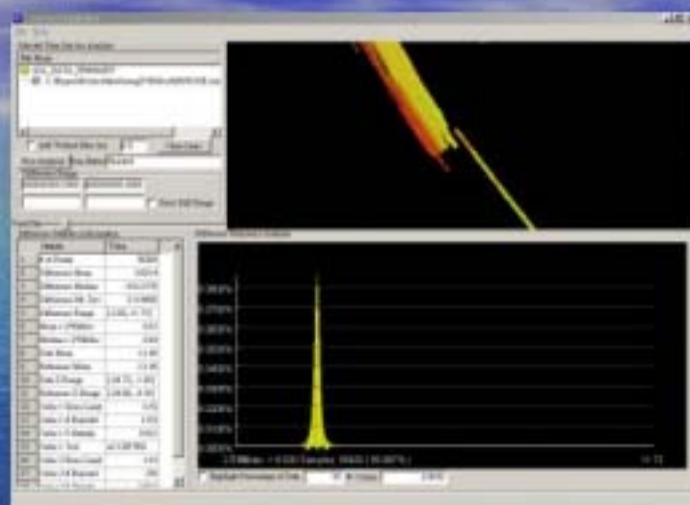
- ◆ 已測區域及航跡圖。



20



4-11、進行示範作業



◆ 單音束及多音束測深交錯檢驗結果。



21



伍、待辨事項

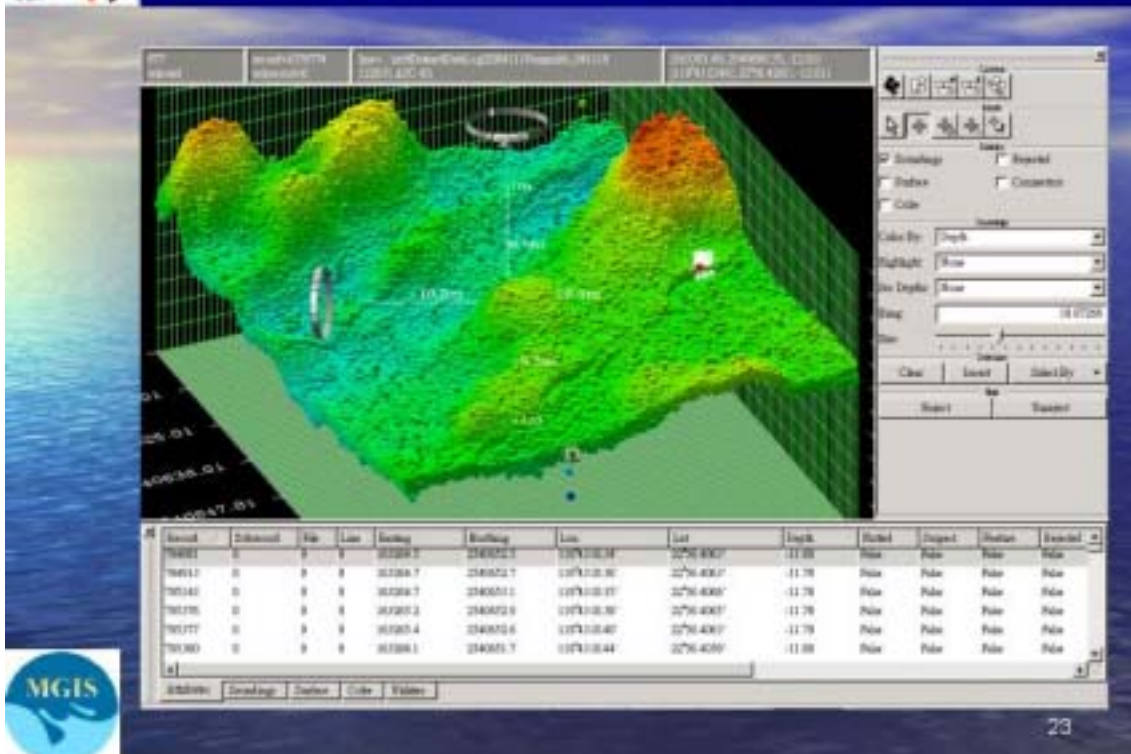
- 討論【淺水多音束測深規範(草案)】。
- 探討以地理資訊系統建構多音束測深資料庫。
- 探討多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用



22



5-1、建立多音束測深資料庫

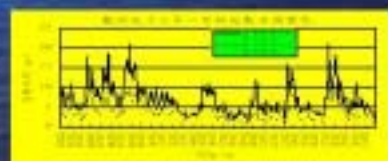
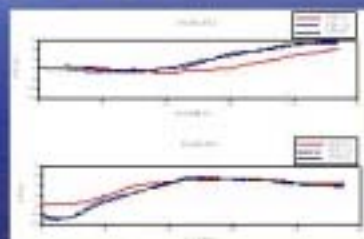
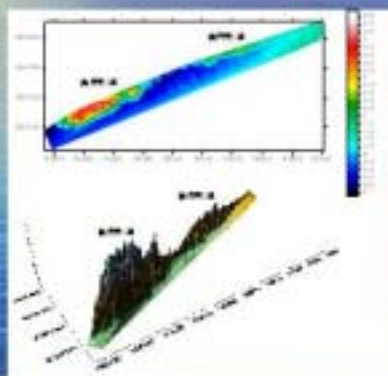


23

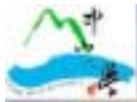


5-2、多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用

- 港灣工程：防波堤、碼頭、疏浚工程。
- 港灣監測：沖刷、侵蝕、移位等。



24



附錄四 期末簡報資料



交通部運研所港研中心

淺水域多音束測水深技術研究(1/4)

期末簡報

中山大學海洋科技研究中心

簡報日期:九十四年十一月



簡報內容

- 壹 計畫概要及背景分析
- 貳 我國多音束測深規範制訂
- 參 多音束測深示範作業
- 肆 多音束測深資料處理及儲存
- 伍 多音束測深技術在港灣工程施工及測應用
- 陸 討論及建議





1-1、計畫摘要

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一年，從基礎的多音束測深技術著手，進行港區示範作業，作為次年教育訓練之基礎教材；探討先進國家的規範標準以草擬國際適用的多音束測深規範；並為第二年之教育訓練項目進行預備工作，以利提升測深技術之品質；考量多音束測深資料量的龐大，本研究同時探討大量水深資料庫之編輯、資料品質及建制軟體的適用性，最後探討MBES在港灣工程施工相關之應用。

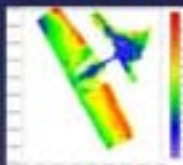


3



1-2、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。
- 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。



4



1-3、全程計畫之研究內容

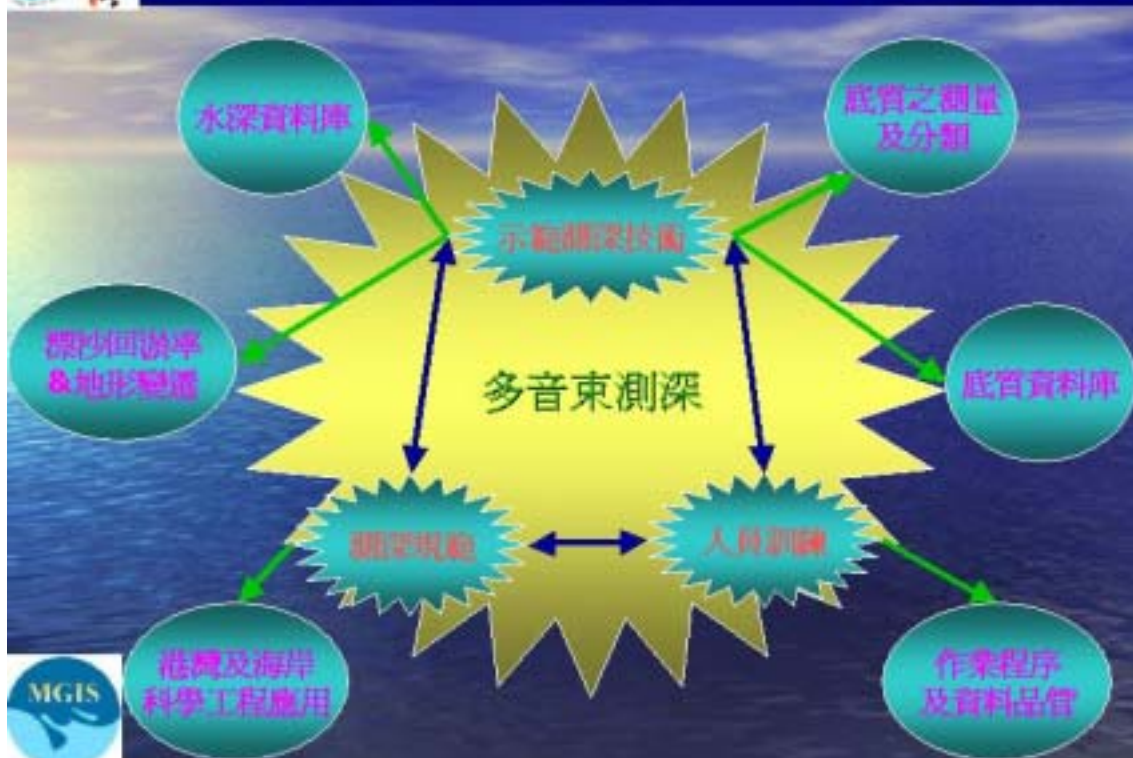
第一年	進行多音束測深示範作業、多音束測深規範擬定、多音束測深資料庫建立研究、多音束測深技術在港灣工程之應用探討。
第二年	繼續在多音束測深示範區進行示範作業，探討評估該示範區之漂沙回淤率、開設多音束測深技術訓練班、建立多音束聲波回波強度資訊或側掃聲納對底質之測量及分類技術、探討建立港灣水域底質資料庫。
第三年	研究多音束測深技術在港灣水域疏浚工程之應用及規範制訂、建立近岸水域之多音束測深技術及示範作業、開設多音束測深技術訓練班、探討近岸水域地形變遷監測技術、研究近岸水域地形資料庫之建制與管理。
第四年	探討多音束測深及側掃聲納技術偵測海床特徵物之可行性、研究多音束測深系統及側掃聲納在水下救災技術之應用、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。



5



1-4、全程計畫之研究內容



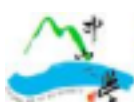


1-5、本年度工作項目

- 1 選擇一國際商港水域進行多音束測深示範作業。
- 2 參考先進國家之多音束測深規範，研擬我國多音束在港域之測深規範。
- 3 探討以資料庫建立多音束測深編輯、品管、展示及資料儲存。
- 4 探討多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用。



7



1-6、執行進度





1-7、執行進度

項 目	預定進度	實際進度
一、多音束測深技術資料蒐集	100%	100%
二、參考先進國家之多音束測深規範，研擬我國多音束在港域之測深規範	100%	100%
三、選擇一國際商港之三處水域進行多音束測深示範作業	100%	100%
四、期中報告	100%	100%
五、探討以地理資訊系統建構多音束測深資料庫	100%	100%
六、探討多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用	100%	100%
七、期末報告初稿	100%	100%



9



2-1 國內水深測量規範現況

公共工程委員會

水深測量規範

公共工程水深測量
(契約原則)

海軍測量局

海圖水深測量規範

海圖(航安)及軍港
水深測量規範

各港務局

水深測量合約

浚挖及海岸工程
水深測量(工程合約)

內政部地政司

基本圖測量製圖規範

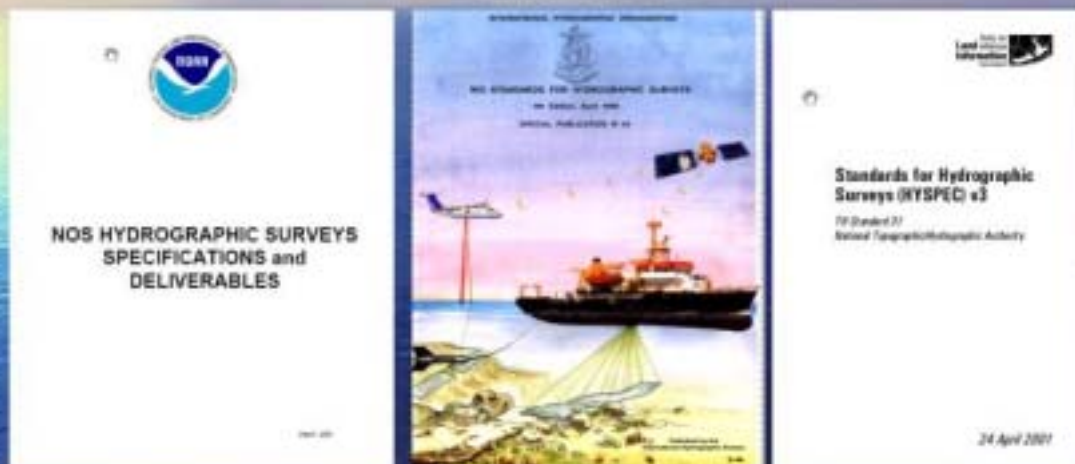
海域基本圖測量製圖
(海岸及海域管理)



10



2-2 國外水深測量規範現況



11



2-3 研擬多音束測深規範(草案)

- 第一章 總則：規範目標、坐標基準、潮位觀測、測量報告。
- 第二章 測深分級。
- 第三章 定位：定位系統、平面控制、測深的定位。
- 第四章 測深：水深精度、水深量測、測線方向及間距及交錯檢核線。
- 第五章 底質特性。
- 第六章 潮位觀測。
- 第七章 潮流觀測。
- 第八章 資料屬性。
- 第九章 檢核及驗收。
- 第十章 品質管制的準則。
- 第十一章 作業程序：規劃階段、作業階段及資料處理階段。



12



2-4 坐標基準

- **平面基準(TWD97)**：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**。
- **高程基準**：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。澎湖地區基本圖之高程，自馬公平均海水面為零公尺起算。
- **投影坐標系統(TM2)**：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**。臺灣本島地區以東經一百二十一度為中央子午線。澎湖地區以東經一百一十九度為中央子午線。



13



2-5 測深分級與基本要求

等級	特等水域	一等水域	二等水域
典型水域	港區、港口區、重要航運等需測設特等水域	港區、港口區、重要航運及水深10公尺以內的水域	非特等或一等水域而且水深200公尺以內的水域
水平精度 (95%信賴區間)	2m	5m~50%水深	20m~50%水深
水深精度 (95%信賴區間)	a = 0.25m b = 0.0075	a = 0.5m b = 0.013	a = 1.0m b = 0.023
測量密度	1:2000	1:5000	依實際狀況
測點佈置	15條主測線平均間距	20條主測線平均間距	依實際狀況
偵測海底特種物的能力			
≥水深10公尺	1公尺	2公尺	4公尺
≥水深10公尺	2.5%水深	5%水深	10%水深



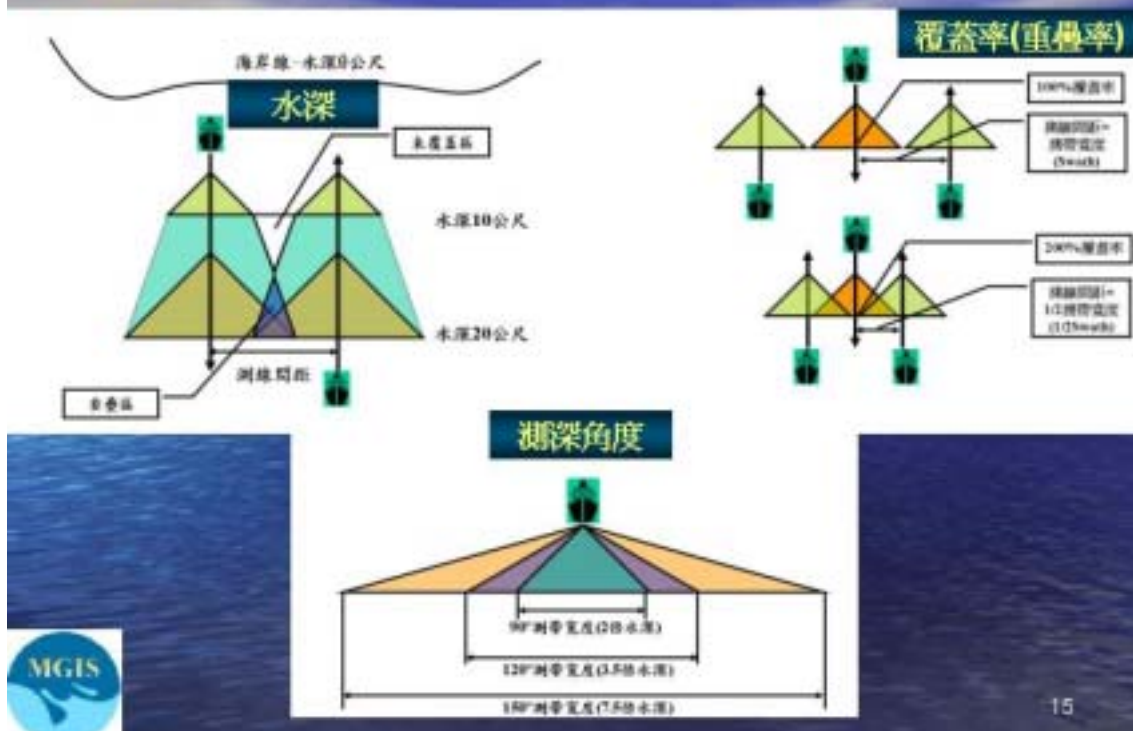
$$\text{精度 (95\%信賴區間)} = \pm \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2}$$

d 為水深

14



2-6 測線規劃



2-7 驗收機制

- **監驗：**驗收者全程監督，所需成本高，測量品質較易控制，適用內部自我品管，其記錄可視為品管記錄的一部份。
- **抽驗：**驗收者依比例抽樣驗收，所需成本較低，使用同等級或更高級的儀器設備檢驗，其成果檢驗較為獨立。





2-8 品質管制要求

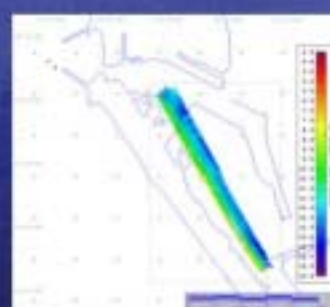
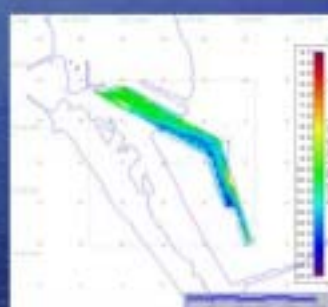
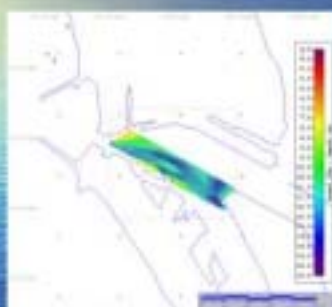
等級	特等水域	一等水域	二等水域
聲速品質校正	>2次/日	2次/日	1次/日
平面位置檢核	1次/日	1次/計畫	1次/計畫
品質測試	強迫	強迫	依實際狀況
最大容許偏差	±3公分	±6公分	±15公分



17



3-1、進行示範作業



- ◆ 以主航道為中心測量三個區域，第一測區範圍長1.6公里、寬300公尺，水深約4米至15.5米，第二測區範圍長3.4公里、寬400公尺，水深約4.5米至15米，第三測區範圍長4公里、寬300公尺，水深約4米至15.5米。



18



3-2、多音束測深作業流程



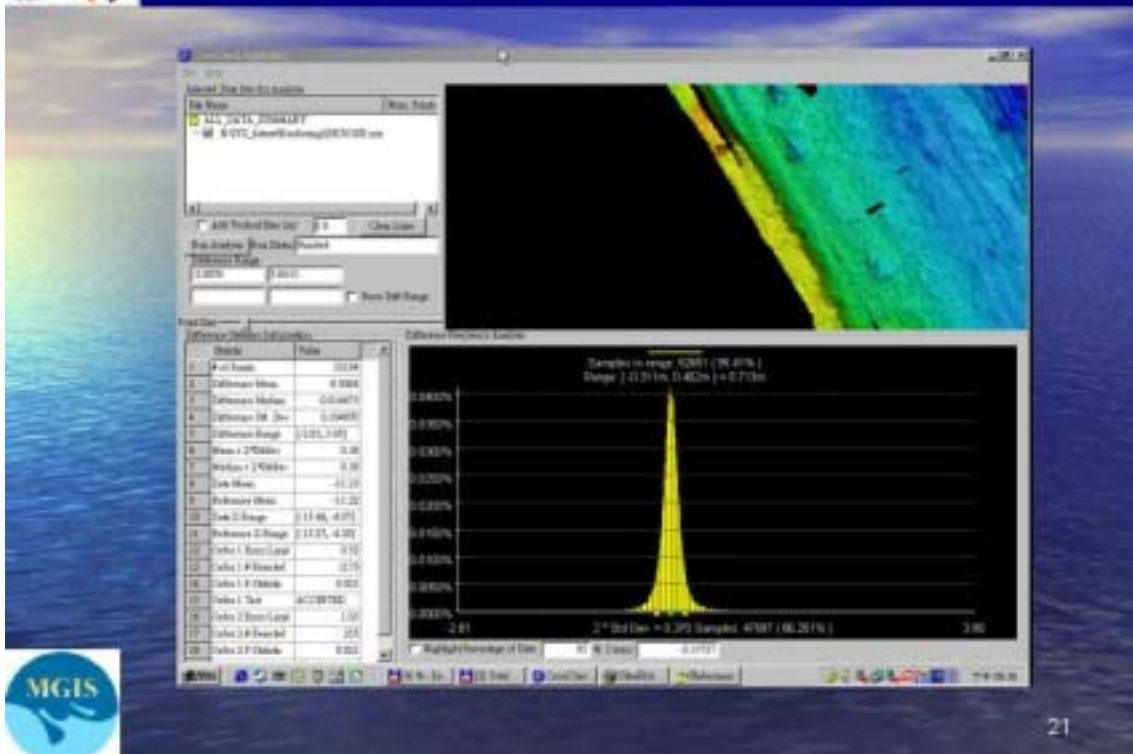
3-3、單音束測深與多音束測深交錯檢驗表

Cross Check:	2005/03/15~2005/03/18
檢核點數	55184
檢核點平均值	-11.23
基準平均值	-11.22
誤差平均值	-0.008398
誤差中值	-0.014473
誤差標準差	0.18487
檢核點水深範圍	-15.48~ -4.07
基準水深範圍	-15.27~ -4.29
水深差值範圍	-2.81~ 3.95
平均值+2x 標準差	0.378139
中值+2x 標準差	0.384214
一等測深誤差極限	0.52
二等測深誤差極限	1.03
一等測深 P 統計	0.021
二等測深 P 統計	0.005
未達一等測深點數	1175
未達二等測深點數	255
符合一等測深?	Yes
符合二等測深?	Yes





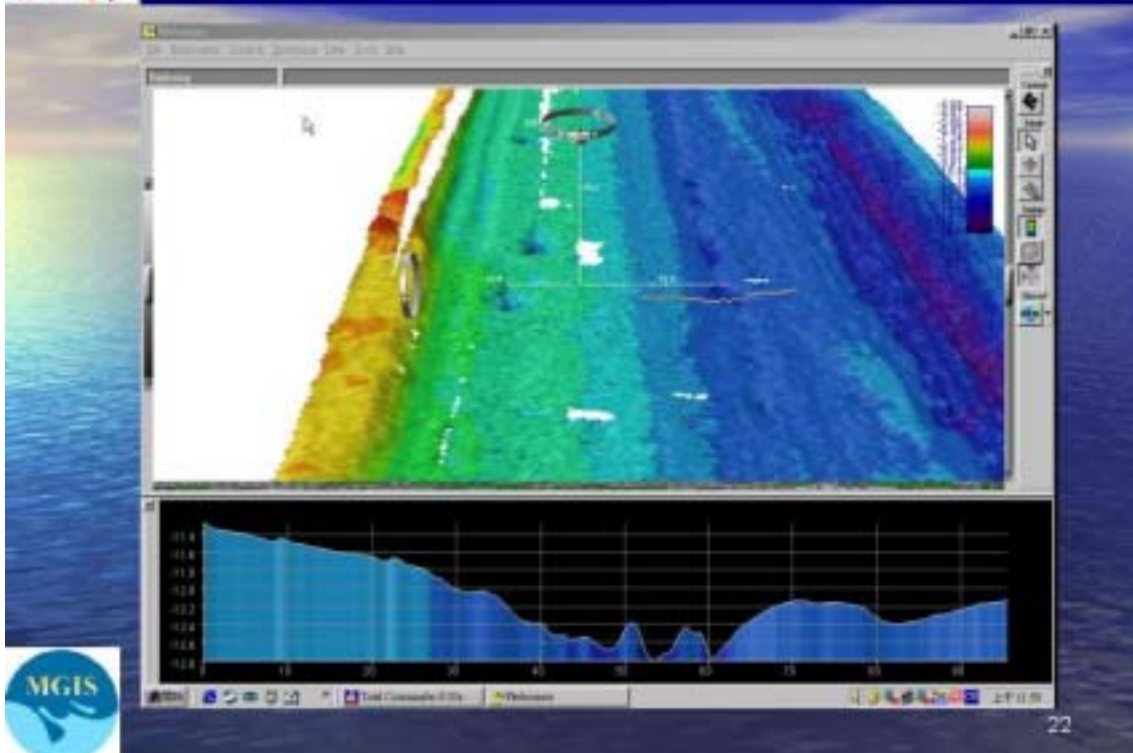
3-4、單音束及多音束測深交錯檢驗誤差分佈圖



21



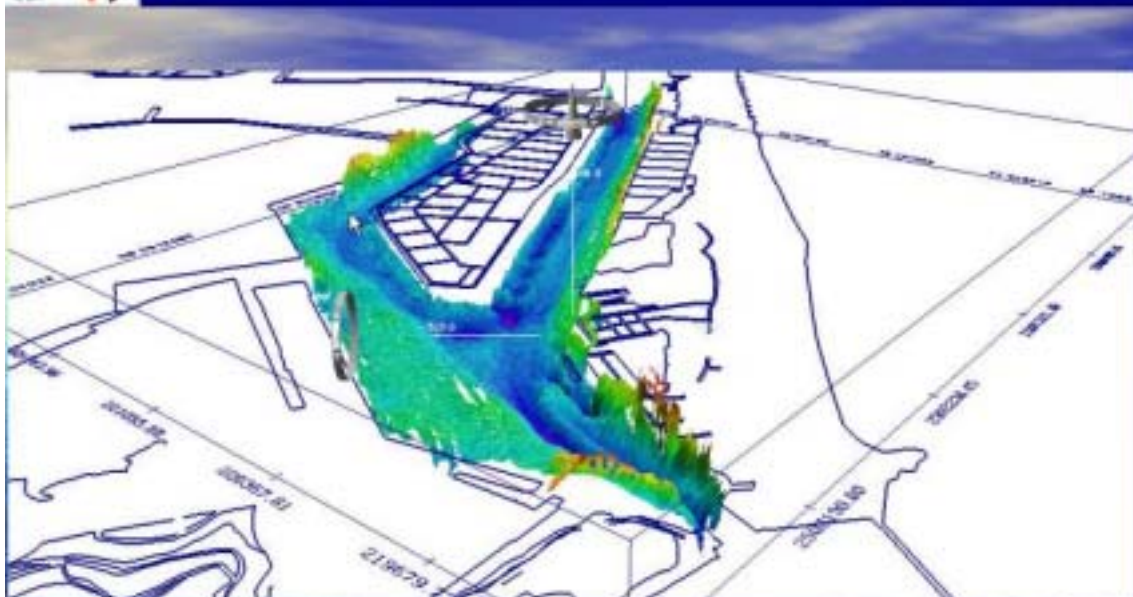
3-5-1、多音束測深示範作業成果-剖面線



22



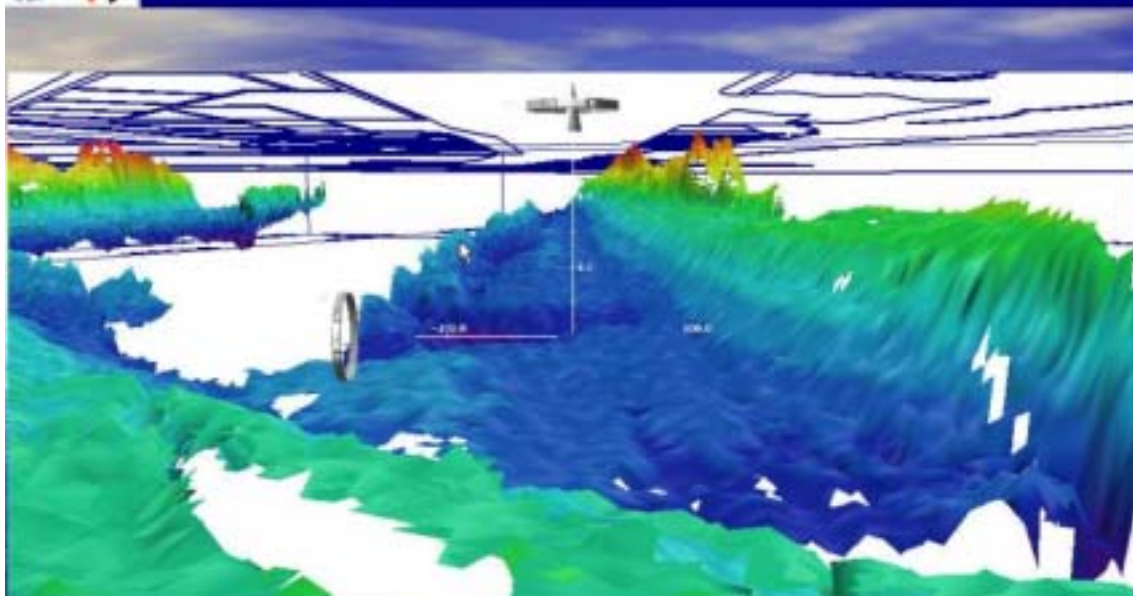
3-5-2、多音束測深示範作業成果-立體圖



23



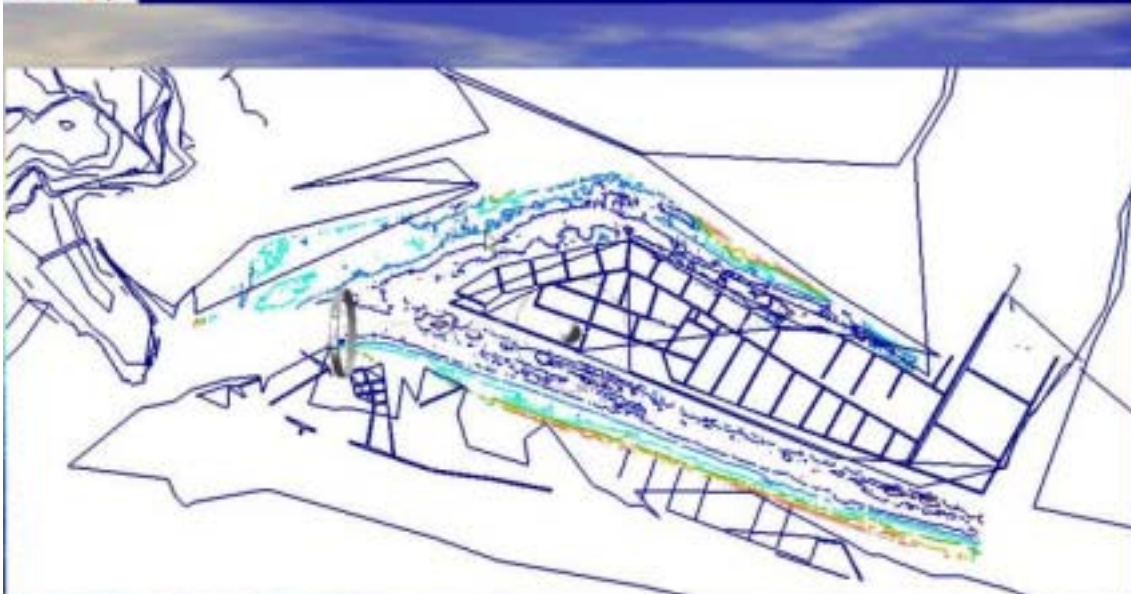
3-5-3、多音束測深示範作業成果-立體圖



24



3-5-4、多音束測深示範作業成果-等深線



25



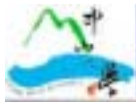
3-6、多音束測深示範作業教學帶



- IHO 水深測量規範
- 多音束測深原理簡介及相關軟硬體設備介紹
- 多音束測深作業規劃
- 多音束測深儀器安裝架設及軟體連結測試
- 多音束測深現場作業
- 多音束測深資料處理
- 多音束測深成果展示
- 監督機制



26



4-1、多音束測深資料處理及儲存需求

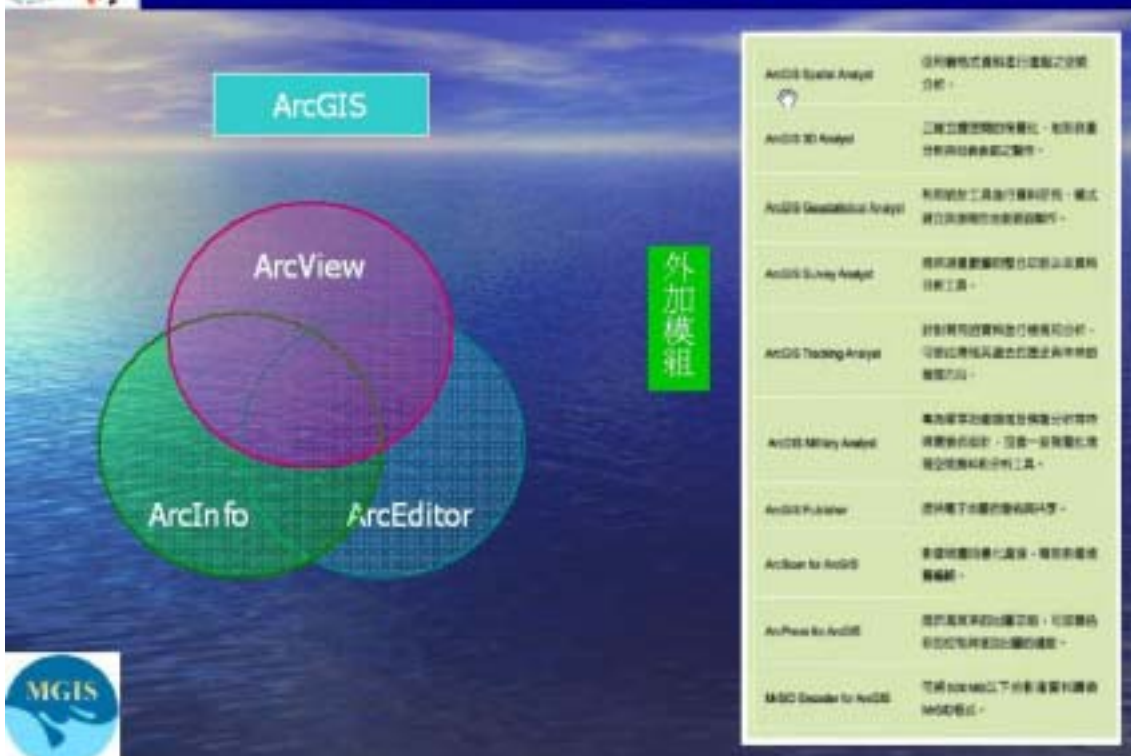
- 1 支援多種地理資訊系統及常用影像及向量資料格式。
- 2 可支援多音束測深資料屬性。
- 3 內插網格模組考慮音束足印大小與網格誤差傳播精度。
- 4 可互動編輯大量原始水深與網格水深。
- 5 可計算交錯檢驗(Cross Check)結果。
- 6 成果可輸出三維曲面、等深線、剖面及色階圖。
- 7 可做三維系統展示。



27



4-2、ESRI公司之地理資訊系統

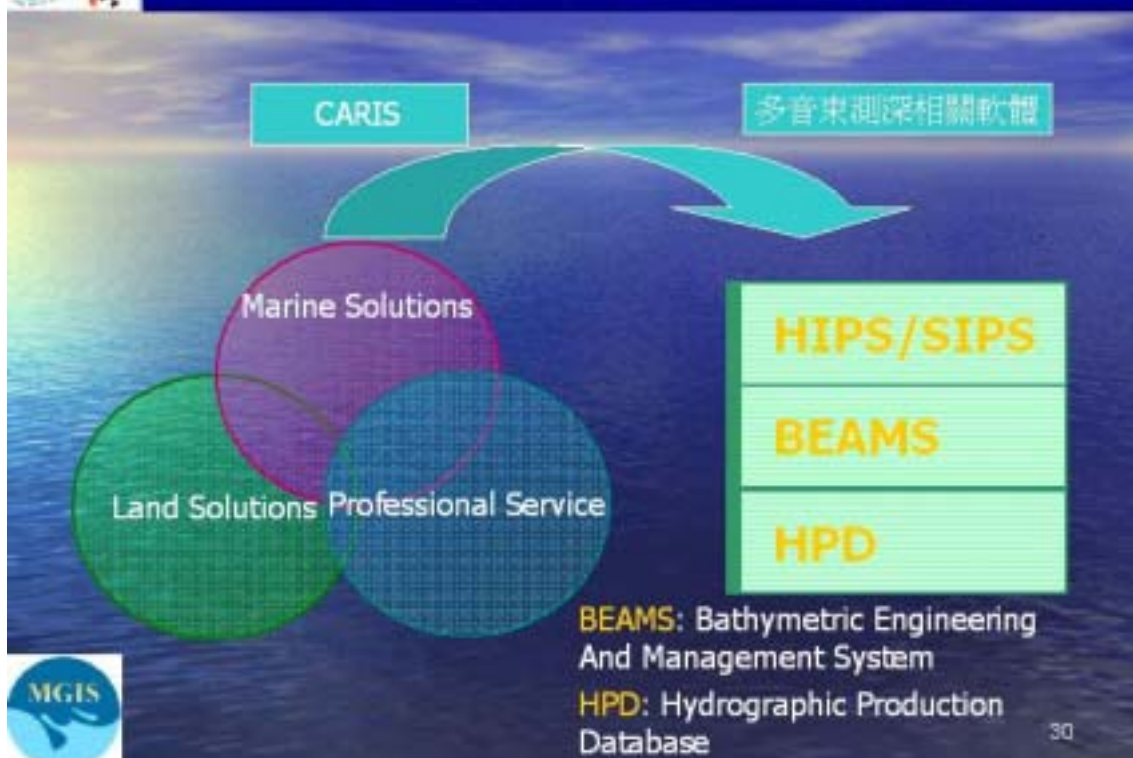




4-3、MapInfo公司之地理資訊系統



4-4、CARIS公司之地理資訊系統



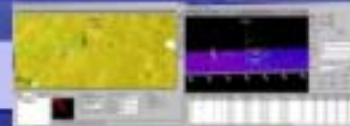


4-5、Fledermaus基本功能

1 匯入多種格式。



2 原始水深與網格水深互動編輯。



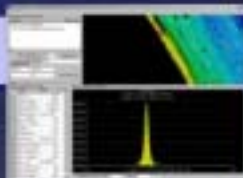
3 三維立體展示。



4 繪製剖面線、等深線及色階圖。



5 執行交錯檢核。

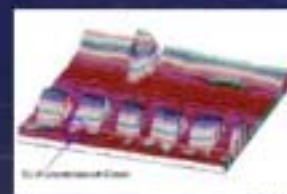
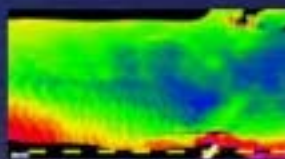
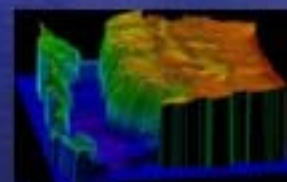
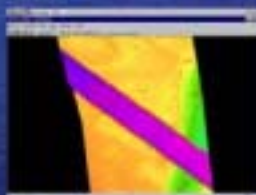
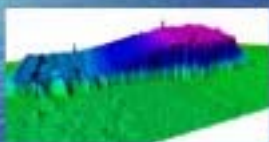
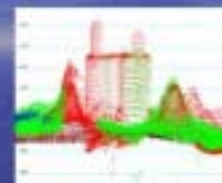
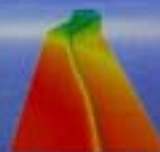
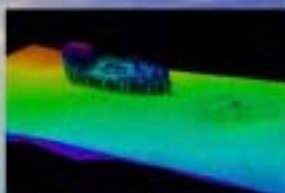


31



5-1、多音束測深技術在港灣工程施工及監測之應用

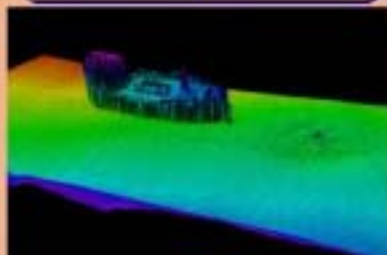
● 多音束測深技術相關應用





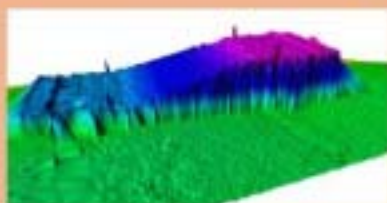
5-1-1、多音束測深技術相關應用

A



1. Collected by: SeaBat B125 Single head, run 4 knots
2. Processed & Displayed by: SeaBat 6042 v. 7 by RESON / TerraVista 3D Viewer
3. Location: Fjord outside Asker, Norway
4. Date: November 1999
5. Description: Image of "CLIFONA", a wooden shipwreck 18 meters below the surface.

B



1. Collected by: SeaBat B125 Dual Head
2. Processed & Displayed by: SeaBat 6042 v. 7 by RESON / TerraVista 3D Viewer
3. Location: Zaltbommel, Southern Holland
4. Date: August 1999
5. Description: Steel structure in approximately 5m of water.



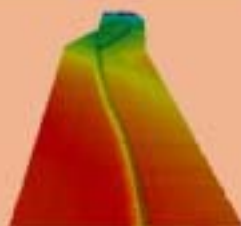
5-1-2、多音束測深技術相關應用

C



1. Collected by: SeaBat B125 Single Head
2. Processed & Displayed by: SeaBat 6042 v. 7 by RESON / TerraVista 3D Viewer
3. Location: Pipeline outside Santa Barbara, California
4. Date: July 1999
5. Description: Sewer outfall, 13-20 m water.

D



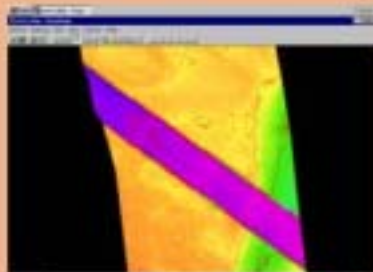
1. Collected by: SeaBat B125 Dual Head
2. Processed & Displayed by: SeaBat 6042 v. 7 by RESON / TerraVista 3D Viewer
3. Location: Pipeline outside Santa Barbara, California
4. Date: July 1999
5. Description: Sewer outfall, 13-20 m water.





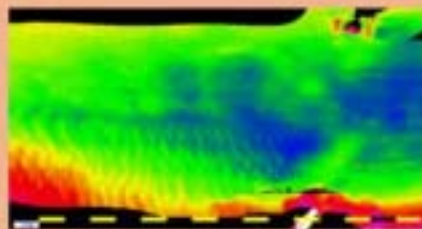
5-1-3、多音束測深技術相關應用

E



1. Collected by: SeaBat 9001
2. Processed & Displayed by: DelphiMap System by Triton Elcis International Inc.
3. Location: Brest, France
4. Date: October 1997
5. Description: Zoomed-in view of color-coded depths with depth contours superimposed of survey area showing dredged canal.

F

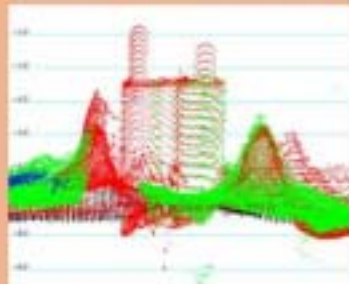


1. Collected by: SeaBat 9001
2. Processed & Displayed by: UNB Ocean Mapping Group, realtime and post-processing software (SwathEd).
3. Location: St. John River, New Brunswick, Canada
4. Date: August 1997
5. Description: Depth encoded images of upstream region showing sandwave fields, bridge abutments and scour/deposition at base of those abutments.



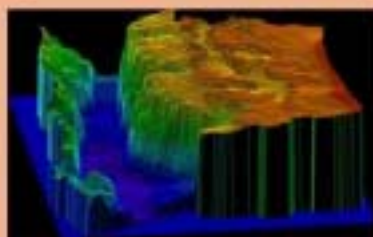
5-1-4、多音束測深技術相關應用

G



1. Collected by: SeaBat 9001
2. Processed & Displayed by: UNB Ocean Mapping Group, realtime and post-processing software (SwathEd).
3. Location: St. John River, New Brunswick, Canada
4. Date: August 1997
5. Description: SwathEd side-view screen showing definition of the structure and the location of erosion/deposition about the base of the bridge abutment.

H



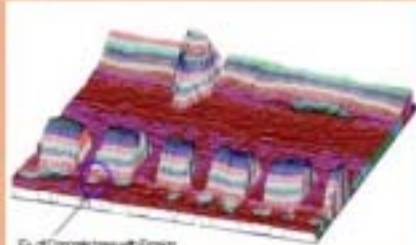
1. Collected by: SeaBat 9001
2. Processed & Displayed by: David Evans & Associates Editing Software and TerraModel Plotting Software.
3. Location: Dalles River, Oregon
4. Date: 1996
5. Description: 3-dimensional plot of the Dalles Canyon showing the shear/vertical walls.





5-1-5、多音束測深技術相關應用

I



1. Collected by: SeaBat 9001
2. Processed & Displayed by: SeaVisual Editing Software and TerraModel Plotting Software.
3. Location: Bonneville Dam, Columbia River, Oregon, USA
4. Date: 1996
5. Description: 3-dimensional plot of part of the the Stilling Basin and showing the erosion of the concrete base and baffles.

J

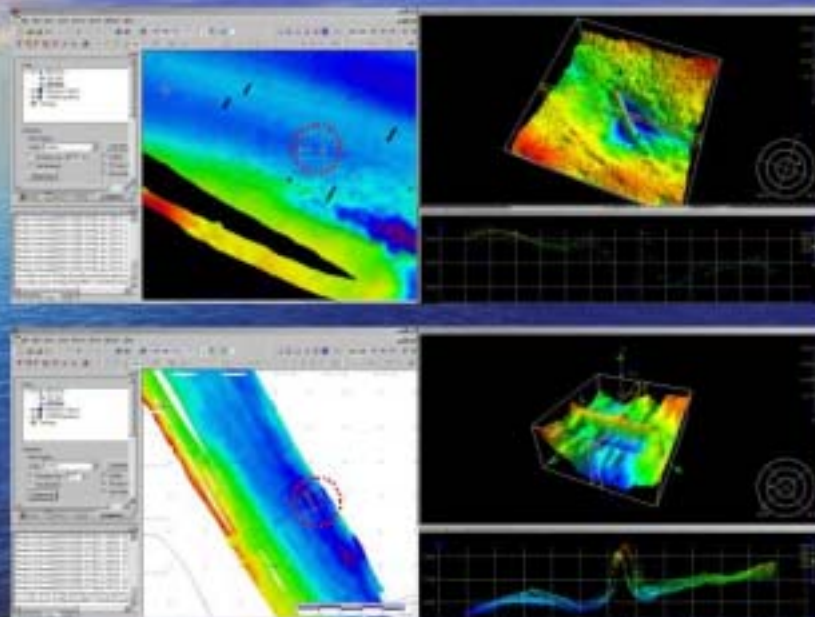


1. Collected by: SeaBat 8101
2. Processed & Displayed by: HYSWEEP and TerraModel Plotting Software.
3. Location: Denmark
4. Date: 1997
5. Description: 3-dimensional plot of part of the seafloor that has a sunken vessel.



5-2、示範作業發現之可疑特徵物

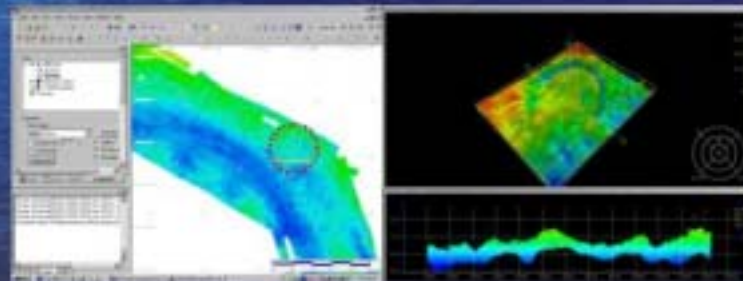
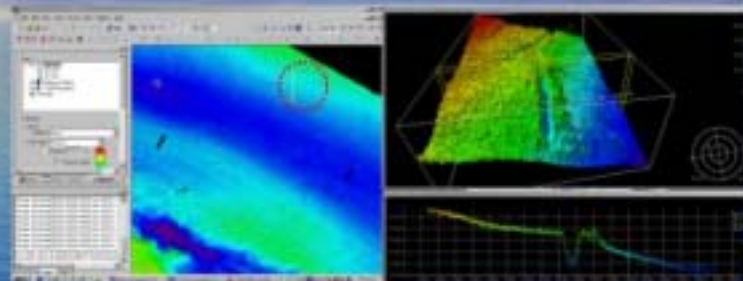
● 疑似圓木或管線外露的特徵物





5-3、示範作業發現之可疑特徵物

- 疑似溝渠的特徵物

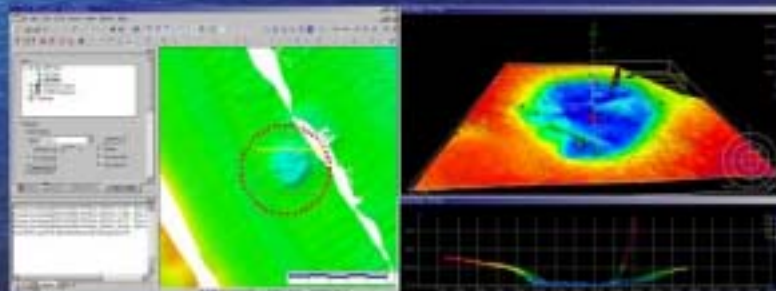
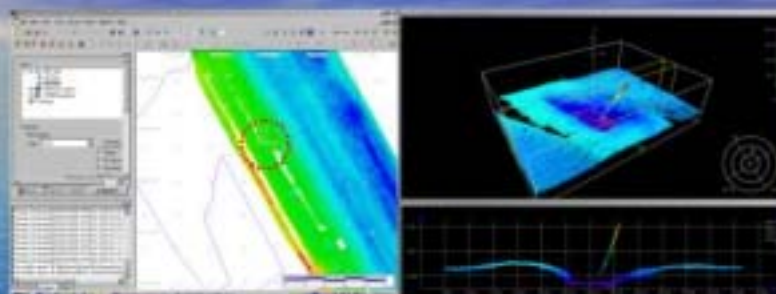


39



5-4、示範作業發現之可疑特徵物

- 疑似船舶繫攬的特徵物

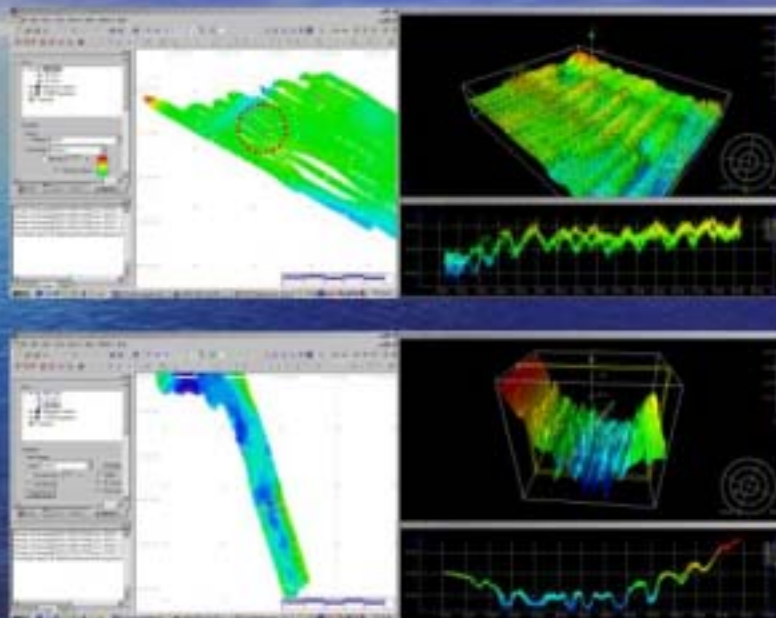


40



5-5、示範作業發現之可疑特徵物

● 海底沙鏈

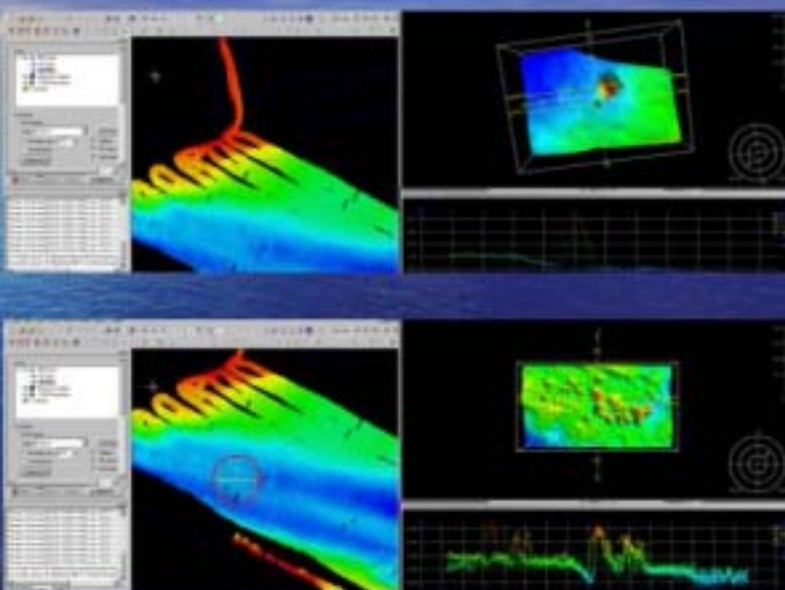


41



5-6、示範作業發現之可疑特徵物

● 疑似礙航物之特徵物

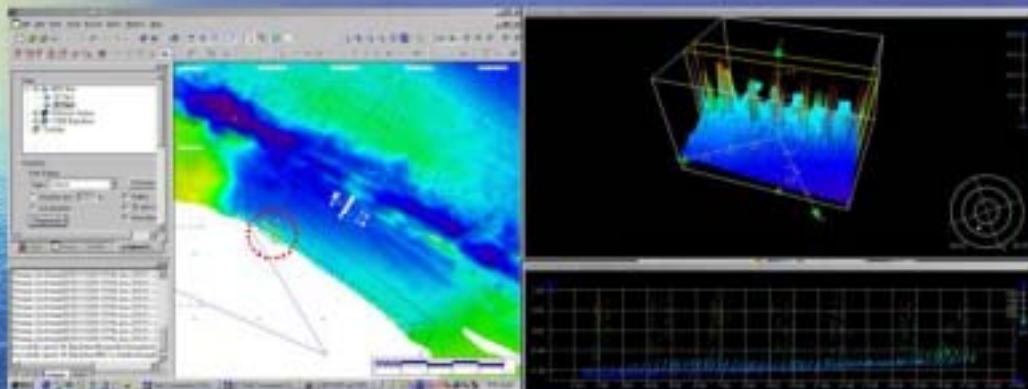


42



5-7、示範作業發現之可疑特徵物

● 碼頭基樁



43



陸、結論及建議

● 本年度完成項目

1

進行多音束測深示範作業。

2

草擬淺水多音束測深規範。

3

使用示範作業資料建立多音束測深資料庫。

4

使用示範作業資料探討多音束測深技術在港灣工程施工之應用。



44



6-1、第二年度工作項目

1

繼續在多音東測深示範區進行示範作業。

2

探討評估該示範區之漂沙回淤率。

3

開設多音東測深技術訓練班。

4

建立多音東聲波回波強度資訊
或側掃聲納對底質之測量及分類技術。

5

探討建立港灣水域底質資料庫。



45



46