

93-31-780

MOTC-IOT-92-H1-BB01

港灣構造物功能性設計分析方法之研究

- 港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究 -



交通部運輸研究所
中興工程顧問股份有限公司
國立中山大學
合作辦理
中華民國九十三年三月

93-31-780

MOTC-IOT-92-H1-BB01

港灣構造物功能性設計分析方法之研究

- 港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究 -

著者：賴瑞應、曾文傑、張道光、薛憲文
張功武、林澤熙、鄧耀里、陳斌哲

交通部運輸研究所
中興工程顧問股份有限公司
國立中山大學
合作辦理
中華民國九十三年三月

港灣構造物功能性設計分析方法之研究——港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究——

交通部運輸研究所

GPN : 1009300774

定價 元

港灣構造物功能性設計分析方法之研究
- 港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究 -

著 者：賴瑞應、曾文傑、張道光、薛憲文、張功武、林澤熙、
鄧耀里、陳斌哲

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw/chinese/lib/lib.htm

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十三年三月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 150 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價： 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511

三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600

國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542

五南文化廣場：台中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號•電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

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：港灣構造物功能性設計分析方法之研究 - 港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究 -			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號 1009300774	運輸研究所出版品編號 93-31-780	計畫編號 92-H1-BB01
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：賴瑞應 研究人員：曾文傑、張道光 聯絡電話：04-26587115 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：中興工程顧問股份有限公司 計畫主持人：薛憲文 研究人員：張功武、林澤熙、陳斌哲、鄧耀里 地址：臺北市南京東路五段 171 號 14 樓 聯絡電話：02-27698388-20558		研究期間 自 92 年 4 月 至 92 年 12 月
關鍵詞：水深測量、公共工程委員會、浚挖			
摘要： 水深資料為海洋的基本資訊，針對不同的使用目的，其測量標準及精度要求也不盡相同。有鑑於公共工程委員會僅提供水深測量規範的原則，各港務單位面對港口國際化及海岸工程水深測量的作業要求及規範不盡相同，隨著水深測量儀器及技術的日新月異，水深測量規範也需要同步調整，以減少港灣航安、浚挖及海岸工程施工引發的問題。本研究參考公共工程委員會、交通部科技顧問室、國內各港務局及美國工兵署的作業規範，草擬『港灣水域水深測量規範』，希望提供各項港灣水域、浚挖及相關工程水深測量工作的參考依據。 自1998年國際海測組織(International Hydrographic Organization, IHO)發佈第四版" IHO 海道測量規範 "(SP-44)以來，世界各國相繼依據此標準，擬定與海上航行安全、港灣浚挖及相關工程建設有關之水深測量規範。國內相關之海道測量規範研究為1995~1996年之成果，已無法滿足國內海域水深測量標準之需求，因此本所乃研擬港灣水域水深測量規範，以便日後各港務局及海岸工程相關單位有一套可以遵循的標準作業、品管的程序及精度要求。 為減少浚挖之甲乙雙方對於浚挖土方量認定之糾紛，本研究採用較務實之做法，以評估比較國際常用之商用土方計算軟體工具，提出土方計算軟體之參數使用建議及精度評估。 新規範的執行急為迫切，配套措施亦極為重要。本研究探討各國海道測量之教育訓練及証照制度，並建議我國在水深測量人員訓練、証照制度及測量規範制度上於短、中及長期可執行的方式。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
93 年 3 月	168		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定價價購。
機密等級： ☐ 限閱 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密【限】條件：☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密，☐ 公布後解密，☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密，☐ 另行檢討後辦理解密） ■ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Performance-based Seismic Design Method of Port Structures			
/Harbor Basin Hydrographic Survey Technique and Hydrographic Survey Standard Specification			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009300774	IOT SERIAL NUMBER 93-31-780	PROJECT NUMBER 92-H1-BB01
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lai Jui-Ying PROJECT STAFF: Tseng Wern-Jier, Chang Tao-Kuang PHONE: (04) 26587115 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM 04/2003 TO 12/2003
RESEARCH AGENCY: SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Shyue Shiahn-Wern PROJECT STAFF: Chang Kung-Wu, Lin Tse-Hsi, Chen Pin-Tseh, Teng Yao-Li ADDRESS: 171, NANKING E. RD. .SEC. 5, TAIPEI 105, Taiwan REPUBLIC OF CHINA PHONE: (02) 27698388 ext 20558			
KEY WORDS: Hydrographic Survey ; Public Construction Commission ; Dredging			
ABSTRACT: Hydrographic data is fundamental in coastal and ocean engineering and research. The hydrographic standard and accuracy requirements vary according to the purpose of the jobs. Public Construction Commission of Executive Yuan, Taiwan, ROC, just announces major requirements for hydrographic survey. The hydrographic survey regulations for Harbor Authorities of Taiwan (HAT). They are facing a lot of difficult problems, including: international competition, rapid development of hydrographic survey equipments and technology. The hydrographic survey standards should be adjusted accordingly to reduce harbor navigation safety, caused by dredging and harbor engineering problems. Referring to the hydrographic survey standards from CPW, HAT, US. Army Corps of Engineers, IHO etc., this proposes a "Standards for harbor hydrographic survey (draft)" for dredging and harbor engineering works. IHO "Standards for Hydrographic Surveys version 4" (SP 44) was published in 1998. Countries worldwide began to renew their hydrographic survey standards for vessel navigation, dredging, and engineering related works since then. In Taiwan, the current engineering hydrographic survey standard was proposed in 1995-1996. Therefore, it is time to update this standard. The Harbor and Marine Technology Center, the Institute of Transportation of the Ministry Department of Transportation and Communications Taiwan, propose for a set of new hydrographic standards for harbor engineering and dredging purpose to serve as standard survey, QA/QC procedures, and accuracy. To decrease dispute between CPW and dredging company differences of calculated dredging volume. This study evaluates several well-known international commercial dredging volume calculation softwares with real harbor hydrographic survey data sets. The results show that one should record the name and version of the software, the method, the input parameters they used in detail. The dredging volume calculation differences between different softwares and methods were compared. Enough survey data density should be provided and grid size close to the survey data density should be used. New hydrographic standards need to be executed as soon as possible. However, a training program of hydrographer and a licensing system for hydrographic survey also need to be set up at the same time. This study proposes the ways of setting up those system in short-term, intermediate-term and long-term.			
DATE OF PUBLICATION March 2004	NUMBER OF PAGES 168	PRICE	CLASSIFICATION ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物功能性設計分析方法之研究

- 港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究 -

目 錄

中文摘要	
英文摘要	
圖目錄	
表目錄	
第一章 前言	1-1
1.1 研究背景及目的	1-1
1.2 工作範圍及研究方法	1-2
1.2.1 水深測量規範蒐集	1-2
1.2.2 現況需求分析	1-2
1.2.3 水深測量規範之評析	1-3
1.2.4 水深測量草案之擬定	1-3
1.3 執行情形及報告內容	1-3
1.3.1 專案執行情形	1-3
1.3.2 報告內容	1-4
第二章 水深測量技術與制度問題諮詢與探討	2-1
2.1 第一次諮詢工作會議	2-1
2.2 第二次諮詢工作會議	2-4
2.3 問卷調查統計及結果	2-4
第三章 水深測量規範評析	3-1
3.1 國外港灣及海岸工程水深測量規範蒐集及評述	3-1
3.2 國內港灣及海岸工程水深測量規範蒐集及評述	3-3

3.2.1 公共工程委員會施工綱要規範之水深測量規範蒐集及評述	3-3
3.2.2 其他港口之水深測量規範蒐集及評述	3-4
3.3 港灣及海岸工程水深測量研究報告	3-4
3.3.1 港灣及海岸工程水深測量儀器規格	3-4
3.3.2 海測軟體(Hydrographic survey software)及資料處理軟體	3-13
3.3.3 港灣及海岸工程水深測量作業方法	3-15
3.3.4 水深測量的作業方法	3-16
3.3.5 單音束測深作業方法	3-18
3.3.6 多音束測深系統作業方法	3-19
3.3.7 側掃聲納作業方法	3-23
3.3.8 空載雷射測深儀作業方法	3-24
3.3.9 港灣及海洋工程水深測量作業程序	3-24
3.3.10 測量精度評估	3-28
3.3.11 海岸工程測量介紹	3-30
第四章 水深測量人員培訓	4-1
4.1 世界各國海道測量人員訓練課程現況	4-3
4.2 國際海道測量課程內容綱要	4-5
4.3 國內海道測量人員教育訓練制度建立之探討	4-7
4.4 國內海道測量人員制度之建議	4-9
第五章 土方計算及軟體選用研究報告	5-1
5.1 土方計算原理	5-1
5.1.1 平均剖面法	5-1
5.1.2 不規則三角網法	5-1

5.1.3 網格法	5-2
5.2 土方計算原則	5-2
5.3 不足土方量估算	5-3
5.4 土方估算軟體範例說明	5-3
5.4.1 DGM	5-3
5.4.2 SUREFR	5-8
5.4.3 HYPACK	5-14
5.5 土方計算評述	5-21
第六章 水深測量標準作業程序之建議	6-1
6.1 規劃階段	6-1
6.1.1 圖面規劃	6-1
6.1.2 現場踏勘	6-1
6.2 作業階段	6-2
6.2.1 作業準備	6-2
6.2.2 現場實測	6-4
6.2.3 資料檢查及備份	6-5
6.3 資料處理階段	6-5
第七章 結論與建議	7-1
7.1 結論及建議	7-1
7.2 本研究之執行構想	7-2
7.2.1 水深測量規範草案	7-2
7.2.2 配套措施	7-2

參考文獻.....	R-1
附錄 A 港灣水域水深測量規範(草案).....	A-1
附錄 B 問卷調查分析及統計.....	B-1
附錄 C 第一次諮詢會議審查意見處理情形表.....	C-1
附錄 D 第二次諮詢會議審查意見處理情形表.....	D-1
附錄 E 期末報告審查意見處理情形表.....	E-1
附錄 F 期末簡報資料.....	F-1
附錄 G 海道測量員能力標準之訓練課程內容綱要.....	G-1

圖 目 錄

圖 3.3-1	垂直式與扇形式多音束測深儀	3-8
圖 3.3-2	典型測深校正板之參考形狀與尺寸	3-13
圖 3.3-3	海岸地形測量之流程圖	3-15
圖 3.3-4	海道測量方式示意圖	3-16
圖 3.3-5	陸上與海床地形資料擷取作業方式	3-17
圖 3.3-6	測線示意圖	3-18
圖 3.3-7	音束寬度、足印與水深取樣的關係	3-18
圖 3.3-8	Reson 9001 橫向與縱向足印之示意圖	3-19
圖 3.3-9	覆蓋率與測線間距對照圖	3-20
圖 3.3-10	測帶夾角與測帶寬度示意圖	3-21
圖 3.3-11	測帶寬度與水深變化對照圖	3-22
圖 3.3-12	單音束、多音束、側掃聲納系統之探測涵蓋範圍比較 圖	3-23
圖 3.3-13	側掃聲納系統作業示意圖(一)	3-23
圖 3.3-14	側掃聲納系統作業示意圖(二)	3-24
圖 3.3-15	航跡圖	3-26
圖 3.3-16	等深線圖	3-26
圖 3.3-17	三維立體彩色圖	3-26
圖 3.3-18	二維水深網格圖	3-27
圖 3.3-19	水深陰影圖	3-27
圖 3.3-20	三維立體網面圖	3-27
圖 3.3-21	兩岸棲測量輪車說明	3-30
圖 3.3-22	平底雪橇(SLED)	3-31

圖 5.1-1	土方計算原理說明圖	5-1
圖 5.2-1	土方量計算說明圖	5-2
圖 5.3-1	不足土方量計算說明圖	5-3
圖 5.4-1	DGM 土方計算原理.....	5-4
圖 5.4-2	DGM 土方計算操作流程.....	5-4
圖 5.4-3	DGM 土方計算網格間距及可能土方量誤差範圍比較	5-6
圖 5.4-4	DGM 土方計算網格間距及土方體積比較	5-7
圖 5.4-5	SUEFER 土方計算操作流程.....	5-9
圖 5.4-6	SUREFR 網格間距及土方計算比較_Simpson 積分法	5-12
圖 5.4-7	SUREFR 網格間距及土方計算比較_Simpson3/8 積 分法.....	5-12
圖 5.4-8	SUREFR 網格間距及土方計算比較_Trapezoidal 積 分法.....	5-13
圖 5.4-9	HYPACK 不規則三角網土方計算操作流程.....	5-15
圖 5.4-10	HYPACK 不規則三角網土方計算操作流程	5-16
圖 5.4-11	HYPACK 不規則三角網法土方計算結果比較	5-18
圖 5.4-12	HYPACK 平均剖面法土方計算結果比較.....	5-20

表 目 錄

表 1.3-1	執行情形說明	1-4
表 3.1-1	美國工兵署水深測量之最低標準.....	3-2
表 3.2-1	公共工程委員會施工綱要之水深測量定位精度要求 ..	3-3
表 3.2-2	公共工程委員會施工綱要之水深測量測線要求	3-3
表 3.2-3	公共工程委員會施工綱要之水深測量垂直精度要求 ..	3-3
表 3.2-4	公共工程委員會施工綱要之水深測量一般要求	3-3
表 3.2-5	公共工程委員會施工綱要之浚挖作業及精度要求.....	3-4
表 3.3-1	單音束測深儀規格比較範例(一).....	3-5
表 3.3-2	單音速測深儀規格比較範例(二).....	3-6
表 3.3-3	單音速測深儀規格比較範例(三).....	3-7
表 3.3-4	淺海用多音束測深儀功能規格比較範例	3-8
表 3.3-5	船隻姿態收集器功能規格比較範例	3-11
表 3.3-6	水深、測帶夾角及測帶寬度對照圖	3-21
表 3.3-7	不同狀況下水深測量誤差預估表.....	3-28
表 3.3-8	檢核測線精度評估表.....	3-29
表 4.1-1	世界各國海道測量人員訓練課程現況.....	4-3
表 5.4-1	DGM 土方計算之網格間距對照表	5-5
表 5.4-2	SURFER 土方計算結果表	5-11
表 5.4-3	HYPACK 不規則三角網法土方計算結果表.....	5-17
表 5.4-4	HYPACK 平均剖面法土方計算結果表	5-19

第一章 前言

1.1 研究背景及目的

台灣四面環海，海岸各項議題：港口航運及建設、海洋觀光、生態保育、資源開採、潮間帶復育、海岸保護、海埔新生地、環境影響評估…等，都需要依賴海域水深測量所提供之資訊為基礎，特別是在人工結構物構築時、浚挖時及需掌握航道水深時，對水深測量之要求更為迫切。本篇針對『港灣水域及海岸工程水深測量(含浚挖)技術』進行研究及評估。

有鑑於我國公共工程委員會僅提供水深測量規範的原則，各港灣主管單位的水深測量規範並不相同。隨著水深測量儀器及技術的日異月新，各港務中心面對國際化港灣及海岸工程水深測量的作業要求及規範不盡相同，為減少港灣航安、浚挖及海岸工程施工引發的糾紛，本研究本篇針對水深測量，參考公共工程委員會、交通部科技顧問室、國內各港務局及美國工兵署的作業規範，草擬『港灣水域及海岸工程水深測量』的水深測量作業規範，希望提供各項港灣水域、浚挖及海岸工程水深測量的參考依據。

自 1998 年國際海測組織(International Hydrographic Organization, IHO)發布第四版” IHO 海道測量規範 ”以來，世界各國相繼依據此標準，擬定與海上航行安全、港灣浚挖及海岸工程建設有關之水深測量規範。目前國內相關之海道測量規範研究為 1995~1996 年之成果，已無法滿足國內海域水深測量標準之需求。本所港灣技術研究中心目前負責整合交通部為海上航行安全所需之水深及港口附近之海氣象資料，為整合不同單位所測量之水深相關資料，蒐集品質達到國際標準之水深相關資料，有一套相同之水深測量作業標準是絕對必要且迫切的。另為減少委託浚挖之甲乙雙方對於浚挖土方量認定之糾紛，對於多種商用土方計算軟體工具進行精度評估，則是較務實之做法，因此本

所擬研擬水深測量規範，以便日後各港務局及海岸工程相關單位有一套標準作業及品管的程序可以遵循。

規範的執行需要配套措施，人員訓練與証照制度的搭配合作，本文研究各國的海測教育訓練及海測証照制度，並建議規範執行之配套措施，作為未來發展的規劃方向。

1.2 工作範圍及研究方法

本案之工作範圍：1.水深測量規範問題探討。2.水深測量規範評析。3. 水深測量人員培訓。4.土方計算及應用軟體探討。5. 草擬港灣水深測量標準作業程序。6. 草擬港灣水深測量作業規範。

本研究將蒐集、研究及分析國內外港灣及海岸工程水深測量、疏浚測量有關之作業規範，並針對公共工程委員會及各港務局特有需求及實務應用，草擬適合港灣及海岸工程水深測量、疏浚測量之作業規範，期望藉由本規範的擬定以利提供高精度及多用途的水深資料。本案的研究方法方為四個階段：1.水深測量規範蒐集。2.現況需求分析。3.規範之研究及應用。4.擬定草案。

1.2.1 水深測量規範蒐集

港灣及海岸工程水深測量對於的潮位基準、量測方式及資料內容的需求及應用都不盡相同，所以本階段將廣泛蒐集國內外之港灣及海岸工程水深測量、疏浚測量等規範，並且針對儀器精度、施測方式、作業程序、平面及高程坐標基準、海上定位及測深方式、系統改正、資料品管及精度評估等項目進行分析比較。

1.2.2 現況需求分析

本案需求範疇初步規劃時局限於為港灣水域水深測量及疏浚測量，另為考量港灣工程及海岸工程相關之施工測量，因此將本案延伸至港灣及海岸工程水深測量。另外為了廣納各相關單位及業界遭遇之間

題及對策，本案採用座談諮詢會議的方式瞭解目前有關單位水深測量的實務經驗及遭遇的困難，並且討論現行規範與合約。未能參加諮詢會議的有關單位以問卷調查方式，可補充水深測量的實務經驗及遭遇的困難，統計之結果可做為水深測量規範的參考依據。

1.2.3 水深測量規範之評析

航道安全、浚挖工程、海洋放流管、海底管線及電纜、突堤、防波堤及各種海岸人工結構物等，由於水深測量的應用層面不同，其測量項目、測量方法等都有些不同，在本階段將整合各有關單位需求分析，並且探討應用層面與規範之關係。進一步由國內外相關水深測量規範，配合各相關單位的有實務經驗諮詢會議，研究及評估適合國內現況的問題及可行性方案。針對的主題涵蓋合約糾紛事件、水深測量儀器及可達到相關的精度標準、作業流程標準、海測人員之訓練、發包測量之監督及驗收機制和測量成果繳交之標準化等課題。

1.2.4 水深測量草案之擬定

本階段依照需求分析及應用領域的研究結果，規範其水深測量精度需求、標準水深測量作業程序(包含使用儀器、資料處理、資料品管、詮釋資料建立等)、水平及高程基準、水平定位、水深量測、浚挖土方計算、海岸工程測量等。綜合國內外相關水深測量規範及相關單位的實務經驗訂定適合國內現況的港灣及海岸工程水深測量規範。

1.3 執行情形及報告內容

1.3.1 專案執行情形

本專案已完成港灣水域水深測量之研析，擬定『港灣水域水深測量規範(草案)』，建議規範執行之配套措施，各工作項目完成期程如表 1.3-1。

表1.3-1 執行情形說明

工作項目 \ 月份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
蒐集及評估港灣及海岸工程水深測量規範相關資料								
配合工作召開諮詢會議								
配合工作進行問卷調查								
撰寫港灣及海岸工程水深測量研究報告								
期中報告								
撰寫港灣及海岸工程水深測量規範草案								
期末報告								

期中報告及期末報告分別於 92 年 7 月 15 日及 92 年 11 月 12 日辦理，期末會議委員意見及處理說明可參照附錄 E。

1.3.2 報告內容

第一章說明本案研究目的、工作項目及期程。第二章以發行問卷及召開工作諮詢會議的方式探討國內水深測量技術與制度問題。第三章探討國內外水深測量規範。遵照委員意見增加人員訓練及制度配套

措施之研究，第四章為水深測量人員培訓課程內容及制度之評析。第五章研究土方計算原理及軟體選用。第六章撰寫水深測量標準作業程序之建議。第七章為結論與建議。

第二章 水深測量技術與制度問題諮詢與探討

2.1 第一次諮詢工作會議

92 年 6 月 18 日召開第一次諮詢工作會議，本次會議由產官學界雙方提出實務經驗及問題，各方面的專家提供精闢的見解及討論方案的可行性，會議記錄及結論回應可參照附錄 C。目前由實務經驗產生的問題及可行性方案如下：

問題一：

公共工程委員會或其他有關單位權責機構的水深測量規範，不足以解決目前的實務上的浚挖工程及水深測量的合約糾紛。

●可行性方案：

制定更為適用目前儀器及技術的規範，並且符合國際化之規範，包含：測量標準之訂定、作業標準化、測量人員之訓練、發包測量之監督及驗收機制、測量成果繳交之標準化等

問題二：

水深測量工作的監督及驗收工作出現球員監裁判的現象，即使委託第三方(其他測量公司)執行，也難以避免利益輸送的可能性。

●可行性方案：

水深測量工作的監督及驗收工作委託公正第三方，可由以下單位擔任：1.學術單位。2.政府主管機關專職單位(註 1)。3.雙方認同的專業水深測量技師(註 2)。

註 1：水深測量專職單位能較夠符合公正性原則，但目前尚未成立專責機關。

註 2：水深測量技師的檢定及教育訓練尚未有適當的機制。

問題三：

水深測量工作的監督及驗收機制不明，驗收項目、方式、費用及程序皆未有準則規範。

●可行性方案：

監驗：監督人員全程陪同，依照水深測量規劃書工作及標準監驗程序(SOP)，監督儀器校正、現場測量、資料處理、軟體及參數使用和成果輸出等。監督員的職責在於確認資料品質、協助建立詮釋資料，工作項目與品質保證專員內部稽核類似，所需經費較高。

抽驗：選擇 5%~10%測線資料，使用獨立且同等或較高等級之儀器重新測量檢驗資料的正確性。工作項目與品質保證專員外部稽核類似，所需經費依照驗比率而定，一般來說所費用較監驗為低。

問題四：

浚挖工程及水深測量資料的時效性因水域地點不同受到不同因子影響，常見的因素如：回淤現象及季節風(或颱風)。而行政流程與現場實況的變化造成的地形改變效應，也是合約糾紛常見的問題。

●可行性方案：

技術上：使用多音束聲納或更先進的儀器可提升資料密度和縮短水深測量所需時間。

行政流程上：1.分區或分段驗收可減少完工至驗收期間回淤及邊坡效應造成的差異。2.季節風前後重新測量以重新評估後續工作，依照每年颱風數預先保留加測預算。

問題五：

浚挖工程的風險來自業主公告的資訊有時效性及行政上遲滯性

，目前皆由廠商自行評估和自行吸收，也是合約糾紛成因。

●可行性方案：

制度上：應考慮「施工前甲乙雙方進行會測可解決時效問題，另一造成問題係在颱風季節中，因颱風帶來大波浪、海流將海床面整體淤積或侵蝕之因素，需另立規範解決。對於資料庫之建立用以推斷，僅可做設計數量之估計，不可做給價之依據」。

技術上：如浚挖傳自備測量儀器，隨時得到最新之海床面，可減少回淤之爭議。另一方式則可在施工區域外一定範圍進行整體測量，以瞭解海床變化，作為侵蝕與淤積之推斷。

問題六：

國內水深測量資料的驗收品質難以控制，其基本原因是委外承辦人員及水深測量相關從業人員缺乏最新的資訊。即使有適用國際化的規範標準，相關從業人員也要有足以執行的技術及能力。國內缺乏專責單位訓練有心從事水深測量工作，對於已具備能力者也無法給予檢定執照。

●可行性方案：

為提升水深測量資料品質，除了由規範要求著手，配套性措施亦是不可或缺，提升水深業務承辦人員及現場從業人員的專業技能人員是最根本的方法，由於國內缺乏專責單位管理水深測量教育訓練及執照檢定，因此成專責單位管理教育訓練及執照檢定為首要之務，可採用委託學術單位或有公信力的社團法人代為訓練。

問題七：

由於目前水深測量工作的監驗或抽驗工作費用並未單獨列出，監驗常由甲方自行判定，即時由丙方協助檢定驗收，因丙方的選擇權由乙方操控，其檢驗的客觀性常引起質疑。

●可行性方案：

不論水深測量監測的費用經由甲方付出或經由乙方付出(由工程款內吸收)，丙方的選擇權應由甲方主導。

2.2 第二次諮詢工作會議

9月25日召開第二次諮詢工作會議，會議記錄及結論回應可參照附錄D。

2.3 問卷調查統計及結果

問卷調查內容及結果可參照附錄B，回收有效樣本24份，簡要的結果歸納為以下：

1. 港灣水域水深測量規範可由交通部彙整公佈即可。
2. 港灣水域水深測量規範應符合船隻航行安全訴求之國際海測組織(IHO)水深測量規範，及工程及設計訴求之美國工兵署(USACE)水深測量規範綜合上兩者之精神訂定之。
3. 水深測量規範不一致不會引起認定問題或合約糾紛，但業主需訂定標準或參考相關規範。
4. 港灣水域水深測量或疏浚測量之驗收作業應標準化。
5. 針對水深測量人員及承辦人員開設水深測量之訓練或講習有其迫切性。
6. 港灣水域水深測量之水深/高程基準同時兼有基隆中潮系統及當地最低低潮位面。
7. 港灣水域水深測量之座標基準為 TWD97。
8. 港灣水域水深測量視測區範圍調整比例尺。

9. 港灣水域或海岸工程水深測量可考慮使用多音束測深系統來配合傳統單音束測深。
10. 公共工程委員會所頒佈「施工綱要規範」中「施工測量及水深測量」之內容需再詳細說明以供水深測量需求規範之參考依據。
11. 港灣水域水深測量或疏浚測量，加入丙方協助監督及驗收(需另編經費支付丙方)機制原則上可行但配套性運作機制應仔細考量。
12. 疏浚測量之土方計算之方法及軟體使用差異，易因甲乙方之認定不同，而產生爭議，其解決之方法有兩種：
 - (1)採用廣泛使用之商用軟體，經測試後，以為日後甲乙雙方採用之依據。
 - (2)先進行示範作業，以充分了解測量及土方計算可能產生之容許誤差。
13. 港灣水域水深測量或疏浚測量合約認定問題或糾紛的可能原因依序為：
 - (1)測線密度不足。
 - (2)海床變化劇烈使水深量測有時效性。
 - (3)使用軟體計算及繪圖之差異、水深內插演算法差異、缺乏第三方公正單位對成果的檢核或人員訓練不足。
 - (4)儀器精度不足。
 - (5)海床未全覆蓋(full coverage)。
 - (6)施工前後時間已過難以追溯。
 - (7)水深內插演算法參數設定造成之差異。
 - (8)其他因素。

第三章 水深測量規範評析

3.1 國外港灣及海岸工程水深測量規範蒐集及評述

IHO『國際海道測量標準』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、水深量測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。其海道測量等級分為四級：特等水域、一等水域、二等水域及三等水域，各等級水域之區分方法是以船隻航行安全為主要考慮因素，與本計畫基於港灣及海岸工程、疏浚測量與浚挖土方計算之目標，有些差異。而美國海洋及大氣總署(NOAA)之海道測量標準(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。

美國工兵署(U.S. Army Corps of Engineers, USACE) 之海道測量標準(Hydrographic Surveying)除了上述分項規定，尚包括海岸工程及疏浚水深測量及土方計量的相關規範。因此本章節將依據國際間所擬定之海道測量規範，整理分析有關定位及測深之規範、水平及高程基準要求、資料品管及測深精度分析、其他相關調查等項目。同時盡可能廣泛的蒐集水深測量所用相關之儀器現況、施測方式與標準作業程序等資料。美國工兵署水深測量之最低標準可參閱表 3.1-1。

表 3.1-1 美國工兵署水深測量之最低標準

工作分類	導航及疏浚測量		其他港灣工程 水深測量
	硬底質	軟底質	
精度分級	工程特等	工程一等	工程二等
垂直(高程/水深)量測精度(95%信賴程度)			
機械法(水深<5m)	±8cm	±8cm	±15cm
音響法(水深<5m)	±15cm	±15cm	±30cm
音響法(水深 5 至 13m)	±30cm	±30cm	±60cm
音響法(水深>13m)	±30cm	±60cm	±60cm
特徵物/淺灘偵測能力			
最小特徵物尺寸(95% 信賴程度)	>0.5m ³	>1m ³	非必要
最少音響測深點數	>3	>3	非必要
水平定位精度(95%)	<2m	2m	5m
特徵物之水平定位精度(95%)			
圖面水深值	2m	5m	5m
固定之平面特徵物	3m	3m	3m
固定輔助導航裝置	3m	3m	3m
浮動輔助導航裝置	10m	10m	10m
補強控制測量精度			
水平控制	三等	三等	三等
高程控制	三等	三等	三等
測量密度	100%底床量 測	測線間距 <60m	測線間距 <150m
品管/品保條件			
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	強迫	視需求而定 (多音束測深)	選擇性
最大容許偏差(bias)	±3cm	±6cm	±15cm

資料來源：U.S. Army Corps of Engineers, 2002

3.2 國內港灣及海岸工程水深測量規範蒐集及評述

3.2.1 公共工程委員會施工綱要規範之水深測量規範蒐集及評述

第 01725 文件施工測量適用陸域施工測量及水準點引測。第 01726 文件水深測量規範包含位定位、測深及和計量及計價部份，其中定位精度的要求依照儀器而設計，可參照表 3.2-1。有關測線間距可參照表 3.2-2，垂直檢線的間距則為測線間距的 5 倍。水深精度要求可參照表 3.2-3。其餘相關一般要求可參照表 3.2-4。

表3.2-1 公共工程委員會施工綱要之水深測量定位精度要求

儀器	精度要求
經緯儀	導線 300m 以內小於 20" 導線 6000 m 以內小於 10"
衛星自動定位系統(GPS 系統)	2m

表3.2-2 公共工程委員會施工綱要之水深測量測線要求

測量用途	測線間隔
船席	5m
泊地及其他	10m
航道	橫斷面 10m
外港錨泊區	20m

表3.2-3 公共工程委員會施工綱要之水深測量垂直精度要求

水深	垂直精度要求
0-30m	0.2m
30-100m	0.5m
100m 以上	水深之 1% (原文件為 10%，應修正之)

表3.2-4 公共工程委員會施工綱要之水深測量一般要求

一般要求項目	要求內容
船速	6~8km/h
波高	50cm 以下或使用湧浪補償器(Heave)
驗潮站與測區距離	10km 內
測深板校核	水深 20m 以內每 2m 做一次 水深 50m 以上每 5m 做一次

第 02325 文件浚挖之要求可參照表 3.2-5，計量時超挖之土方不予計算，計價以實收土方計算。

表3.2-5 公共工程委員會施工綱要之浚挖作業及精度要求

要求項目	要求內容
測線間隔	10m
邊坡誤差	小於 30cm
底床誤差	小於 50cm
基床之底床深度	小於 30cm
基床之寬度	每側+2m
基床之邊坡深度	小於 30cm

第 02326 文件浚填時只計浚挖量不計浚填量，完工時高程誤差為 30cm 內。

3.2.2 其他港口之水深測量規範蒐集及評述

各港務局的水深測量業務遵循公共工程委員會施工綱要規範，依照實際需求調整。由於其規範為基本的最低要求，精度的訂定也分別以獨立系統為區分，定位系統及測深系統各自有獨立的標準，垂直檢核線用於檢核綜合誤差反而未訂定標準。基於海域測量的不確定性及多變性，伴隨儀器的日新月異，在不容易檢核及難以 100%驗證的情況下，資料的檢核以 95%信賴程度的統計學概念符合國際性間之現況。

基於航行安全要求及工程精度要求，100%覆蓋的水深測量是未來的趨勢，多音束聲納及側掃聲納之規格需求及延伸的配套措施，例如：系統改正、資料品管及精度評估等規範，都需要新的修正標準。

3.3 港灣及海岸工程水深測量研究報告

3.3.1 港灣及海岸工程水深測量儀器規格

與港灣及海岸工程水深測量相關各廠牌軟體之規格範例如下：

1. 測深儀種類(Single-beam, Multi-beam echo sounder)

測深儀依用途可以分為海底地形測量用及魚群探測用，本計劃敘述前者之類型。測深儀若依資料收集方式來分，則可分為單音束及多音束測深儀。若以量測深度範圍來分則可分為淺海用(至 500M)、中海用(至 2500M)及深海用(至 12,000M 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。港灣水深測量僅用到淺海用測深儀。

2. 單音束測深儀

單音束測深儀可為單頻或雙頻，其每次只可量測得一個水深值，隨著測量船隻移動可得測線水深。在提供足夠密度測線水深資料後，可以內插方式繪製等深線，以了解地形變化的趨勢，這對海岸工程之規劃設計或海岸變遷之研究等工作有極大的幫助。單音束測深儀規格比較範例可參閱表 3.3-1~表 3.3-3。

表3.3-1 單音束測深儀規格比較範例(一)

	Simrad EA300P (單頻)	Simrad 501P (單頻)	Ocean Data Bathy-1000 (雙 頻)
音鼓頻率	標準 200 kHz (或 27,30,33,38,49,70,120 KHz)	38,49,120,200 或 710kHz	高頻 100,200 kHz 低頻 3.5,12,24, 33,40 kHz
輸出功率	120 kHz 及 200 kHz 為 500W 小於 70 kHz 為 1000W	250W	max 2kW
群脈波長度	120 kHz 為 0.1msec 200 kHz 為 1msec 其他頻率 0.3 及 1msec		0.2-25msec
測深範圍	200 kHz 為 500m 以內 120 kHz 為 750m 以內 70 kHz 為 1200m 27-40 kHz 為 1500m	38 kHz 為 >800m 200 kHz 為 300m	4 kHz 為 6000m 12 kHz 為 5000m 24 kHz 為 2000m 33 kHz 為 1400m 40 kHz 為 1000m 100 kHz 為 500m 200kHz 為

			250-350m
最淺測量深度	0.5m	38 kHz 為 2m 200 kHz 為 0.3m	0.5m
測深解析度	小於 100m 為 1cm 大於 100m 為 10cm	1cm	
測深精度			100m 以內為± 10cm 100-6000m 為± 0.3%水深
音束最高更新率	10 次/sec	10 次/sec	
音束束寬	200 kHz 為 7		4 kHz 為 60 12 kHz 為 18 24 kHz 為 22 33 kHz 為 21 40 kHz 為 20 100 kHz 為 9 200 kHz 為 3 或 10

表3.3-2 單音速測深儀規格比較範例(二)

	Marimatech E-Sea Sound 103 (單頻或雙頻)	Knudsen 320M (單頻或雙頻)	Baytheon DE719D MK2 (單頻)
音鼓頻率	35(或 33KHz)·200(或 210 KHz)50 KHz	3.5-50 KHz 200 KHz	標準 200 KHz 選擇(204-210 KHz)
輸出功率		1000W	500W
群脈波長度		16ms	
測深範圍	1600m	2000m	160m
最淺測量深度	0.5m		
測深解析度	1cm	1cm	
測深精度	38 kHz 10cm± 0.1%水深 200 kHz 1cm± 0.1%水深		± 0.5%水深
音束最高更新率			
音束束寬			標準 10 選擇 3

表3.3-3 單音速測深儀規格比較範例(三)

	Allied Signal ELAC Nautik LAZ 4100 (單頻或雙頻)	Allied Signal ELAC Nautik LAZ 4721
音鼓頻率	200 及/或 30 kHz	12,15,20,30,50,100,150,200 kHz
輸出功率	30 kHz 為 75W 200 kHz 為 85W	250W 至 10kW
群脈波長度	30 kHz 為 0.7ms± 0.20ms 200 kHz 為 0.3ms± 0.15ms	
測深範圍	30 kHz 至 315m 200 kHz 至 63m	12 kHz 為 3800-12000m 15 kHz 至 6000m 20 kHz 至 5000m 30 kHz 為 2000-300m 50 kHz 為 1000-1800m 100 kHz 至 500m 150 kHz 為 200-300m 200 kHz 至 200m
最淺測量深度		50 kHz 為 0.3m 200 kHz 為 0.1m
測深解析度		
測深精度	± 0.25%之設定最大水深	± 0.25%之設定最大水深或 20℃水溫時為± 5cm
音束最高更新率		1-8 次/sec 依選擇之 水深範圍而定
音束束寬		依頻率及船體材質等因素用不 同音鼓，其束寬亦不同

3. 多音束測深儀

為了增加一次可量測的水深值，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° — 1.5° 。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° 。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 3.3-1。多音束測深儀依可測量之深度而分為淺海用(0-100m)、中海用(3-1000m)及深海用(10-12000m)。淺海用多音束測深儀功能比較可參閱表 3.3-4。

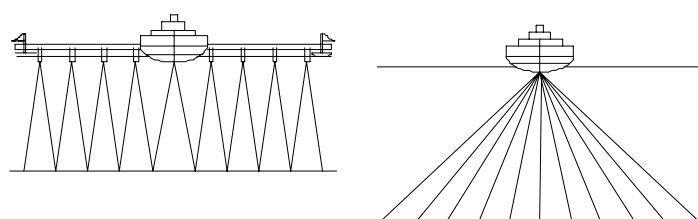


圖 3.3-1 垂直式與扇形式多音束測深儀

表3.3-4 淺海用多音束測深儀功能規格比較範例

	Reson SeaBat 9001	Simrad EM 3000	Simrad EM1000	Reson SeaBat 8101
音鼓頻率	455 kHz	300 kHz	95 kHz	240 kHz
測深範圍	約 70m	約 100m	約 1000m	約 300m
最淺測量深度		小於 1m	2m	
音束總數	60 個	128 個	120 個	100 個
測帶夾角	90°	120°	150°	150°
測深解析度	5cm	1cm	2cm	5cm
音束束寬	1.5°	1.5° × 1.5°	1.25°	1.5°
音束最高更新率	15 次/sec	50 次/sec	4 次/sec	30 次/sec
測深精度		5cm		
音束陣列安排方式	扇形	扇形	扇形	扇形
音鼓空氣/水中重量	18/5.5kg	130/95kg		25/10kg

4. 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(1)傳統之經緯儀前方交會(2)電子測距經緯儀(total station)角邊混合量測法(3)自動追蹤角邊混合量測法(4)電子定位儀(electronic positioning system)法，(5)DGPS 定位法。在離岸 5-50 公里則可採第(4)及(5)法，超過 50-1500 公里則可採 DGPS 定位法。由此可知 DGPS 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。加上內政部地政司衛星測量中心廣設 GPS 衛星追蹤站，利用 GPS 重測一至二等

三等點，且已採用 GPS 之 TWD97 坐標基準，來取代傳統台灣地圖之 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 技術已發展成熟，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：

(1) 經緯儀前方交會法：

在岸邊設立二至三個平面控制點，於同時間量測已知點至船位之水平夾角，以進行前方交會計算，獲取船位之平面座標。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。

(2) 電子測距經緯儀角邊混合量測法：

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，然後量測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座標，其定位精度約在 0.4 至 1.8 公尺範圍。

(3) 自動追蹤角邊混合量測法：

與(2)法原理相同，唯此法採用雷射量測並能自動追蹤，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，而其定位座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。

(4) 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。

(5) DGPS 定位法：

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。且其定位精度依 GPS 接收儀設備內容之不同，可以分為三種：(a)公分級，(b)1-3 公尺，(c)5-10 公尺。

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。海上定位設備以全自動追蹤之角邊量測定位儀(例如：Geodimeter，Atlas Polartrack 等)，或電子定位儀(例如：MRD4，Micro-fix，Hyper-fix 等)，或差分式全球定位系統(DGPS)，並自動記錄資料，平面位置誤差應小於 2 公尺。

5. 船隻姿態收集器及湧浪補償器(Motion sensor & heave compensator) 與航向儀(Gyrocompass)

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)。前後傾斜及左右幌動會使音鼓量測得之距離為斜距而非垂直距離，除非音鼓固定在船隻重心上，此也會使定位系統量測得之水平位置與水深量測點之水平位置產生偏差量。也就是說測深儀音鼓應固定於船隻重心上，否則應該量測前後傾斜及左右幌動之角度，以進行量測水深及水平位置之修正。另外縱使音鼓安裝於船隻重心上，船隻受到波浪等因素影響，而使水位升降之效應仍然存在，至少需以湧浪補償器(heave compensator)之量測資料來加以修正，單音束測深儀常需配合此設備來進行水深測量。至於採用多音束測深儀時，因每次量測得水深橫斷面非為點位水深，此水深橫斷面受前後傾斜、左右搖擺影響，音鼓外側音束所量得之斜距必須換算為垂直距離且需以船隻水平位置、音束與垂線夾角及船隻航向來換算為正確之水深量測點之水平位置，因此需具備有同時量測航向(heading)、前後傾斜、左右搖擺之角度及上下起伏高度之設備。船隻姿態收集器(motion sensor)依不同的設計可得到不同的觀測量，較

完整的應包含前後傾斜、左右搖擺及上下起伏觀測量，另有部份設備也同時加裝磁方位量測。然而磁方位量測設備易受船體金屬材質影響，大多另外配備陀羅儀式的航向儀(gyro-compass)。船隻姿態收集器之功能規格比較範例可參閱表 3.3-5。

表3.3-5 船隻姿態收集器功能規格比較範例

	TSS DMS-05	Seatex MRU-5	Seatex MRU-H	TSS 335B
上下起伏分量				
量測範圍	± 10m	± 50m(可調整)	可調整	± 10m
數位量測解析度	1cm	0.1cm RMS		1cm
動態量測精度	5cm 或 5%	2%相對誤差加感測器雜訊	4cm 加感測器雜訊	5cm 或 5%
加速度範圍	2g (垂直方向)	3g	3g	2g (垂直方向)
感測器雜訊	<1cm RMS 在 0.05Hz	0.1cm RMS 在 0.03Hz	0.1cm RMS 在 0.03Hz	
過濾器頻寬	0.05-10Hz	0.03-10Hz	0.1-0.002Hz	0.05-10Hz
左右搖擺及前後傾斜分量				
量測範圍	± 30°	無限	無限	± 50°
固定方位範圍		無限	無限	± 30°
角度變化率範圍	100°/sec	150°/sec	90°/sec	100°/sec
數位量測解析度	0.01°	<0.01°	0.01°	0.01°
類比量測解析度	0.0003°	0.001° (10°範圍內)		0.025°
靜態量測精度	± 0.05°	± 0.04°(長期漂移)	± 0.4°RMS	± 0.05°
動態量測精度	± 0.05°RMS	± 0.05°RMS(固定於重心且角度為 5°)		± 0.1°RMS
雜訊	<0.01°RMS	0.01°RMS	0.25°RMS	<0.01°RMS
重量	2kg	2.5kg	2.5kg	8kg

6. 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；壓力每增加 100 m，聲速增加 1.7 m/sec。

一般而言，淺海用之單音速測深儀只輸入一組音速，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 公尺以淺之區域，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 3.3-2。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。

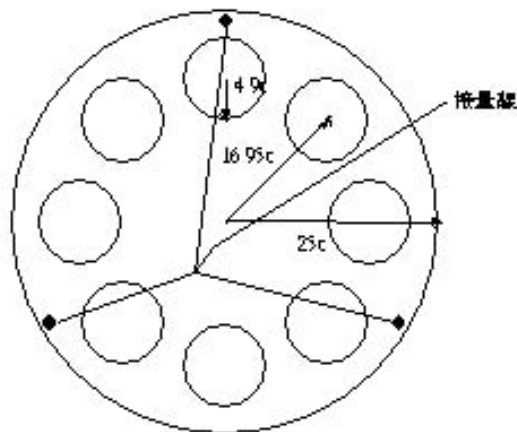


圖 3.3-2 典型測深校正板之參考形狀與尺寸

3.3.2 海測軟體(Hydrographic survey software)及資料處理軟體

使用單音束測深儀進行海底地形測量，其測線是等間距平行線。當使用多音束測深儀時需顧及測帶(swath)之間的重疊百分比，而測帶寬(swath width)常與水深有關，亦即測帶中心線與相鄰測帶中心線之距離並非等間距，因此測帶中心線必須依現有水深圖預先規劃其位置。為使測量船隻能依照事前規劃之測線行進，除了必須配備精度足夠之即時定位系統外，另需配備海洋測量軟體(hydrographic survey software)提供測線之規劃及顯示現有船位，以做為測量船隻導航之用。海洋測量軟體之另一個重要的用途是提供各種介面(interface)，能同步接收各種必要的感測器(sensor)資料，例如：測深儀定位系統、聲速剖面儀、船隻姿態收集器、船向儀等。為了同步接收各種感測器資料，海洋測量軟體必須使用較精確之同步計時器(time board)或在使用前將電腦之時錶(clock)重新設定。綜合以上討論分析，海測軟體及資料處理軟體至少應具備下列功能：

1. 背景圖數化及顯示。
2. 測線規劃：包含一般測線及運河(channel)測線規劃、測線切割(clipping)。

- 3.坐標基準轉換及地圖投影參數輸入及執行。
- 4.各種感測器設置之偏移量(offset)、吃水量(draft)及船隻形狀設定：偏移量是以船中心線及船重心為坐標系統。
- 5.進行潮位改正。
- 6.進行聲速改正。
- 7.與感測器間之介面測試。
- 8.進行船隻姿態改正：包含上下移動(heave)，前後及左右擺動(pitch & roll)改正。
- 9.各種感測器之聯接與資料同步收集、儲存及資料傳輸格式(baud rate, data bits, stop bits 及 parity, port 等)設定。
10. 列表機與繪圖機之連接與輸出。
11. 資料記錄儲存頻率控制：可依據資料更新頻率(update frequency)、距離、特定時間(event)、固定時間。
12. 測量現況顯示：包括船位、船速、水深、航向、測線、船隻姿態等資訊。
13. 剖面及其變化圖繪製。
14. 體積計算及等高線繪製。
15. 測深儀類比輸出(echogram)之數化。

3.3.3 港灣及海岸工程水深測量作業方法

各類型的水深測量的作業方法流程相似，可參照圖 3.3-3，隨著應用層面及使用測深儀器的不同，儀器的配置有些許不同。

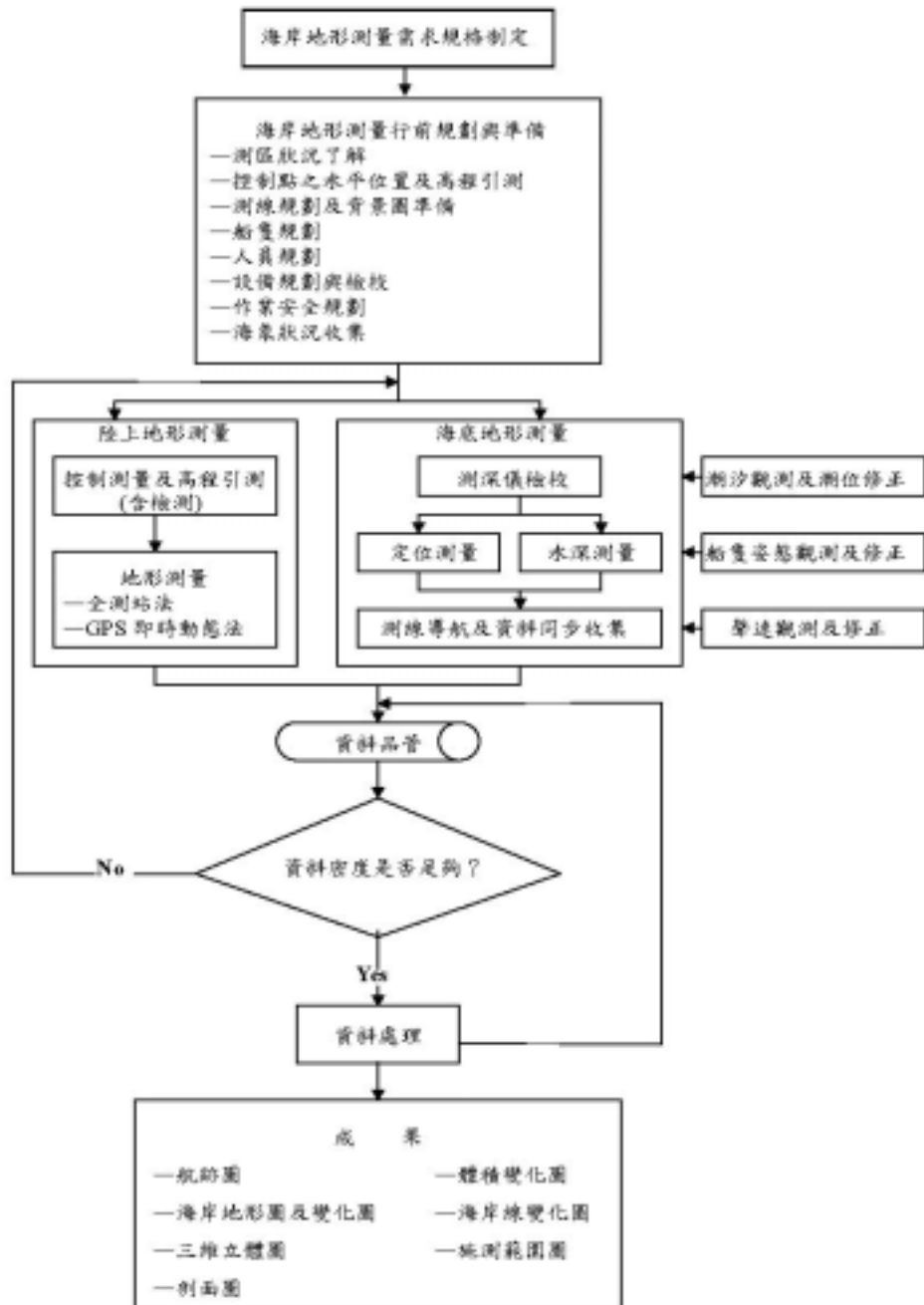


圖 3.3-3 海岸地形測量之流程圖

3.3.4 水深測量的作業方法

以儀器系統區分水深測量的作業方法，大致可分為定位系統、測深系統及修正整合系統，目前國內工程用定位系統以 DGPS 及 RTK 為主軸，測深系統可分為單音束測深、多音束測深系統、側掃聲納及空載雷射測深儀(Light Direction And Ranging, LIDAR)。修正整合系統必須配合測深系統的操作方式搭配適當修正感測器(Sensors)及軟體。海道測量方式之示意圖可參圖 3.3-4。其他極近岸之水深測量方法例如：美國工兵署之 CRAB 及 SLED 系統。



圖 3.3-4 海道測量方式示意圖

海底地形測量與陸上地形測量最基本的差異是資料擷取方法，一般陸上地形可依照地形的起伏特徵選擇具代表性的測量點。而海底測量時無法直視海床，因此以等距而密集的測量點取代特徵點的測量，可參照圖 3.3-5。大部份的海床傾斜率在 1/50 至 1/200 之間，坡度平緩，地形起伏的特徵點較陸上為稀疏。為了求得更精確的地形剖面，增加資料取樣密度縮短取樣時間及距離是最基本的方法，但不是最根本的解決之道，更多的水深資料確實可以更精確描繪海底地形的起伏，但增加後續資料處理的負擔。在儀器可以負荷極限下應儘可能擷取水深資料，但是如果因此而增加作業時間，反而造成人力、經費和其它資源的浪費亦無必要。

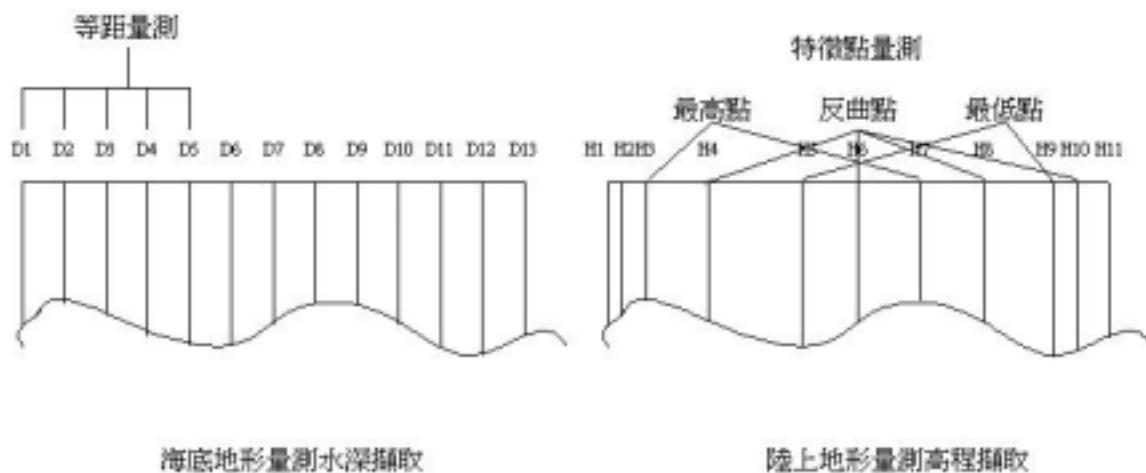


圖 3.3-5 陸上與海床地形資料擷取作業方式

測深儀隨著船隻移動擷取水深資料，一般為配合船隻作業保持固定航向，船隻完成一條測線即完成一條海床剖面線，將測量區域分為多條測量剖面線逐步完成可以得到完整的三維海床取樣面，一般測線配合船隻作業採用平行線，可參照圖 3.3-6。剖面測量線通常垂直海岸線或目標物，因測量用途而異或許有不同的航線規劃，單音束測深儀因用途而有不同的測線間距規定，全覆式系統(100% Coverage，多音束測深儀或側掃聲納)的測量常要求 30%至 200%的重疊，因橫掃寬度(swath width)與水深成正比，必須配合水深規劃測線間距。

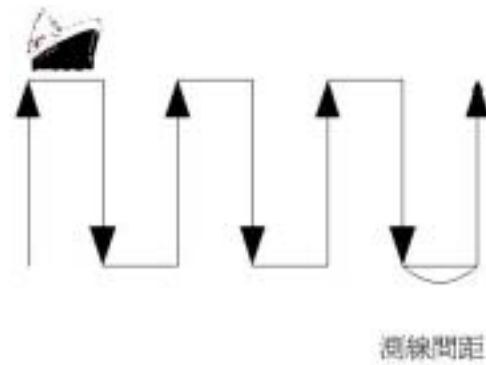


圖 3.3-6 測線示意圖

3.3.5 單音束測深作業方法

水深資料的取樣須具備當地海床的地形代表性，陸上高程的測量以特徵點為主，可以獲得資料量最少、取樣代表性最佳的成果。單音束測深儀隨著船隻移動擷取水深，水深量測點不一定座落在特徵點上，會影響後續內插處理時產生誤差，因此單音束水深測量應儘可能提高測線密度以縮小取樣間距。而船速、音束束寬與水深測量更新率會決定取樣間距的大小，當船速為 3 節，則每秒航行約 1.5 公尺，若以 EA501P 測深儀為例，其音束束寬為 7° 時，在水深 10 公尺的足印 (Footprint) 約 1.22 公尺。因此水深為 10 公尺且船速在 3 節以下，若資料自動記錄設為 1 秒，則單音束的足印在航跡下接近重疊，可以視為連續性的取樣測量，其示意圖可參閱圖 3.3-7。測量線的間距大小是單音束測深的主要取樣誤差因素。

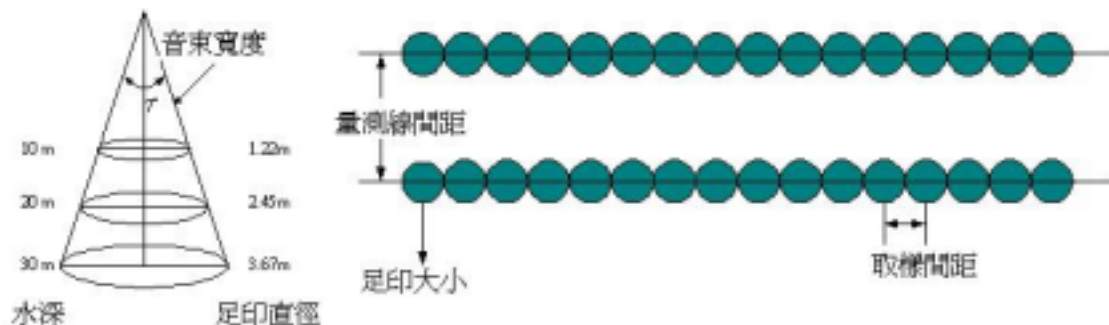
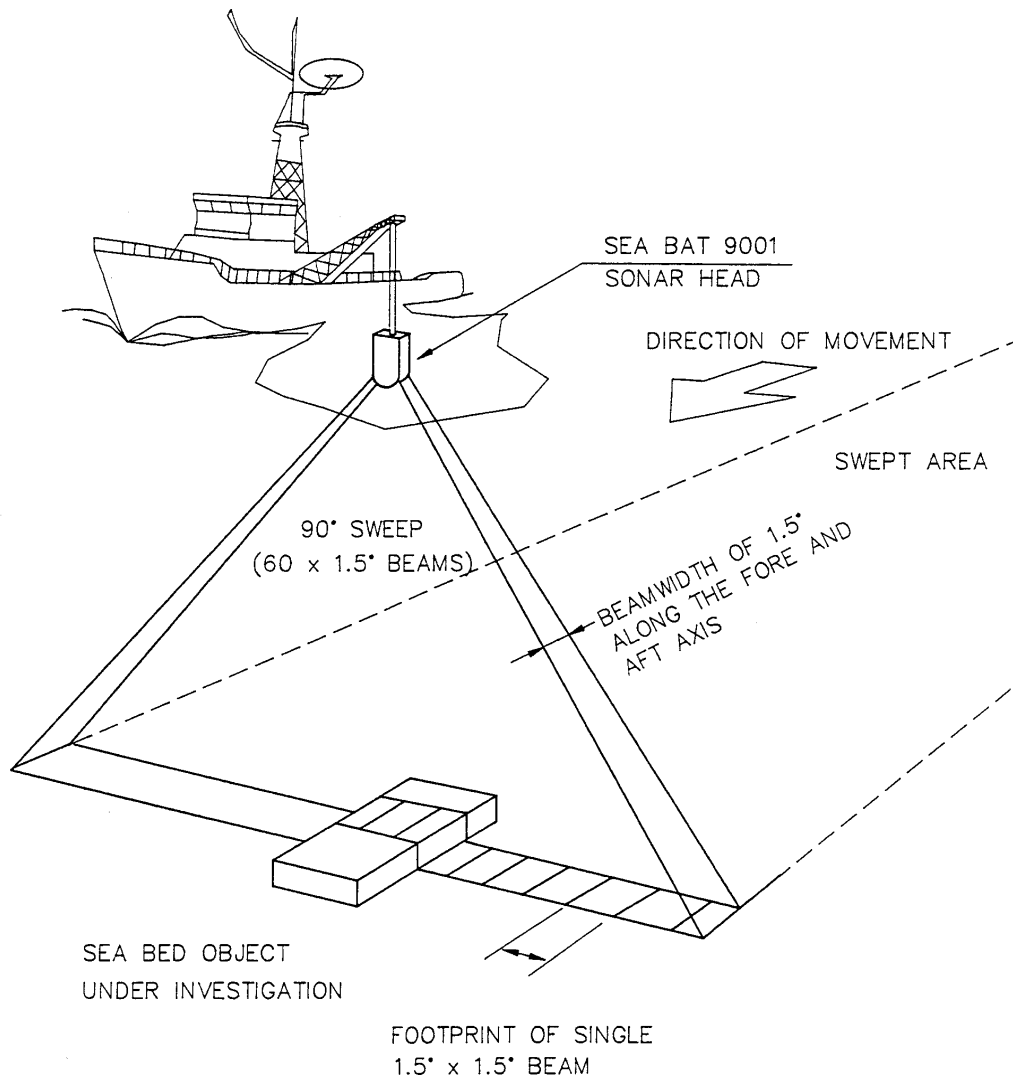


圖 3.3-7 音束寬度、足印與水深取樣的關係

3.3.6 多音束測深系統作業方法

多音束聲納的作業方式可參照圖 3.3-8，多音束聲納及側掃聲納系統通常要求 100% 以上的覆蓋率，測帶夾角通常有 90° 、 120° 及 150° ，但因實際有效測帶夾角的大小而影響測線間距及測量成本。多音束聲納的作業方式與單音束聲納相似，但規範要求更為嚴苛，單音束聲納可篩選適當的海象出海作業以減少船隻姿態所造成的誤差，唯多音束聲納則必須安裝船隻姿態收集器及航向儀以修正船隻姿態。



資料來源：Reson, 1997

圖 3.3-8 Reson 9001 橫向與縱向足印之示意圖

覆蓋率、測帶夾角、測線間距及測量成本四者息息相關。覆蓋率與測線間距的關係可參照圖 3.3-9，圖中 100%覆蓋率的測線間距為 200%覆蓋率的 2 倍，測線密度較低所需成本也較少。100%覆蓋率的重疊率為 0%，但測量單位通常會增加 10%~20%重疊率，以避免資料篩選後，覆蓋率不足的情況，重疊的資料也可提供給品管流程檢核。

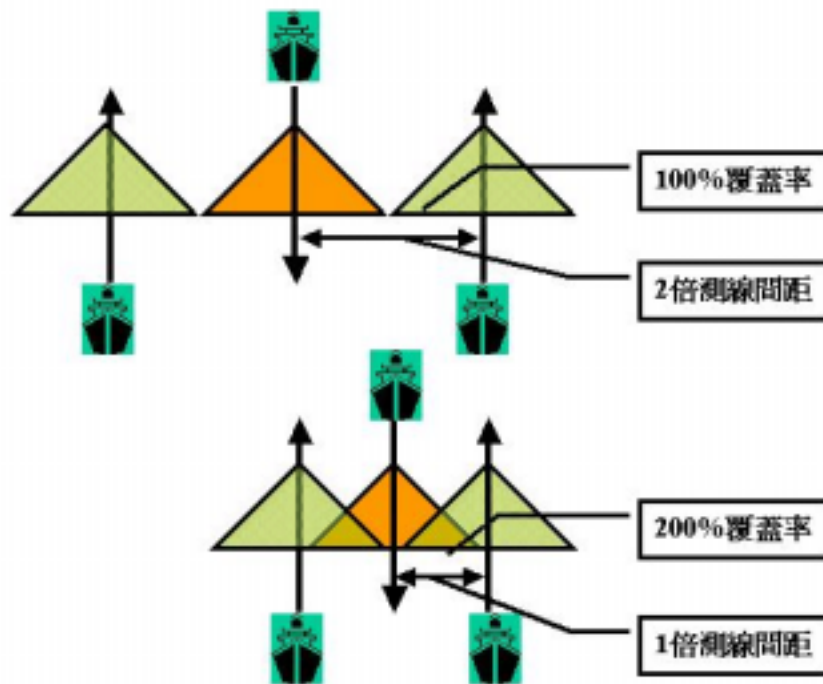


圖 3.3-9 覆蓋率與測線間距對照圖

測帶夾角為 90° 、 120° 及 150° 時與測帶寬度的關係可參照圖 3.3-10， 90° 時為水深 2 倍； 120° 時約為水深 7 倍； 150° 時約為水深 52 倍，圖中測帶夾角超過 90° 時，測帶寬度幾乎成等比級數增加，音束足印 (footprint) 迅速擴大，測量之資料應嚴格品管並且謹慎使用。水深、測帶夾角與測帶寬度的詳細數值可參照表 3.3-6，水深為 5~100 公尺、測帶夾角分別為 90° 、 120° 及 150° 。

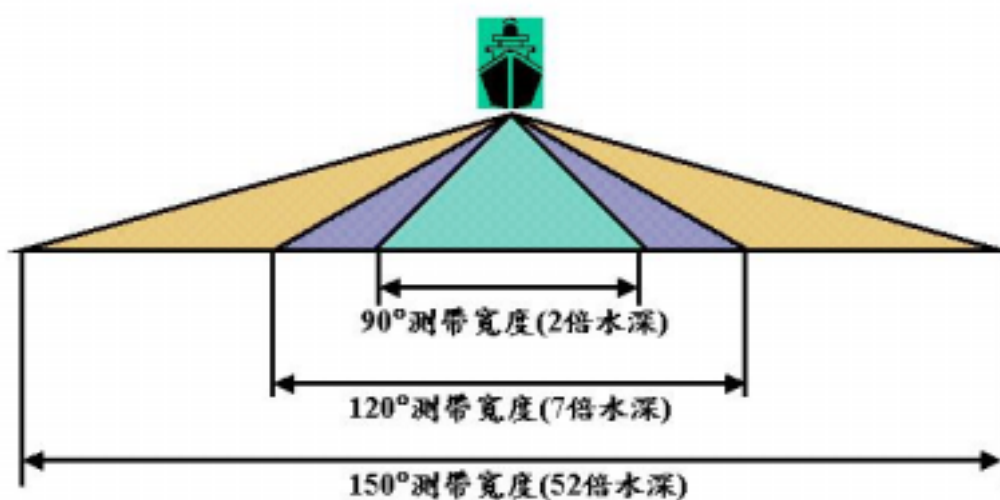


圖 3.3-10 測帶夾角與測帶寬度示意圖

表 3.3-6 水深、測帶夾角及測帶寬度對照圖

	90°	120°	150°
5 公尺	5 公尺	34.64 公尺	258.56 公尺
10 公尺	10 公尺	69.28 公尺	517.13 公尺
15 公尺	15 公尺	103.92 公尺	775.69 公尺
20 公尺	20 公尺	138.56 公尺	1034.26 公尺
25 公尺	25 公尺	173.21 公尺	1292.82 公尺
30 公尺	30 公尺	207.85 公尺	1551.38 公尺
35 公尺	35 公尺	242.49 公尺	1809.95 公尺
40 公尺	40 公尺	277.13 公尺	2068.51 公尺
45 公尺	45 公尺	311.77 公尺	2327.08 公尺
50 公尺	50 公尺	346.41 公尺	2585.64 公尺
55 公尺	55 公尺	381.05 公尺	2844.2 公尺
60 公尺	60 公尺	415.69 公尺	3102.77 公尺
65 公尺	65 公尺	450.33 公尺	3361.33 公尺
70 公尺	70 公尺	484.97 公尺	3619.9 公尺
75 公尺	75 公尺	519.62 公尺	3878.46 公尺
80 公尺	80 公尺	554.26 公尺	4137.03 公尺
85 公尺	85 公尺	588.9 公尺	4395.59 公尺
90 公尺	90 公尺	623.54 公尺	4654.15 公尺
95 公尺	95 公尺	658.18 公尺	4912.72 公尺
100 公尺	100 公尺	692.82 公尺	5171.28 公尺

測量成本與覆蓋率及測區面積成正，原則上測帶夾角越寬、測線間距越寬，所需測線數量減少，測量成本減低，但測帶夾角超過 90° 時，足印大小快速增加資料品質較差，品制管制非常重要，若要求精度較高可限制測帶角度 90° 以內的資料。

一般規劃測線時，測線垂直岸線，測帶寬度與水深成正比變化，圖 3.3-11 中測帶夾角為 90° ，測線間距 30 公尺，水深 10 公尺時，測帶寬度為 20 公尺，測線之間有 10 公尺的未覆蓋區；水深 20 公尺時，測帶寬度為 40 公尺，測線之間有 10 公尺的重疊區，因為測帶寬度不等於測線間距，多音束測深通常以覆蓋率及測線重疊率表示其測深密度，單音束測深以測線間距表示其測深密度。國際性規範定義多音束及空載雷射測深的測深密度以覆蓋率及重疊率表示之，未來可能會加入足印尺寸限制以表示其解析度。

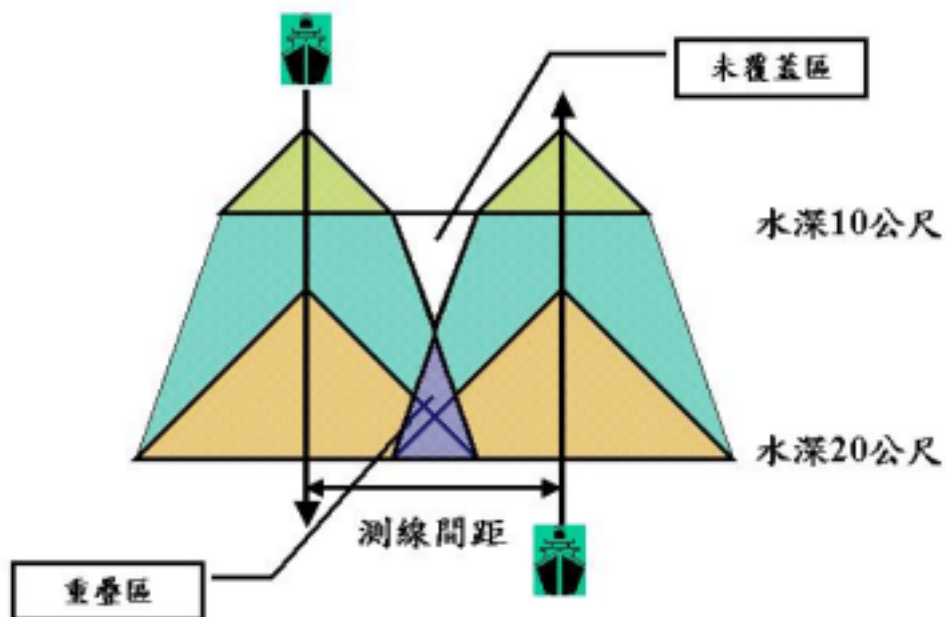
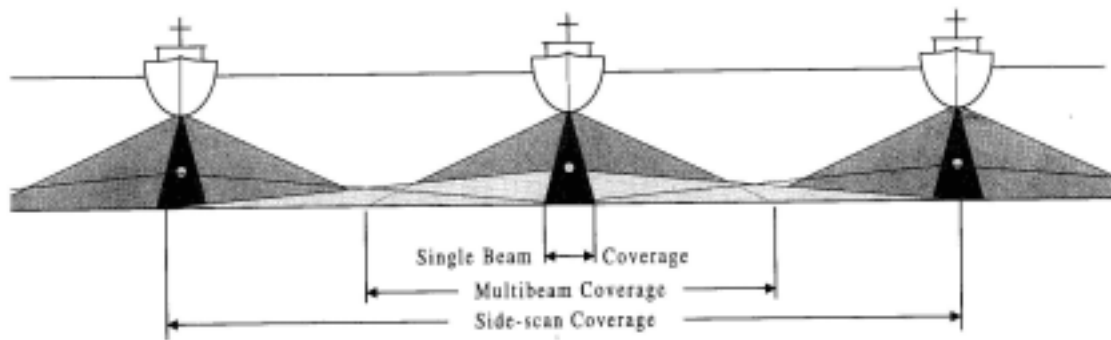


圖 3.3-11 測帶寬度與水深變化對照圖

3.3.7 側掃聲納作業方法

單音束測深、多音束測深系統及側掃聲納系統等三種探測儀器之涵蓋範圍以圖 3.3-12表示之，側掃聲納是為魚曳 Towfish，以拖曳方式向兩旁照射與單音束及多音束為船上固定式向下照射，施測方式及原理略有不同可參照圖 3.3-13。



資料來源：摘自 Miller, J.E., 1997

圖 3.3-12 單音束、多音束、側掃聲納系統之探測涵蓋範圍比較圖

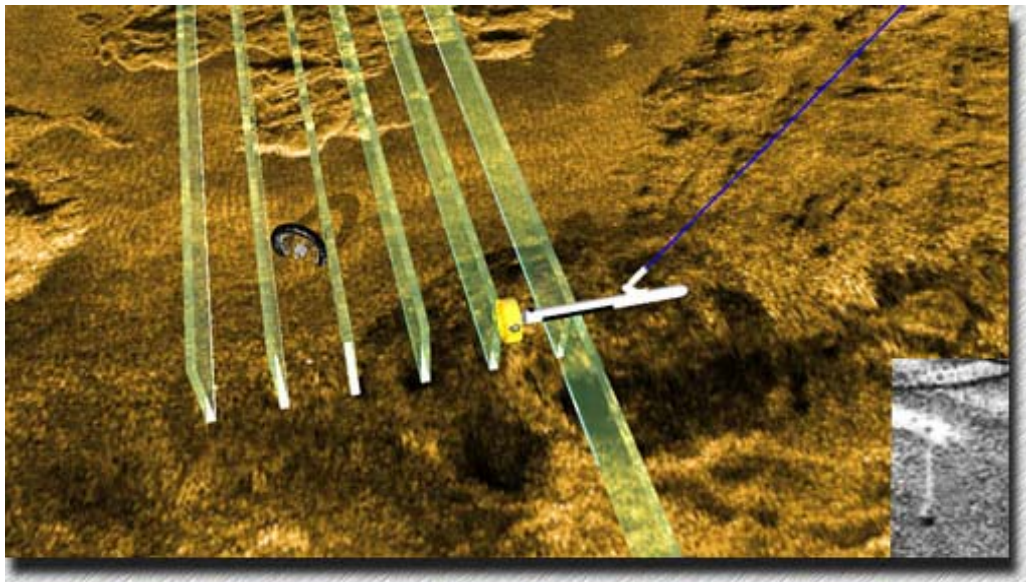


圖 3.3-13 側掃聲納系統作業示意圖(一)

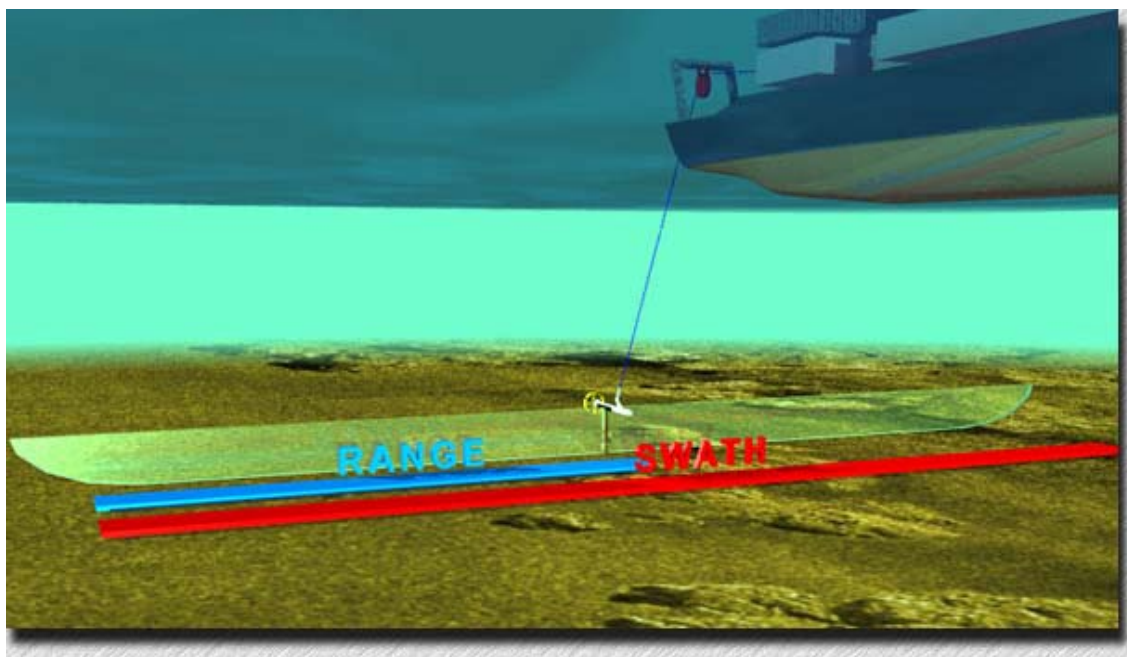


圖 3.3-14 側掃聲納系統作業示意圖(二)

3.3.8 空載雷射測深儀作業方法

國際上已有少數國家(例如：美國、加拿大、瑞典、澳洲等)在近岸水深 60 公尺以淺區域，採用飛行器(固定翼或直昇機)載著空載雷射測深儀施測水深，而施測水域的水質透視度是影響可測量深度之限制及測量品質。因此裝載定位及測深設備之船隻仍為海底地形測量基本的工具，本計畫僅蒐集探討空載雷射測深儀的作業方法，並不草擬空載雷射測深之規範。

3.3.9 港灣及海洋工程水深測量作業程序

技術評估針對水深測量技術面的四個流程週期：規劃階段、施測階段、處理階段及展示階段，浚深部份分為土方計算及精度評估。

1. 規劃階段

本階段將探討單音束測深儀、多音束測深系統及側掃聲納使用時機，單頻和多頻測深儀使用差異性、平面及高程基準建立及潮位站引測方式、使用空載雷射測深儀之可能性、測線與檢核測線間距之規劃、儀器整合規劃、載具規劃、作業時期海象之限制....等，針對測量主題探討使用儀器之選擇及可能獲得之成果精度。

2. 實測階段

本階段探討聲速修正(BarCheck 或聲速剖面儀)、湧浪或船隻姿態修正、潮位修正、測線規劃及導航、儀器架設及載具選擇等、作業須知及必要之標準作業表格設計等。

3. 處理階段

隨著科技的進步，測深及定位儀器的進步，原始資料數量成幾何級數成長，特別是多音束聲納的資料量龐大，相關軟體是否支援電腦自動篩選或半自動篩選功能的成為後續資料處理第一道防線。進行資料內插模式時須注意資料處理軟體所採用之內插模式(TIN, Kriging, Inverse Distance etc.)，而底床(沙質或岩質海床)性質、測區地形變化、內插範圍之界定等，都會影響資料內插之成果。因此如何儲存原始觀測資料、評估資料處理後之精度、建立適當之詮釋資料，皆為本階段之重點。

4. 展示階段

水深測量的結果可以下列形式展示，諸如點、線、面、圖表、影像、文字、數位式或書面式。測量所得成果，圖形部分可以下列方式呈現，參照圖 3.3-15至圖 3.3-20：

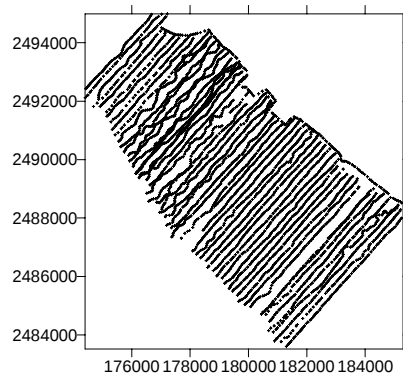


圖 3.3-15 航跡圖

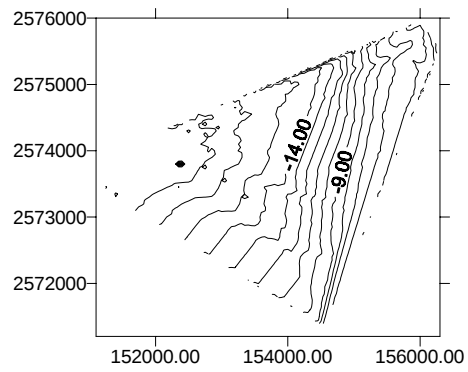


圖 3.3-16 等深線圖

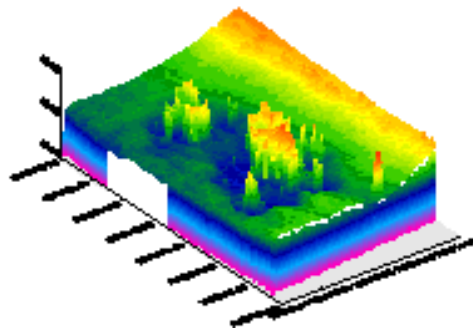


圖 3.3-17 三維立體彩色圖

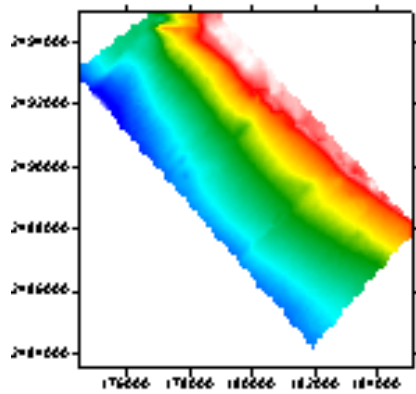


圖 3.3-18 二維水深網格圖

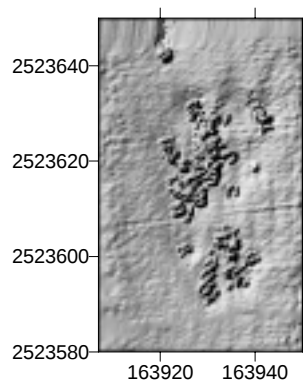


圖 3.3-19 水深陰影圖

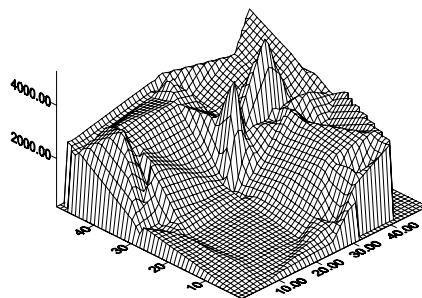


圖 3.3-20 三維立體網面圖

水深及測線資料，除了可採用上述六種圖形呈現外，也可混合多種圖形模式或加入遙測影像來呈現。另外配合應用層面及使用者需求可加入適當圖例、製圖說明、基準及詮釋資料(Metadata)...等訊息。

3.3.10 測量精度評估

測量精度評估可分為預定誤差評估、相對誤差評估及絕對誤差評估等三項，分別就以下項目說明：

1. 預定誤差評估

資料處理精度評估的流程可由誤差源分析及總傳播誤差(TPE, Total Propagation 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、船隻船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%信賴程度的總傳播誤差，可參照表 3.3-7的範例，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。

表 3.3-7 不同狀況下水深測量誤差預估表

Table 4-1. Quantitative estimate of acoustic depth measurement accuracy in different project conditions.				
Single-beam 200 kHz echo sounder in soft, flat bottom USCG DGPS vessel positioning accurate to ± 2 m RMS All values in $\pm$ feet				
Error Budget Source	Inland Navigation Min river slope Staff gage ≤ 0.5 mile 12-ft project <26 -ft boat No H-P-R	Turning basin 2-ft tide range Gage ≤ 1 mile 26-ft project <26 -ft boat No H-P-R	Coastal entrance 4-ft tide range Gage ≤ 2 mile 43-ft project <26 -ft boat No H-P-R	Coastal offshore 8-ft tide range Gage > 5 mile 43-ft project 65-ft boat H-P-R com
Measurement system accuracy	0.05	0.05	0.1	0.2
Velocity calibration accuracy	0.05	0.1	0.1	0.15
Sounder resolution	0.1	0.1	0.1	0.1
Draft/index accuracy	0.05	0.1	0.1	0.1
Tide/stage correction accuracy	0.1	0.15	0.25	0.5
Platform stability error	0.05	0.2	0.3	0.25
Vessel velocity error	0.05	0.1	0.1	0.15
Bottom reflectivity/sensitivity	0.05	0.1	0.1	0.2
RMS (95%)	± 0.37 ft	± 0.66 ft	± 0.90 ft	± 1.32 ft
Allowed per Table 3-1	± 0.5 ft	± 1.0 ft	± 1.0 ft	± 2.0 ft

資料來源：摘自美國工兵署

2. 相對精度評估

利用檢核測線(cross line)的交會點可自我檢驗所測得之精度，參照表 3.3-8範例共有 79 個檢定點，統計後平均值-0.043ft 符合測深規範規定(95%的估計精度為 ± 1.85 ft 在要求精度 ± 2.0 ft 以內)。

表 3.3-8 檢核測線精度評估表

Table 4-2. Kings Bay Navy Base Entrance Channel (Cut 1N) Cross-Line Comparisons Surveyboat Florida, Jacksonville District 1-2 August 2000 RTK DGPS positioning and elevation. Heave compensation active. Search radius set at 10-ft Single beam cross line check differences in feet							
+1.16	-0.72	-0.19	-1.47	-0.41	-0.07	-0.71	+0.43
-0.14	+0.86	-1.52	-0.50	-0.41	-0.61	+0.98	+1.71
-0.89	-0.29	+0.60	-1.95	+1.26	+0.02	-0.05	-0.26
+2.04	-0.24	-1.17	-0.79	+0.19	+0.88	+0.99	+0.38
+0.55	-0.16	-0.28	-0.89	-4.05	-0.46	-0.45	+0.56
+0.82	-0.69	+0.36	-0.43	-0.67	-0.35	-1.6	+0.17
-0.53	-0.24	+0.45	-0.12	-0.86	+1.77	+0.45	-1.65
+1.95	-0.04	+0.57	+0.00	+0.61	+0.91	+0.88	-0.80
+0.33	+0.09	+1.15	-0.08	+0.03	+0.38	-0.14	
+1.08	-0.06	+0.17	-1.18	+0.10	-0.07	-0.05	
Total number of cross-check observations = 78							
Mean of Differences				= (-) 0.043 ft << than 0.2 ft maximum allowable bias (Table 3-1)			
Confidence of computed mean (95%)				= ± 0.21 ft			
Standard Deviation (67%)				= ± 0.944 ft			
95% Estimated Accuracy				= ± 1.85 ft < than ± 2.0 ft allowed			

資料來源：摘自美國工兵署

3. 絕對精度評估

相對精度評估使用相同的測深系統進行自我檢驗，可能不易檢核出系統誤差，因此絕對精度評估是以具公信力的第三者使用同等精度或更高精度測深系統進行精度評估。

除了上述三項評估方式，工作報告、品質管制流程及詮釋資料可視為成果評估的基礎指標。

3.3.11 海岸工程測量介紹

海岸工程測量區域常常由海岸高潮線穿過潮間帶跨過波浪帶延伸至近岸水域，陸上或淺水區可分別由人員、車輛或船隻進行測量作業，但潮間帶及波浪帶限於種種因素不適用上述測量方式，而空載雷射測深儀則受限於水質透視度及精度要求不能完全符合海岸工程水深測量等級。因此美國工兵署研發特殊載具，補強傳統陸測及海測無法測量區域，目前使用兩種系統：海岸兩棲測量輪車(Coastal Amphibious Research Buggy, CRAB)及平底雪橇(SLED)。

CRAB 可用於部份破浪帶水深測量及研究，但不適用人工結構物的水深測量，精度可達到 $\pm 2\text{cm}$ ，其定位系統可用經緯測距儀或差分式定位或即時動態定位等方法，可參閱圖 3.3-21。



資料來源：摘自美國工兵署

圖 3.3-21 兩岸棲測量輪車說明

SLED 由 10~11 公尺高塔及雪橇組成，頂端安置反射稜鏡，本身無動力，可由船隻或車輛拖曳直行 300 公尺約需 25~30 分鐘，高程精度可達 $\pm 3\text{cm}$ ，水平定位精度可達 3 公尺(RMS)，適用 30~300 公尺測線，最少操作人員為三人，適用 10 米以內水深，並且可於破浪區操作，可參閱圖 3.3-22。



- 30-35 ft mast atop aluminum sled
- In effect a topo total station survey method
- Accuracy: $\pm 3-5\text{ cm (V)}$
- Accurate in surf zone

- Slow ... sled pulled offshore by LARC ... winched to shore along profile
- 30-45 min/section
10 to 15 sections/day
- Costly (labor & equipment)
3-man crew minimum



資料來源：摘自美國工兵署

圖 3.3-22 平底雪橇(SLED)

第四章 水深測量人員培訓

海道測量(hydrographic survey)依據國際海測組織(International Hydrographic Organization, IHO)第四版之海道測量規範(Standards for Hydrographic Surveys)中之說明，包含水深測量(bathymetric survey)、海床底質採樣分析(bottom sampling)、潮位觀測分析(tidal observations)、潮流觀測分析(tidal stream observations)。日本則稱為水路測量，而在其水路測量業務準則施行細則中之內容，除了上述項目外另外包括：航空攝影測量、地磁氣測量、重力測量、大陸棚調查、衛星測地觀測。其將海洋測量及大陸棚調查與港灣測量、航路測量及沿岸測量區分開來，此種區分法最大的區別為，前者包括較深之海域，而未包括海岸線及潮間帶，且該區域受潮汐之影響較小，因此測量之內容、方法與測量精度之要求有異於後者。

IHO 之海洋測量規範除了可應用於海圖水道測量外，其作業方法亦可同時適用於海岸管理、環境監測、資源開發（生物與礦物資源）、疆界與領海權、海洋與氣象模式、工程與建造規劃等多元化的用途等，唯其測量精度要求、測量方法、工作內容、製圖比例尺、高程基準、輸出方式、專業知識之要求、資料管理等或有不同。因此 IHO 對於海測人員共分為 A、B 及不分級，其中 A 級課程包含：內容豐富且廣泛之海道測量相關理論與實務知識，同時訓練學員有能力進行非例行問題之解析推論(Analytical Reasoning)、決策訂定(Decision making)與解決方案之推導(Development of Solutions)。B 級課程則包含：內容豐富之海道測量相關實務知識，以使訓練學員能執行各種海洋測量工作。不分級課程應包含：提供海道測量從業人員之訓練，這些課程是為應當地之需求而設，並非為取得國際海道測量技術之認同。在日本水路協會所開設水道測量技術課程內容共分為沿岸一、二級與港灣一、二級。

台灣目前之海道測量人員訓練，過去在國防部中正理工學院測繪

系曾開設海道測量組課程，以教育訓練海測人才提供海軍海洋測量局之用，唯目前已有多年並未提供此課程，海軍海洋測量局目前以師徒制方式，自行訓練所需之海測人員。而民間所需之工程水深測量及海岸變遷之水深測量等工作，依據中華民國之技師法規定，測量技師負責河海測量工作。唯探究測量技師所受之教育訓練課程中，並未真正落實教授河海測量，此為制度上之極大缺失，有待相關教育機構及考選部加以注意並速改善之。現今民間用之工程及海岸變遷水深測量工作及海域環境調查(諸如：底質、海流、潮位等)，則多仰賴國內之學術研究單位(諸如：中山大學海工系、成大水利及海洋工程系、台大海洋研究所、海洋大學河海工程系、成大水工試驗所、工研院能資所等)或測量公司，由學校開課或以師徒制自行訓練子弟兵，來從事水深測量之相關工作。這種沒有共同統一之授課綱要內容所開設的課程，所教育出來的學生，所學到的技術會依各教育單位而有異，而師徒制的訓練方法不但效率不高且缺乏理論教授，這種只重視經驗傳承的方式，學習者對發現作業上的問題及解決問題的能力較為欠缺。因此有必要迅速建立一套海道測量人員標準之教育訓練方式，以提升國內海道測量技術的水準。海道測量測量所花費的費用不及海岸、港灣工程或解決海岸變遷問題費用之九牛一毛，唯其成果會影響海岸、港灣工程之施工品質，或使判斷海岸變遷問題產生偏差，不可不小心以對。

國內曾於民國 84-85 年間，分別由交通部科技顧問室及公共工程委員會委託辦理水深測量規範及海上工程定位及工程水深與疏浚測量規範。唯自民國 87 年 IHO 發布新的國際海道測量規範後，由於許多新的測量方法及設備之發展，海道測量規範需要配合這些新的進展，因此內政部地政司(主管全國土地測量業務)及本所港灣技術研究中心，為配合領海及鄰接區之海域基本圖與港灣、海岸及疏浚工程之應用，委託中山大學辦理水深測量及疏浚測量規範之擬定，期望日後民間單位有一套可以共同遵循之水深測量及疏浚測量規範。在規範訂定後，海道測量人員的教育訓練及證照制度的建立，自是另一項提升水深測量相關工作的重要環節。

以下將探討國際間對於海道測量人員教育訓練的制度，包括：訓練單位、訓練種類、訓練期限、入學資格、訓練課程內容、證照考核方式等，從中吸收可學習引用之方式，以期建議在國內建立一套可行之教育訓練制度。

4.1 世界各國海道測量人員訓練課程現況

目前世界共有 25 個國家開設海道測量人員訓練課程，其中包括：阿根廷、澳洲、巴西、智利、中國、古巴、厄瓜多爾、法國、德國、希臘、印度、印尼、義大利、日本、馬來西亞、荷蘭、紐西蘭、祕魯、波蘭、葡萄牙、南非、俄羅斯、西班牙、英國、美國、委瑞內拉等國。其所開設之課程大多由各國海軍或學術單位負責，而日本則由該國之水路協會負責訓練港灣及海岸方面之海道測量。所開設之課程以教育訓練海道測量官(hydrographic officer)、海道測量員(hydrographic surveyor)、工程師(engineer)或碩士(graduate)為主。可參照表 4.1-1。

表 4.1-1 世界各國海道測量人員訓練課程現況

國家	訓練單位	訓練種類	訓練期	資格
阿根廷	海軍	海測軍官	1 年	少尉以上
		海測士官	9 個月	士官以上
	大學	海測工程師	2 年	測量或土木工程師
		製圖碩士	4 年	二技以上
澳洲	海軍	IHO B 級海測官	24 週	大學以上
		進階海洋科學	16 週	四年經驗水手以上
		基本海洋科學	10 週	海員
	大學	海測碩士	1 年	相關科系大學畢業
巴西	海軍	IHO A 級海測官	50 週	海軍軍官或大學畢業
		海測及導航課程	37 週	二年經驗以上海軍士官
智利	海測局	IHO A 級海測官	2 年	海軍軍官或碩士畢業
中國 香港	海軍學院	海洋測量員	5.4 年	高中大學或二年經驗以上
	大學	A 級海測碩士	1 年	

古巴	海軍學院	海測地測工程師	5 年	大學畢業
厄瓜多爾	教育單位	海洋測量員	1 年	海軍軍官或大學畢業
法國	教育單位	海洋地球工程師	2-3 年	大學畢業
		IHO A 級海測官	2-3 年	大學畢業
		IHO B 級海測官	2 年	大學畢業
		海測海圖技術員	1 年	大學畢業
	大學	IHO B 級港測員	八個月	大學畢業
德國	教育單位	海道測量訓練		依審查決定
		海圖製圖訓練		依審查決定
	港務局	IHO A 級海測員 港近岸海道測量	32 月 9 個月	大學畢業 具測量海測海事經驗
希臘	海軍	海圖製圖士官	118 天	高中畢有經驗海軍士官
		海道測量士官	118 天	高中畢有經驗海軍士官
印度	海測學校	基本海測課程	19 週	海軍軍官或大學畢業
		IHO A 級海測員	41 週	曾修基本海測課程者
		IHO B 級海測員	23 週	大學畢業
印尼	教育單位	IHO B 級海測員	7 個月	海軍軍官或大學畢業
	大學	海道測量教育	4-5 年	高中畢業
義大利	教育單位 海事學院	IHO A 級海測員	70 週	少尉或大學畢業
		IHO B 級海測員	6 個月	大學畢業且具 2-3 年經驗
		港近岸海測訓練	5 個月	港灣海事海測單位工作者
		海測資料管理	3 個月	港灣海事海測單位工作者
日本	海事學校	IHO B 級海測員	6.5 月	大學畢業且具 2 年經驗以上
		IHO A 級海測員	1 年	通過 IHO B 級海測課程
馬來西亞	大學	IHO B 級海測員	5.5 月	大學測量土木畢業 2 年經驗
		IHO A 級海測員	5.5 月	通過 IHO B 級海測課程
荷蘭	大學	大地測量工程師	5 年	高中畢
	海事學校	海道測量員	4 年	高中畢
紐西蘭	海軍	初級海測助理	13 週	大學畢業
		高級海測助理	8 週	完成初級海測課程後 18 月
祕魯	教育單位	IHO B 級海測員	1 年	少尉且具 2-3 年經驗
波蘭	海軍學院	海道測量 B 級課	104 天	高中畢

		海道測量 B 級課	76 天	大學畢業
葡萄牙	教育單位	IHO B 級海測員 IHO A 級海測員	40 週 40 週	葡萄牙海軍學院或同等畢業 葡萄牙海軍學院或同等畢業
南非	測量學校	海測紀錄員 I,II	各 8 週	海軍水手
俄羅斯	海事學院	IHO A 級海測員	5.5 年	大學畢業
西班牙	海事學院	IHO B 級海測員 IHO A 級海測員	10 月 10 月	海軍士官 海軍軍官
英國	大學	IHO B 級海測員	10 月	大學畢業
美國	海軍 大學	IHO B 級海測員 IHO A 級海測員	6 個月 2 年	海軍軍官或政府推鑑大學畢 大學畢業
委瑞內拉	教育單位	海道測量課程	11 月	海軍軍官

由表 4.1-1 可知符合 IHO 之 B 級海道測量員之訓練時程約為大學畢業後(或可要求加上海上導航或海測作業經驗)以 6-10 月時間教育訓練,而符合 IHO 之 A 級海道測量員之訓練時程約為大學畢業後(或獲得 IHO 之 B 級海道測量員資格後)約 6 個月至 2 年之間為原則。其他所開設之課程雖非為經 IHO 國際諮詢委員會所認定之 A、B 級海道測量課程,但多以訓練該國海道測量人員為主,屬於海道測量不分級課程。而國際海測組織所設定的課程基本標準目的,在提供世界各國有共同遵循的依據而已,並未實際開班授課,由世界各國有興趣開設訓練課程的單位,詳細擬出授課計劃,交由國際諮詢委員會(International Advisory Board)審查後,准予開設 A 或 B 級海測課程。

4.2 國際海道測量課程內容綱要

國際海測組織與 FIG(International Federation of Surveyors)於 2001 年所出版第九版之海道測量員能力標準(Standards of Competence for Hydrographic Surveyors)中說明,訓練課程內容之綱要共包括三部份:(一)基本主題 – 數學及統計、資訊及傳輸技術、物理、航海科學,(二)重要主題 – 水深測量、潮位與潮流、定位、海道測量實習、海道資料管理、環境科學、法律,(三)選擇單元 – 海圖海道測量、港灣及海岸

工程之海道測量、離岸震測測量、離岸建設之海道測量、遙感探測、軍事海道測量、內陸水域測量，其詳細之內容可參閱附錄 G。

日本水路協會之港灣二級之課程包括：控制測量(包括大地測量、設標、光學儀器測量、光波測距、GPS 測量、計算與修正、高程測量、真方位測量、海岸線測量、資料處理)、潮位測量(包括觀測紀錄整理分析與管理)、水深測量 I(包括海上定位 – 光學儀器定位、GPS 定位、測量船之誘導、資料處理)、水深測量 II(包括測深 – 單音束測深儀及多音束測深儀之測量原理、系統架構、測量方法、聲波測深、資料彙整與處理)，費時 11 天。沿岸二級另加控制測量(包括地圖投影、經緯度計算)、潮位測量(包括潮汐理論及觀測與資料處理)、水深測量(包括電子定位儀定位、海底地形圖之繪製)、海底地質調查(側掃聲納及採泥器、側掃聲納資料及底質資料整理、底質分佈圖及海底地質構造圖繪製)，費時 18 天。港灣一級之課程包括：法規(國內法、國際法)、海道測量與海圖(海圖概論)、控制測量(包括大地測量、計畫、設標、光學儀器測量、光波測距、GPS 測量、計算與修正、高程測量、真方位測量、海岸線測量、資料處理)、潮位測量(包括觀測紀錄整理分析與管理)、水深測量 I(包括海上定位 – 計畫、光學儀器定位、GPS 定位、測量船之誘導、資料處理)、水深測量 II(包括測深 – 計畫、單音束測深儀及多音束測深儀之測量原理、系統架構、測量方法、聲波測深、資料彙整與處理)，費時 11 天。沿岸一級另加控制測量(包括地圖投影、經緯度計算、測量值修正)、潮位測量(包括潮汐理論及計畫)、水深測量(包括海底地形圖之繪製)、海底地質調查(海底地形、一般地質、側掃聲納及底質調查設備之原理、構造、測量方法、側掃聲納資料及底質資料之判讀分析、底質分佈圖及海底地質構造圖繪製、海底調查計畫)，費時 19 天。

沿岸二級之要求考試科目為控制測量、水深測量(包含海上定位)、潮位觀測、海底底質調查，而沿岸一級則另加考法規。另外港灣二級要求考試科目為控制測量、水深測量(包含海上定位)，而港灣一級則另加考法規。其考試方式分為筆試、口試，合格後授予一級測量士或二級測量士。

4.3 國內海道測量人員教育訓練制度建立之探討

海軍海洋測量局是以從事海上航行安全的海圖海道測量工作為主，該局對於海道測量人員之教育訓練，是以該局對內流通使用之海測教範為教材，配合有經驗之海道測量人員的指導，以現場實做進行官兵的海測訓練。國內民間從事海道測量是以工程、環境及疏浚水深測量為主，而工程水深測量(包括港內外及海岸工程之施工前、中、後與驗收測量)是以測量公司、工程公司或營造廠為主，而學術研究單位則以環境監測(包含海岸變遷、漂沙動態分析)為主，而港務單位之測量隊則以港域水深變化監測及疏浚水深測量為主。

若為了提升國內民間從事水深測量工作的水準及其所獲之水深成果可以互相交換使用，因此採用一致的水深測量規範與標準程序，而從事水深測量工作的人員經過主管機關認可的教育訓練，才可能確保達到此目標。唯在此機制下，水深測量委託機關的承辦人員亦必須先接受教育訓練，方能了解如何撰寫適當的水深測量邀標書，並能實際的在測量作業中加以監督，並完成驗收工作。

目前交通部負責海上及港灣航行安全之規劃管理與港灣建設，因此相關領域之水深測量由交通部全理，而內政部負責國土(包含藍色國土)管理、沿岸海域基本資料調查及海岸規劃管理與國家座標基準建立、基本圖(包括海域)之測繪，國防部負責海域國家安全之維護，經濟部水利署則負責海堤之管理工作，海岸巡防署則負責維護台灣地區海域及海岸秩序。目前各部會依其所轄職權，進行海域及海岸之管理工作，在我國組織架構未變化之前，水深測量屬於哪個部會所管轄尚無定論，僅能就各部會現有的職掌繼續進行應有之工作推動。唯為了避免各行其事，以致所獲得的水深資料無法互相交換應用，除了水深測量規範應建立標準程序(例如：ISO 9000 之精神)及作業方法外，對於水深測量成果應進行品管(quality control)及品保(quality assurance)，同時對於水深測量成果應強制要求建立銓釋資料(metadata)，以利各單位之水深資料的流通性與標準化。另外先建立一套水深測量教育訓練課程綱要及訓練制度，然後落實水深測量人員之證照制度，才能確保獲得可

信賴之水深測量成果。依此則可擴大本方式，將水深測量工作繼續延伸成為海域及海岸環境基本資料(包括潮汐、潮流及底質等)的調查與彙整。

至於水深測量教育訓練課程綱要可以參照 IHO 所訂定之海道測量員能力標準之訓練課程內容綱要為基礎，以召開訓練課程委員會集思廣益訂定之。水深測量之教育訓練工作則可由內政部比照地籍測量訓練班的方式進行海域基本圖測繪人員之培訓，而本所臺灣技術研究中心亦可針對港灣及海岸工程與疏浚測量進行水深測量人員之訓練。另因為勞委會職訓局負責我國測量士證照之考試與核發，是否可內政部或交通部建請勞委會職訓局，新增海洋測量士證照，並增設海洋測量士之訓練課程，亦為可能推動之工作。而因目前法規規定測量技師負責河海測量業務，但測量技師並未真正接受河海測量之教育與實習，短期內可以建請執業之測量技師參加水深測量技術訓練班，中期應建議考選部在測量技師考試內容加入水深測量技術，長期則應建議教育部之各級測量及海洋相關學校(包含高工測量科、技術學院土木水利相關科系、大學測量及海洋工程相關科系)將水深測量及實習納入測量課程中，如此才能真正落實水深測量人才之培訓。

初步探討可以接受水深測量人才訓練課程者包括：各級政府單位凡是有委託進行水深測量工作者、各工程顧問公司、各測量公司等，應超過數百人以上。而課程則可區分為水深測量管理單位人員及施測單位人員兩種。其水深測量管理單位人員之訓練時間約可在 1~2 週，其課程內容以針對水深測量原理、標準工作程序及作業方法、資料品管作業及水深資料管理為原則。而水深測量施測單位人員則可以分為兩種，分別為已有經驗者及全無經驗者，已有經驗者可以施以 1~3 個月水深測量理論、作業及實習等課程內容，全無經驗者可依其原所受之教育背景另加數學、統計、資訊及通信技術、物理及航海科學等基礎課程 1~3 個月。

4.4 國內海道測量人員制度之建議

1. 建立水深測量規範應標準程序(例如：ISO 9000 之精神)及作業方法，對於水深測量成果應進行品管及品保，同時對於水深測量成果應強制要求建立詮釋資料，以利各部會水深資料的流通與管理。
2. 水深測量之教育訓練工作則可由內政部比照地籍測量訓練班的方式進行海域基本圖測繪人員之培訓，而本所港灣技術研究中心亦可針對港灣及海岸工程與疏浚測量進行水深測量人員之訓練。
3. 由內政部或交通部建議請勞委會職訓局，新增海洋測量士證照，並增設海洋測量士之訓練課程。
4. 短期內可以建請執業之測量技師參加水深測量技術訓練班，中期應建議考選部在測量技師考試內容加入水深測量技術，長期則應建議教育部之各級測量及海洋相關學校將水深測量及實習納入測量課程中。
5. 可以接受水深測量人才訓練課程者包括：各級政府單位凡是有委託進行水深測量工作者、各工程顧問公司、各測量公司等。
6. 課程則可區分為水深測量管理單位人員及施測單位人員兩種，其訓練期限可以分為 2~3 週及 3~6 個月。

第五章 土方計算及軟體選用研究報告

5.1 土方計算原理

土方計算有多種公式，以下說明三種常見的原理方法：

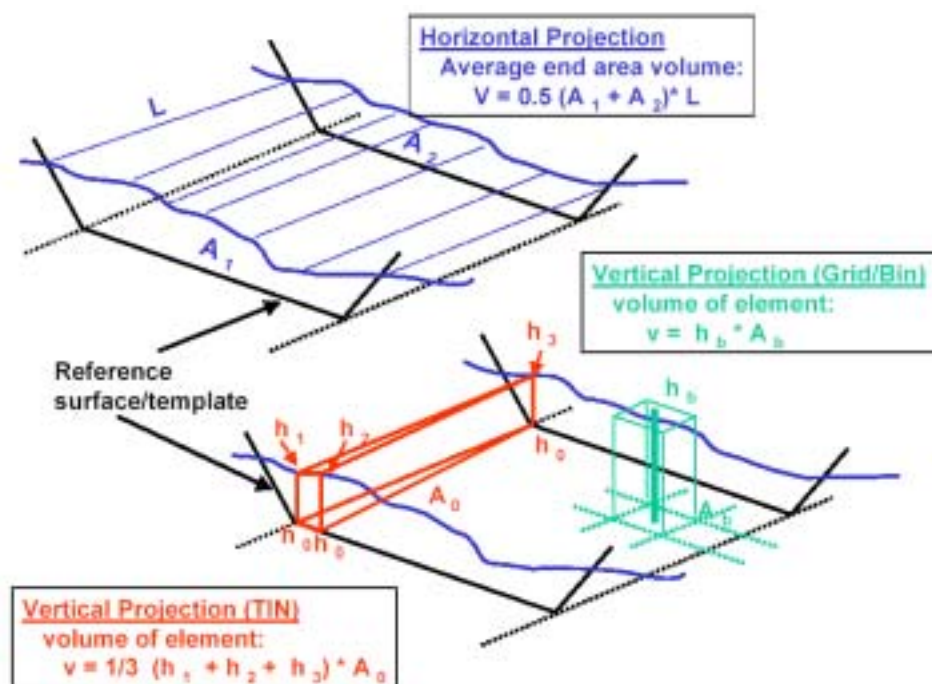


圖 5.1-1 土方計算原理說明圖

5.1.1 平均剖面法

參照圖 5.1-1疏浚前後低床與等距(L)剖面依序形成橫斷面 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ ， A_1 及 A_2 橫斷面體積為 $V_1 = 0.5 * (A_1 + A_2) * L$ ，總體積為 $V = 0.5 \sum_{i=1}^{n-1} (A_i + A_{i+1}) * L$ 。平均剖面法適用平坦地形，相鄰剖面的面積變化應小於面積的 0.5%。

5.1.2 不規則三角網法

參照圖 5.1-1疏浚水深為(h_0)，疏浚前水深與疏浚後水深的差值為

$h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ ，不規則三角形 $h_1 h_2 h_3$ 投影在 h_0 上的三角形面積為 A_0 ，不規則三角柱 $h_1 h_2 h_3 h_0 h_0 h_0$ 的體積為 $V_1 = (h_1 + h_2 + h_3) / 3 * A_0$ ，總體積為 $V = 1/3 * \sum_{i=1}^{n-2} (h_i + h_{i+1} + h_{i+2}) * A_0$ 。不規則三角網法適用資料較為稀少或測線間距較大時。

5.1.3 網格法

參照圖 5.1-1 將測區平面切割為正交網格平面 (GRID/BIN) 網格平面的面積為 A_b 高程為 h_b ，正交網格稜柱的體積為 $V_b = h_b * A_b$ ，總體積為 $V = \sum_{i=1}^n (h_i * A_i)$ 。多音束測深時，若覆蓋率達到 100%，音束的足印 (footprint) 面積可視為網格平面的面積 A_b ，不需將資料轉換為推測曲面，可直接計算體積。

5.2 土方計算原則

土方估算分為設計水深及設計曲面，預估疏浚至一定的水深值為設計水深，預估浚挖渠道、浚挖邊坡或其他非設計水深的曲面為設計曲面。設計水深及設計曲面的土方估算可參照圖 5.2-1。

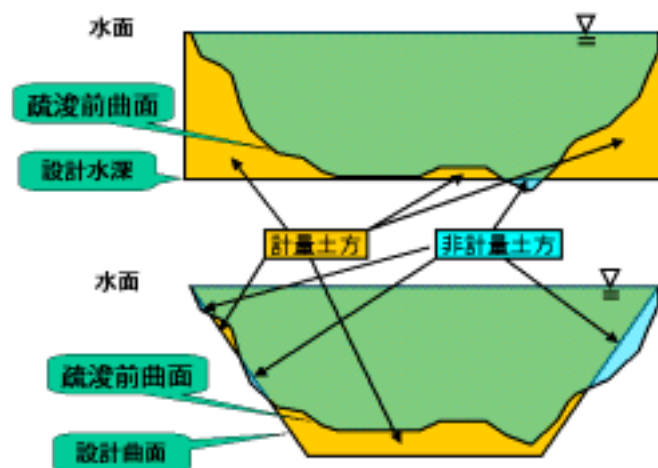


圖 5.2-1 土方量計算說明圖

5.3 不足土方量估算

不足土方估算分為設計水深及設計曲面，疏浚後曲面與設計水深或設計曲的正值為不足土方，負值為超挖土方，原則上不足土方與超挖土方應分別計算，可參照圖 5.3-1。

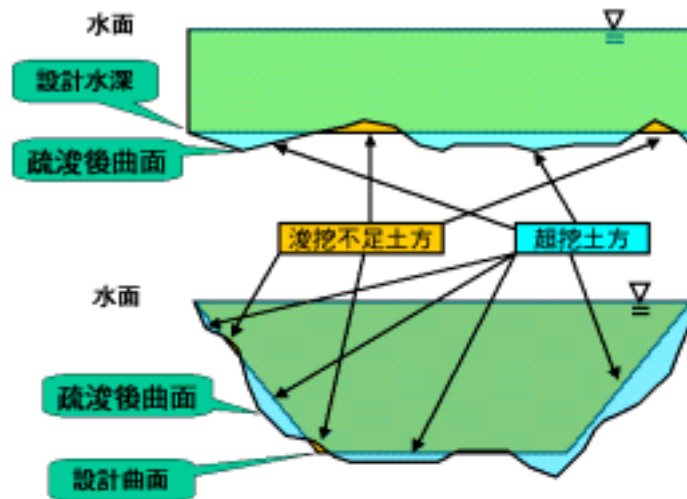


圖 5.3-1 不足土方量計算說明圖

5.4 土方估算軟體範例說明

5.4.1 DGM

DGM 為在英國較常使用之軟體，經由推測曲面繪製之等深線/等高線之平滑度較佳。其推測曲面模式採用網格式(GRID)。

1. 土方計算原理

其土方計算原理也是採用網格法，將推測曲面分為每四網格一組(h_1, h_2, h_3, h_4)，將水深平均後得到新的網格水深，乘以底面積($dx*dy$)，可參照圖 5.4-1。

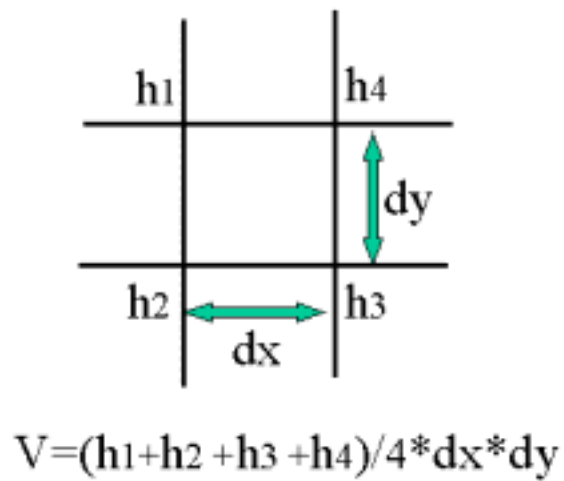


圖 5.4-1 DGM 土方計算原理

2. 土方計算操作流程(可參照圖 5.4-2)

- (1) 將疏浚前曲面內插得到推測曲面 A。
- (2) 將設計水深或設計曲面內插得到推測曲面 B。
- (3) 將推測曲面 A 及推測曲面 B 相減得到差值曲面
- (4) 計算正值及負值。

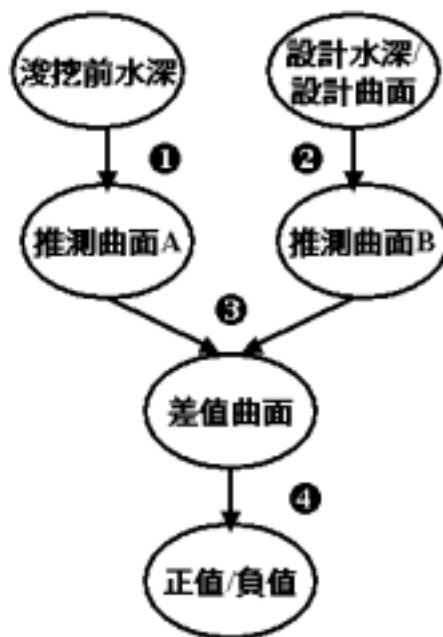


圖 5.4-2 DGM 土方計算操作流程

3. 土方計算參數比較

DGM 土方計算之參數為垂直(North)及水平方向(East)的網格間距，本案使用某港區資料比較 92 年 2 月及 6 月二期不同時期海床的變化情形，比較分析的方法為方形網格及矩形網格，方形網格間距分為 1 公尺、2 公尺、3 公尺、4 公尺、5 公尺、10 公尺、20 公尺、30 公尺、40 公尺及 50 公尺共 10 種組合，垂直及水平網格間距相同。矩形網格分垂直及水平方向的間距為 5 公尺、10 公尺、20 公尺、30 公尺、40 公尺及 50 公尺等 6 種，相乘後共 36 種組合。扣除重複的組合，所有的比較分析組合共 40 種。其演算的成果如下：

表 5.4-1 DGM 土方計算之網格間距對照表

間距(E)	間距(N)	正值	負值	總土方	誤差範圍
1	1	1008287	720207	288080	783.09
2	2	1006829	718873	287956	1542.02
3	3	1004530	716529	288001	2272.43
4	4	1001335	712592	288744	2971.33
5	5	998115	709692	288423	3681.84
5	10	990251	701149	289102	4944.56
5	20	967224	679980	287243	6979.37
5	30	947811	663348	284462	8465.93
5	40	930742	639036	291706	9435.67
5	50	926209	608193	318016	10156.28
10	5	980964	693404	287559	5423.89
10	10	973973	685707	288266	6679.73
10	20	953116	666723	286393	8695.03
10	30	935567	651890	283677	10198.76
10	40	918495	627666	290829	11122.84
10	50	915289	598165	317124	11836.69
20	5	943796	657991	285805	7917.78
20	10	937796	651472	286324	9167.2
20	20	919313	634478	284835	11166.39
20	30	902062	620286	281776	12739.99
20	40	887936	596488	291448	13511.72
20	50	884222	571700	312522	14415.95
30	5	914827	598941	315887	9240.17

30	10	909305	592853	316452	10499.56
30	20	894227	578243	315984	12539.68
30	30	876330	566238	310092	14027.59
30	40	868792	544002	324790	14911.22
30	50	871433	523877	347555	15763.69
40	5	877143	560362	316781	10158.64
40	10	871461	553991	317469	11424.9
40	20	852455	537147	315308	13395.58
40	30	841334	525622	315712	15039.76
40	40	819709	513867	305843	15874.85
40	50	815060	488810	326250	16666.68
50	5	890111	542937	347174	10930.79
50	10	885259	536389	348870	12205.31
50	20	867785	521158	346627	14354.88
50	30	853640	506875	346765	15772.54
50	40	840453	485057	355397	16603.39
50	50	847479	471229	376250	17534.67

註：誤差範圍的定義為上述公正中，網格四邊高程(h_1, h_2, h_3, h_4)最大值及最小值造成的土方計算差值。

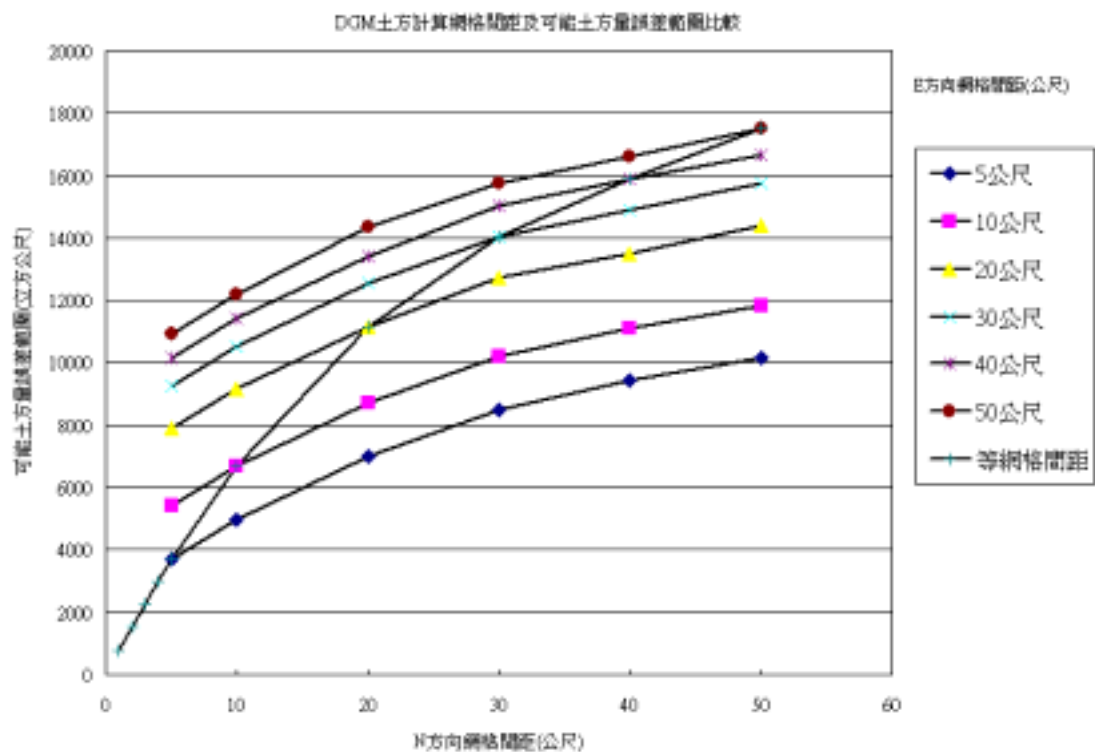


圖 5.4-3 DGM 土方計算網格間距及可能土方量誤差範圍比較

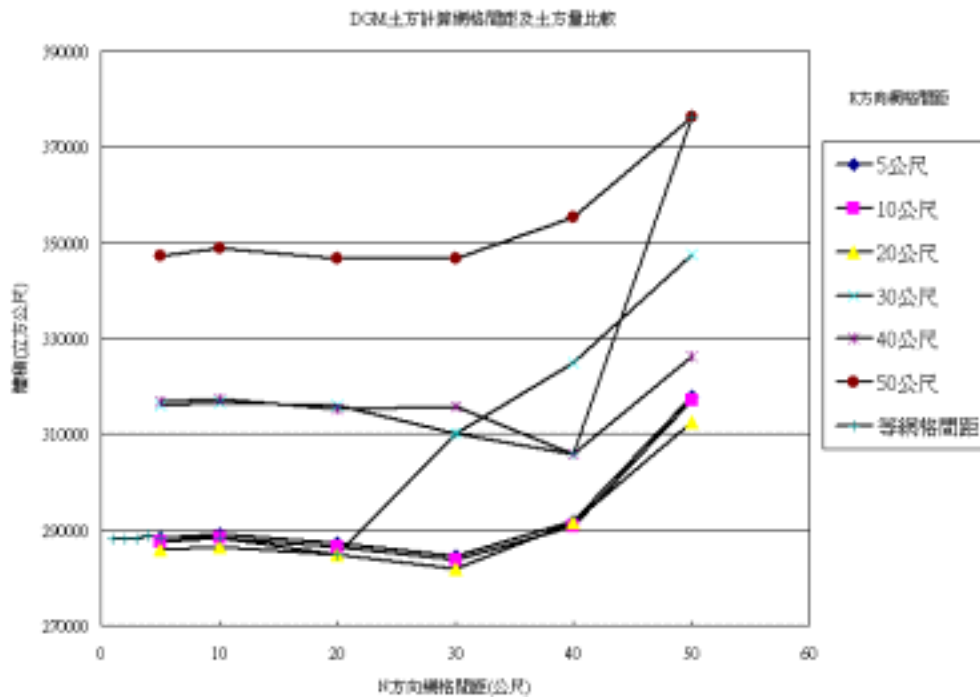


圖 5.4-4 DGM 土方計算網格間距及土方體積比較

由表 5.4-1、圖 5.4-3及圖 5.4-4中可得到下述結果：

- (1) 垂直或水平網格間距差異不大，兩者網格間距互換對土方結果影響不大。
- (2) 由圖 5.4-3中，網格間距與土方體積誤差幾乎是正比的關係，特別是矩形網格(等網格間距)的趨勢變化更為明顯。微積分理論中體積計算的切割元素越小(網格間距)則積分誤差越小，DGM 體積誤差的估算應該是依照積分法則推算。
- (3) 由圖 5.4-4中，當網格間距超過 20 公尺，網格間距與土方體積變化呈現正比的趨勢關係，特別是矩形網格(等網格間距)的趨勢變化更為明顯。水平及垂直網格間距皆小於 20 公尺時土方總量的變化並不大，此結果與圖 5.4-3略有差異，但兩者結果並不相駁斥，當網格間距小於 20 公尺時，土方體積誤差雖然隨著網格間距縮短而變小，但對於整體土方體積其誤差值的變化過小，對土方體積的總量影響甚小，圖 5.4-4中網格間距小於 20 公尺時土方體積變化並不大。

- (4) 本範例中，網格密度越來越大，間距越來越小，土方總量變化逐漸變小，土方總量逐漸穩定至 29 萬立方公尺。若因資料密度不足，而對土方總量有質疑時，可參照圖 5.4-3及圖 5.4-4製作對應表，找出收 穩定的土方量。
- (5) 綜合而言使用 DGM 計算土方時，建議網格間距至少應小於 20 公尺，如果測線間距在 10 公尺以內時，土方的網格間距也應配合調整相同間距。

5.4.2 SUREFR

1. 土方計算原理

其土方計算原理也是採用網格法，將推測曲面積分得到體積，其公式如下：

$$V(x, y) = \int_{\alpha=x_{\min}}^x \int_{\beta=y_{\min}}^y z(\alpha, \beta) d\alpha d\beta$$

在現實應用時 SURFER 提供三種積分理論簡化內插方程式：Trapezoidal 法、Simpson's 法及 Simpson's3/8 法，其公式如下：

(1) Trapezoidal 法

$$A_i = \frac{\Delta x}{2} [G_{i,1} + 2G_{i,2} + 2G_{i,3} \cdots + 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}]$$

$$Volume \approx \frac{\Delta y}{2} [A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \cdots + 2A_{nCol-1} + A_{nCol}]$$

(2) Simpson's 法

$$A_i = \frac{\Delta x}{3} [G_{i,1} + 4G_{i,2} + 2G_{i,3} + 4G_{i,4} + \cdots + 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}]$$

$$Volume \approx \frac{\Delta y}{3} [A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_3 + \cdots + 2A_{nCol-1} + A_{nCol}]$$

(3) Simpson's 3/8 法

$$A_i = \frac{3\Delta x}{8} [G_{i,1} + 3G_{i,2} + 3G_{i,3} + 2G_{i,4} + \dots + 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}]$$
$$\text{Volume} \approx \frac{3\Delta y}{8} [A_1 + 3A_2 + 3A_3 + 2A_4 + \dots + 2A_{nCol-1} + A_{nCol}]$$

2. 土方計算操作流程(可參照圖 5.4-5)

- (1) 將疏浚前曲面內插得到推測曲面 A。
- (2) 將設計水深或設計曲面內插得到推測曲面 B。
- (3) 計算差值曲面的體積的正負/值及面積。

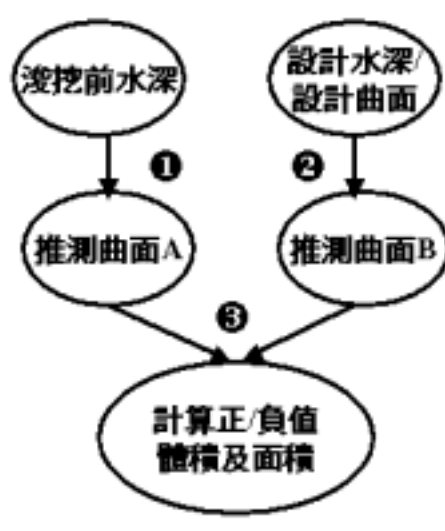


圖 5.4-5 SUEFER 土方計算操作流程

3. 土方計算參數比較

由於 SURFER 的土方計算直接計算結果，並未重新內插產生差值曲面，並無特定參數可選擇，必要時得調整推測曲面密度以檢驗計算結果，比較土方計算結果、積分算法及網格間距的差異。本案使用某港區資料比較 92 年 2 月及 6 月二季不同時期海床的變化情形，比較分析的方法為方形網格及矩形網格，方形網格間距分為 1 公尺、2 公尺、3 公尺、4 公尺、5 公尺、10 公尺、20 公尺、30 公

尺、40 公尺及 50 公尺共 10 種組合，垂直及水平網格間距相同。矩形網格分垂直及水平方向的間距為 5 公尺、10 公尺、20 公尺、30 公尺、40 公尺及 50 公尺等 6 種，相乘後共 36 種組合。扣除重複的組合，網格間距比較分析組合共 40 種。而土方計算可計算 Simpson、Simpson3/8 及 Trapezoidal 等三種積分的方法，其演算的成果可參照表 5.4-2、圖 5.4-6、圖 5.4-7及圖 5.4-8等。

表 5.4-2 SURFER 土方計算結果表

間距(E)	間距(N)	Simpson 法	Simpson3/8 法	Trapezoidal 法	面積
1	1	379690.017	379682.1951	379671.668	3150586
2	2	379709.6172	379598.4416	379623.9747	3146240
3	3	379549.8536	379623.5313	379665.9934	3141981
4	4	378861.526	379308.1523	379420.2388	3137592
5	5	379658.7293	380205.0282	379915.7194	3133137
5	10	380238.758	380422.2167	380148.7826	3123800
5	20	380409.999	383278.9417	380097.1797	3103700
5	30	387044.1489	383218.9141	379789.564	3082275
5	40	373110.7346	363994.7169	379532.0257	3064000
5	50	385277.8415	394467.0658	373801.3123	3043250
10	5	378261.0629	380136.4862	380257.136	3117950
10	10	378072.6934	379644.6874	379900.7271	3111550
10	20	377766.3892	382824.0011	379759.9282	3093800
10	30	389605.6066	384892.1837	382733.0133	3072600
10	40	373566.6677	364779.3265	379302.9318	3054800
10	50	379549.3132	395103.1721	374220.311	3034000
20	5	386072.6149	389314.3618	386405.8521	3086900
20	10	384785.7434	388229.6826	385461.7071	3081800
20	20	387156.1395	391077.5673	385129.148	3069400
20	30	394945.9778	391880.0468	388326.6469	3053400
20	40	371521.7979	368922.9196	381466.9702	3036800
20	50	392460.8912	413457.0173	390288.5681	3012000
30	5	387153.1153	379725.4931	381007.0003	3056100
30	10	386882.2345	377421.7356	380624.3222	3051450
30	20	388223.5139	380942.2437	380786.2795	3043200
30	30	408433.6439	391795.9067	395517.116	3029400
30	40	381042.0619	356363.683	372650.2562	3015600
30	50	377972.8653	375795.1457	362412.8518	3000750
40	5	389847.0916	400567.1383	388260.4299	3017600
40	10	389731.4878	398140.4025	387048.4494	3012400
40	20	384569.989	397073.6456	384394.7655	3001600
40	30	412261.8366	407060.904	395960.6992	2992800
40	40	375281.6101	374708.2035	385785.8313	2985600
40	50	440256.2177	444308.7299	416438.6397	2959000
50	5	427088.7755	403417.1081	404301.5411	2994125
50	10	425248.7544	401612.5528	404039.6586	2988250
50	20	434841.5801	404235.4488	405986.2621	2982500
50	30	441992.8168	426129.4628	415839.1007	2970750
50	40	417187.0026	362330.7015	387221.5914	2966000
50	50	373402.6369	387228.2111	367401.9441	2945000

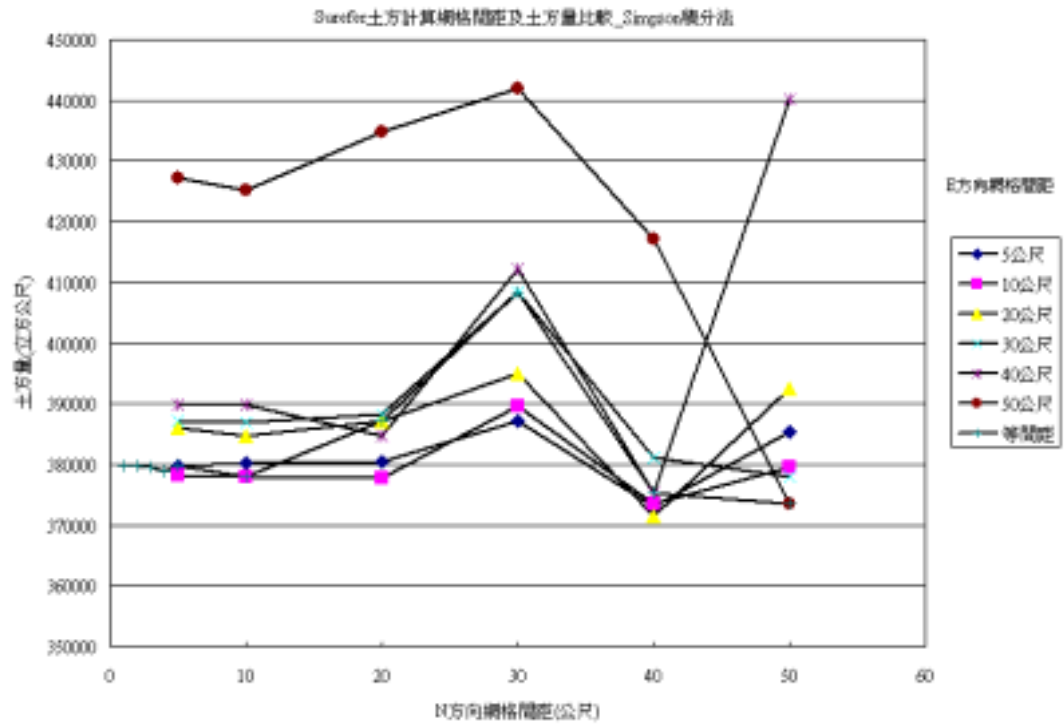


圖 5.4-6 SUREFR 網格間距及土方計算比較_Simpson 積分法

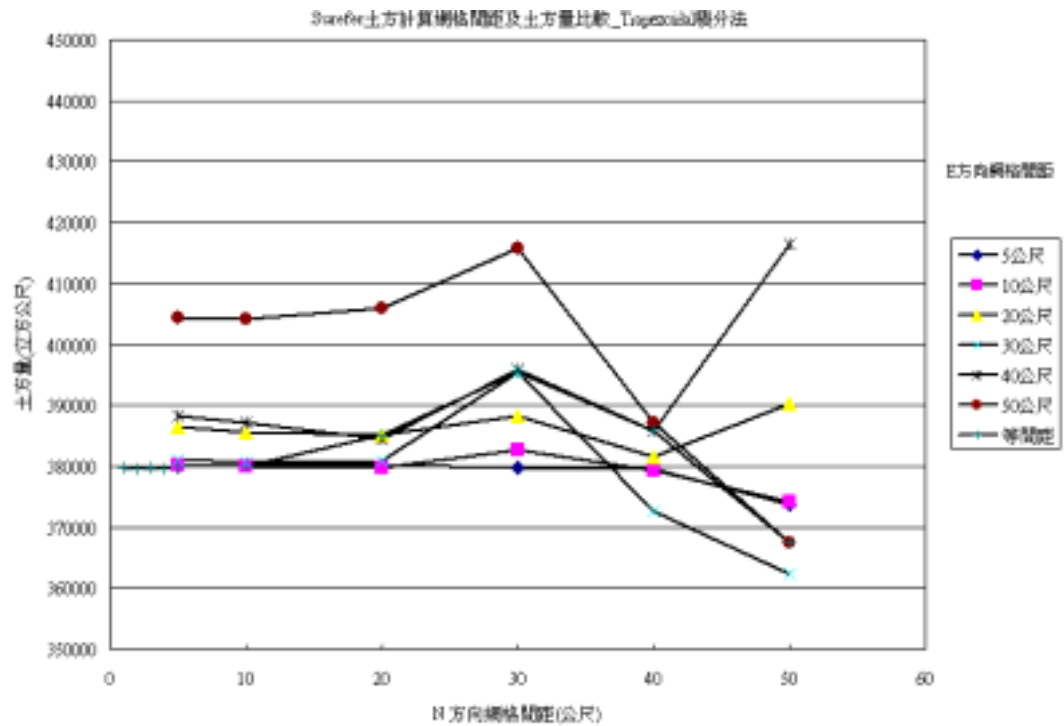


圖 5.4-7 SUREFR 網格間距及土方計算比較_Simpson3/8 積分法

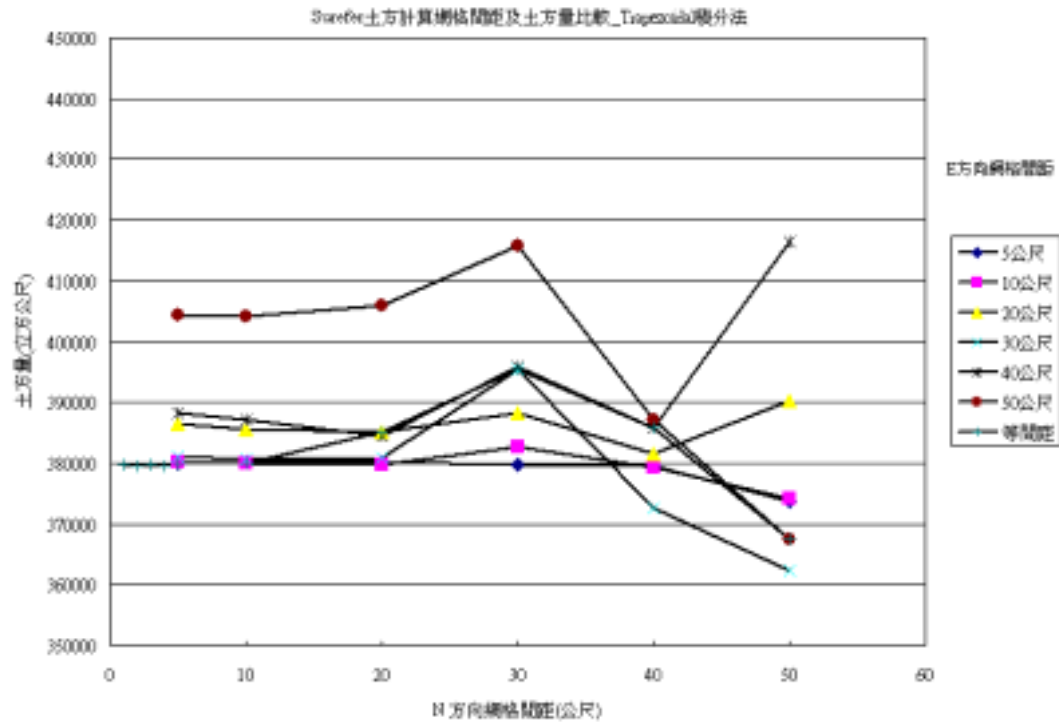


圖 5.4-8 SUREFR 網格間距及土方計算比較_Trapezoidal 積分法

由表 5.4-2、圖 5.4-6、圖 5.4-7及圖 5.4-8中可得到以下結果：

- (1)比較三種積分法的差異，Simpson 法因不同網格間距參數影響得到的土方體積介於 37 萬立方公尺~44 萬立方公尺之間(約 7 萬立方公尺)，Simpson3/8 法介於 35 萬立方公尺~45 萬立方公尺之間(約 10 萬立方公尺)，Trapezoidal 法則介於 36 萬立方公尺~42 萬立方公尺之間(約 6 萬立方公尺)，以這三種積分法計算土方總量時，Trapezoidal 積分法受到網格密度影響較小。總而言之，資料密度不足時，應採用 Trapezoidal 積分法計算土方。
- (2)由於 Surfer 中並未估算土方誤差，因此網格間距與土方總量的正確評估只能以土方總量穩定收 的情況作為判斷，上述三種積分法的網格間距減至 20 公尺時，有逐漸穩定的勢趨，至 10 公尺完全穩定收，10 公尺以下幾方形網格幾乎無變化。
- (3)本範例的異常趨勢分別於垂直網格間距 30 公尺的突增及垂直網格

間距 40 公尺的反降趨勢，其異常原因可能是 Surefer 軟體模式的系統偏差造成。

- (4) 本範例中，網格密度越來越大，間距越來越小，土方總量變化逐漸變小，土方總量逐漸穩定至 38 萬立方公尺。若因資料密度不足，而對土方總量有質疑時，可參照圖 5.4-8 製作對應表，找出收穩定的土方量。
- (5) 綜合而言使用 Surefer 計算土方時，建議網格間距至少應小於 10 公尺，如果測線間距在 10 公尺以內時，土方的網格間距也應配合調整相同間距，當作業區面積範圍過大超出軟體容許範圍可分區計算，但應謹慎檢核。

5.4.3 HYPACK

1. 土方計算原理

其土方計算原理可選擇不規則三角網法及平均剖面法，其公式已於 5.1 土方計算原理中說明。

2. 不規則三角網法土方計算操作流程(可參照圖 5.4-9)

- (1) 將疏浚前曲面內插得到推測曲面 A。
- (2) 將設計水深或設計曲面內插得到推測曲面 B。
- (3) 計算正值及負值。



圖 5.4-9 HYPACK 不規則三角網土方計算操作流程

3. 平均剖面法土方計算操作流程(可參照圖 5.4-10)

- (1) 將疏浚前曲面內插得到推測曲面 A。
- (2) 將設計水深或設計曲面內插得到推測曲面 B。
- (3) 選擇剖面檔案。
- (4) 計算正值及負值。

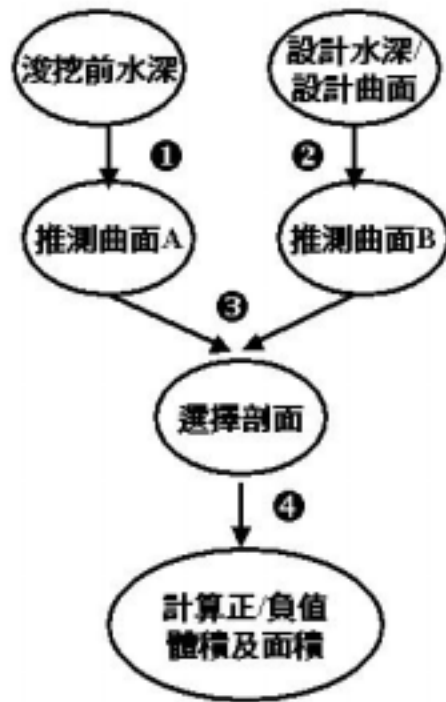


圖 5.4-10 HYPACK 不規則三角網土方計算操作流程

4. 土方計算參數比較

HYPACK 土方計算可選擇不規則三角網法或平均剖面法，本案使用某港區資料比較 92 年 2 月及 6 月二期不同時期海床的變化情形，原始資料約為正方形網格，資料間距約為 50 公尺。

(1) 不規則三角網法

不規則三角網法的參數為三角網最大容許邊長，三角網最大容許邊長分為 10 公尺、20 公尺、30 公尺、40 公尺、50 公尺、60 公尺、70 公尺、75 公尺、80 公尺、90 公尺、100 公尺、110 公尺、120 公尺、130 公尺、140 公尺、150 公尺、160 公尺、170 公尺、180 公尺、190 公尺、200 公尺、210 公尺、220 公尺、230 公尺、240 公尺及 250 公尺共 26 種組合，其演算的成果可參照表 5.4-3 及圖 5.4-11。

表 5.4-3 HYPACK 不規則三角網法土方計算結果表

不規則三角網 最大容許邊長	正值 (立方公尺)	負值 (立方公尺)	總土方 (立方公尺)
10	0	0	0
20	17449.4	8639.01	8810.39
30	21085.82	10612.82	10473
40	28336.35	14044.03	14292.32
50	38726.35	11719.86	27006.49
60	122911.47	59150.68	63760.79
70	373785.97	260219.45	113566.52
75	596152.41	305596.25	290556.16
80	690797.11	407898.05	282899.06
90	725877.9	418891.97	306985.93
100	741391.53	447957.48	293434.05
110	768713.18	481755.46	286957.72
120	787377.06	484203.05	303174.01
130	798622.64	486064.85	312557.79
140	803205.9	487179	316026.9
150	803220.07	487305.46	315914.61
160	811348.05	487424.38	323923.67
170	812977.39	487424.38	325553.01
180	819193.68	488205.13	330988.55
190	828294.1	488250.72	340043.38
200	829391.38	488250.72	341140.66
210	831695.39	489208.77	342486.62
220	836132.61	490189.97	345942.64
230	841855.06	490337.03	351518.03
240	842150.6	490727.28	351423.32
250	845263.17	492032.22	353230.95

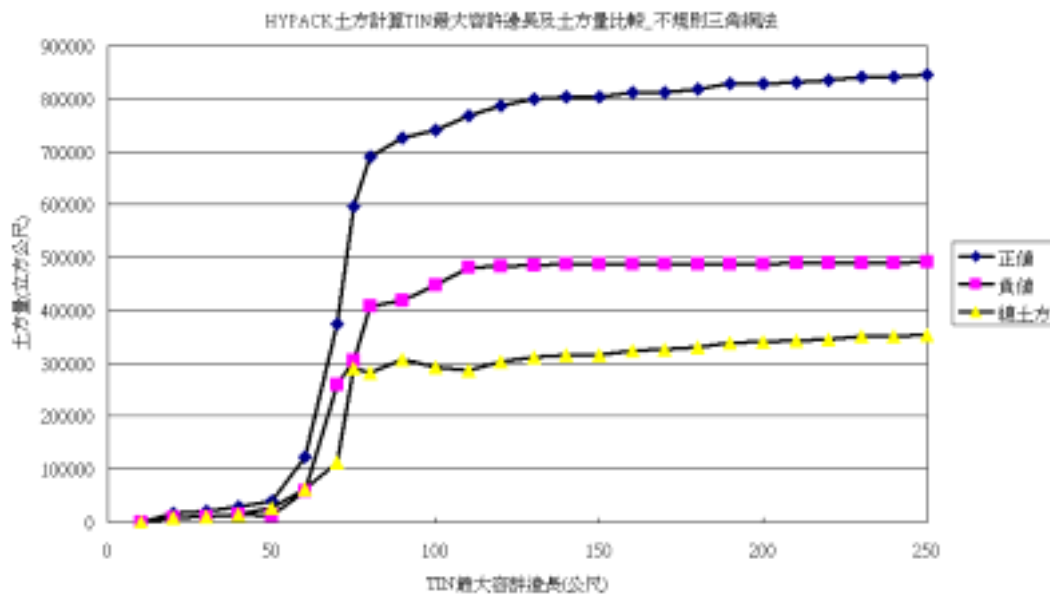


圖 5.4-11 HYPACK 不規則三角網法土方計算結果比較

由表 5.4-3及圖 5.4-11中可得到以下結果：

- 原始資料網格間距為 50 公尺，HYPACK 建議最大容許邊長為測線間距的 150%，本例中最大容許邊長應為 75 公尺，由圖 5.4-11中看出最大容許邊長大於 75 公尺時，總土方的變化趨向平緩。
- 圖 5.4-11中最大容許邊長超過 125 公尺(約 250%測線間距)時，正值緩慢增加，負值幾乎無變化，總土方受正值緩慢增加影響也逐漸增加。這是因為過長的最大容許邊長會形成測區外的三角網，特別是彎道或岸線邊界等。
- 綜合上述兩點，使用 HYPACK 的不規則三角網法計算體積時，本例中，建議不規則三角網最大容許邊長為測線間距的 150%~250%。
- 理論上，最佳的最大容許邊長(L)的建議值應能使鄰接測線的水深資料形成三角網格，而且最近的水深資料組成三角網格。一般測線上的水深資料間距配合船速 3 節及每秒記錄一筆水深，因此資料間距(D_S)可達到 2 公尺左右，港灣水深測量的測線間距(D_L)通常較密約 5~50 公尺，因此當 $L > \sqrt{D_S^2 + D_L^2}$ 時，不規則三角網才可均勻分佈，

以 50 公尺 x50 公尺網格為例，L 至少 70 公尺，軟體建議值為 75 公尺，符合其原理說明。

(2) 平均剖面法

平均剖面法的參數為三角網最大容許邊長，三角網最大容許邊長分為 5 公尺、10 公尺、15 公尺、20 公尺、25 公尺、30 公尺、35 公尺、40 公尺、45 公尺、50 公尺、55 公尺、60 公尺、65 公尺、70 公尺、75 公尺、80 公尺、85 公尺、90 公尺、95 公尺、100 公尺、150 公尺及 200 公尺共 22 種組合，其演算的成果可參照表 5.4-4 及圖 5.4-12。

表 5.4-4 HYPACK 平均剖面法土方計算結果表

不規則三角網 最大容許邊長	正值 (立方公尺)	負值 (立方公尺)	總土方 (立方公尺)
5	848489.92	207115.46	641374.46
10	848596.54	528131.62	320464.92
15	722478.04	628549.98	93928.06
20	709154.95	562093.27	147061.68
25	708908.95	510168.47	198740.48
30	727879.94	495855.33	232024.61
35	1121.84	181.85	939.99
40	756545.22	468296.78	288248.44
45	778172.03	494896.47	283275.56
50	767086.65	493383.61	273703.04
55	834394.03	532857.94	301536.09
60	858319.7	524551.85	333767.85
65	726.69	88.96	637.73
70	5343.8	50.6	5293.2
75	946837.84	781080.64	165757.2
80	1666.79	20.8	1645.99
85	919761.91	667535.89	252226.02
90	2682.71	316.48	2366.23
95	6742.73	3155.63	3587.1
100	2129.82	219.21	1910.61
150	12528.89	1312.46	11216.43
200	22126.07	3243.32	18882.75

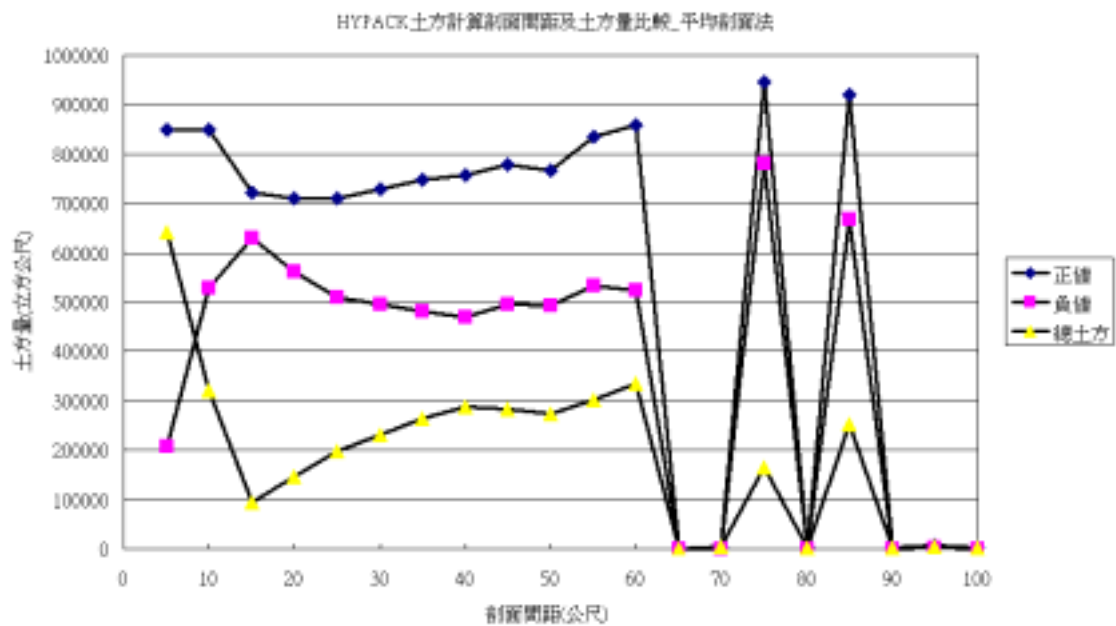


圖 5.4-12 HYPACK 平均剖面法土方計算結果比較

- (a) 由於水深資料網格間距為 50 公尺，測線間距可視為 50 公尺，圖 5.4-12 中剖面間距超過 60 公尺以後土方量呈現不穩定的變化，剖面間距由 40 公尺降至 15 公尺時，總土方也呈現下降走勢，15 公尺降至 5 公尺反而逆勢驟升。
- (b) 平均剖面法的土方計算理論中，剖面線與測線相同可減少內插非測線上位置造成的誤差，因此減少剖面線間距增加剖面密度並不會增加土方計算的精確性。所以本例中，測線間距為 50 公尺，剖面間距為 40~60 公尺時，土方量變化趨勢較為穩定。
- (c) 由本例中可判斷出，土方計算與測線間距有強烈的相關性，調整軟體參數或內插模式以減少土方量的計算造成的傳播誤差，其效果有限，事實上，足夠的測線密度及良好品管的水深測量才是提升土方計算精度的關鍵因子。
- (d) 水深測量精度的品管結果會直接反應在土方計算的比較圖，若圖 5.4-12 中土方量與剖面間距的變化趨勢平緩，表示品管精度良好，反之品管精度較差。

5.5 土方計算評述

1. 土方計算的水深測量應符合水深量測相關的標準。
2. 使用之土方計算的軟體應記錄其名稱、版本、操作的模式、設定之參數及操作者，以供資料追蹤及評估檢驗。
3. 土方量之計算因使用之軟體及參數差異而不同，原則上，因水深測量系統的測量誤差造成土方誤差量(V_{err})應控制小於軟體計算造成的土方量誤差(V_{Soft})。

(1) V_{err} 公式如下：

$$V_{err} = \frac{\sum_{i=1}^n |D_i| * A}{n}$$

V_{err} :測量土方誤差量(立方公尺)

D_i :符合精度要求之交錯檢核點水深差值(至少 95%的資料符合水深量測相關的高程/水深之量測精度)

A :測區面積(平方公尺)

n :交錯檢核點點數

(2) V_{Soft} 較難定義，某些軟體可以估計推測土方計算的誤差量範圍，例如 DGM，其原理是以網格四邊水深值的最大值及最小值為誤差量範圍，但適用高密度集資料。應儘可能比較不同土方計算軟體及參數設定之土方量，並且繪製土方量及參數變化比較圖以求得合理的土方量。

4. 計量之土方以設計水深或設計曲面以上土方為準，超挖之土方不計量。

- 5.土方計算的網格間距不超過 10 公尺為主，儘可能配合測線間距縮短網格間距，但小於 1 公尺時應考慮資料的原理及正確性。多音束測深之資料密度至少需 100%覆蓋率。
- 6.儘可能不經內插推測曲面的過程而算出土方量，特別是高密度測深資料或 100%以上覆蓋率的多音束測深資料。
- 7.因測深資料密度不足引起的土方計算誤差，可增加測線以填補空白區域，必要時可使用多音束測深填補，但應注意時效性及回淤效應。
- 8.多音束測深用於土方計算的時機，可由事業主管機另行規定。

第六章 水深測量標準作業程序之建議

6.1 規劃階段

6.1.1 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，則需增加潮位站。
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。並將導航背景圖載入海測軟體。

6.1.2 現場踏勘

1. 現場勘察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：
2. 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。
3. 潮位站：潮位站環境檢視及引測與檢核，並且記錄之。
4. 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。
5. 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考時，應注意控制點是否可通視作業區；使用衛星定位儀器時

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。

6. 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。
7. 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。
8. 規劃報告格式由主管機關規定，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、引測及平面位置與高程之檢核，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。

6.2 作業階段

6.2.1 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)不得作業，但若有湧浪補償器可供修正水深，則波高在 1 公尺以內或風力 3 級(含)以下，品管人員得視海象狀況決定是否作業。

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精度要求。
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. 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) 船隻姿態感測器：應儘量安置於船隻重心，若不能則應紀錄相對位置。
6. 感測器角度安置量測、記錄及修正：調整電羅經感測器方位與岸線一致，計算船隻姿態感測器的安置角度。
7. 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。
8. 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。
9. 定位資料自靠泊進出港開始記錄。
10. 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，作業前後量測水中聲速剖面。
 - 。
11. 多音束測深作業儘量在前後需執行音鼓軸系安置角度及系統時間遲滯試驗(patch test)。

6.2.2 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：防波堤等，經常檢視相對位置的正確性。
- 3. 水深歷史資料可附加於海測軟體之背景圖內，以供經常檢視比對量測之正確性。
- 4. 按照規劃之測線航行，隨時注意偏離測線、電源供應、通視遮蔽、無線電干擾、收訊不良及其他異常狀況。
- 5. 單音束測深若航跡偏離測線超過測線間距一半則重測此測線。

6. 單/多音束測深之測量資料密度若未達規定標準，應補測之。
7. 若海水表面溫度於每日作業之間可能相差 10 度，應加測最高溫及最低溫時之水中聲速剖面。
8. 船隻儘可能離開測區範圍，再回轉至下一測線。
9. 作業結束後應量測聲速剖面，並檢核定位系統的正確性。

6.2.3 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是否與作業時間成正比。
3. 潮位資料可與預測潮位或附近潮位站資料比較，確認其正確性。
4. 水深資料可與歷史水深資料比較，以確定其正確性。
5. 每日原始資料(含記錄紙及電子檔)備份二份。
6. 繳交當日原始資料備份(含定位、水深、潮位、船隻姿態、聲速剖面、儀器及感測器安置位置、軟體使用參數之設定及進出港証明等)。

6.3 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. 品管人員應再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等徵物探測，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(Bathymetric)，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，則不必內插處理。
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(TIN)，使用內插模式及設定之參數應詳實記載。

第七章 結論與建議

7.1 結論及建議

1. 1998 年以來世界各國以航安為目的之規範的海道測量多以 IHO 的 SP-44 為藍本，適用港灣工程、浚挖工程或海岸工程的水深測量規範並不多。美國工兵署水深測量之最低標準即為其工程水深測量規範的代表，本研究案針對浚挖工程的水深測量規範，而提送公共工程委員會的水深測量規範則是針對一般公共工程的通用標準。本案草擬之水深測量規範，以公共工程委員會格式為原則，其精度要求以工程特等測量為基準，若因用途不同可採用工程一等測量或工程二等測量精度要求。
2. 除了測量精度外，採用的土方計算軟體及參數也是影響土方量的重要因子，工作諮詢會議時，委員提出：由主管機關訂做或指定使用軟體，但不符合 WTO 精神。較可行方案是由業主提供驗收的土方計算軟體，乙方施工時使用之軟體，則可自行選擇，但甲方提供之軟體應為國際性通用且具有公信力的軟體。
3. 因使用不同軟體或參數設定引起的合約糾紛，可以請公正第三方比較不同土方計算軟體及參數設定之土方量，並且繪製土方量及參數變化比較圖以求得合理的土方量，並驗證軟體或參數的適用情況。
4. 目前我國之水深測量並無唯一的主管機關，我國各項公共工程都以公共工程委員會施工綱要為原則，而舊制的施工綱要水深測量規範已經不適用目前的軟/硬體設施及測量方法，由於標準不合時宜引起的合約糾紛時有所聞。從另一個觀點來說，公共工程委員會若要修正施工綱要的水深測量規範，完善配套措施才可確保新的水深測量規範能夠順利推動。
5. 本案內容原訂針對水深測量規範，但為推動規範之執行，一併提出規

劃相關配套措施之建議，但因經費拮据，執行期間短促，僅提出配套措施之規劃方向，配套措施的三大主題：人員訓練、證照制度及驗收機制的修訂有待承辦單位繼續努力。

7.2 本研究之執行構想

7.2.1 水深測量規範草案

為落實本研究之成果，本案擬定之水深測量規範草案詳附錄 A，將提交公共工程委員會以期能更新目前的水深測量規範。

7.2.2 配套措施

1. 證照制度

目前的簽証制度，河海測量屬於測量技師的簽証範圍，不可否認河海測量必須具備陸上測量基礎知識，但事實上河海測量需要更多的專業知識及訓練。陸上測量與海洋測量專業証照分離是國際現況，也是我國未來可以努力執行之方向。

斧底抽薪之計是由交通部(或內政部)建請勞委會職訓局，新增海洋測量士證照，並增設海洋測量士之訓練課程。水深測量之海洋測量士證照分為三級：甲級、乙級及丙級。

- (1) 甲級：負責水深測量外部品管，具備驗收水深測量資格。
- (2) 乙級：負責水深測量內部品管，具備規劃水深測量計畫、監督水深測量執行及品管水深測量資料處理人員資格。
- (3) 丙級：負責水深測量操作、記錄及執行，具備水深測量操作人員資格。

2. 人員訓練

証照制度的實行並非一蹴可及，人員訓練則為當務之急，現行制

度之配套方法分為短期、中期及長期。短期內可以建請執業之測量技師參加水深測量技術訓練班，中期應建議考選部在測量技師考試內容加入水深測量技術，長期則應建議教育部之各級測量及海洋相關學校將水深測量及實習納入測量課程中。

水深測量之教育訓練工作則可比照內政部地籍測量訓練班的方式以本所港灣技術研究中心或航政司為承辦單位，進行港灣及海岸工程與疏浚測量進行水深測量人員之訓練。不論以海洋測量技師或以測量技師為監驗技師，海測人員訓練的基本授課內容分為以下三種：

- (1) 甲級授課內容及訓練期限：國際水深測量相關之法規及國內水深測量相關之驗收標準及檢核標準。訓練期限：2~3 週，每 3~5 年回訓一次。
- (2) 乙級授課內容及訓練期限：水深測量之規劃概要、詮釋資料、資料處理及品管檢核。訓練期限：4~12 週，每 3~5 年回訓一次。
- (3) 丙級授課內容及訓練期限：水深測量之原理，軟/硬體操作實務、記錄要項、故障排除及資料處理。訓練期限：4~12 週，每 3~5 年回訓一次。

3.驗收制度

- (1) 單純的水深測量可以為『勞務驗收』，得以書面或召開審查會方式辦理。
- (2) 考量水深測量驗收的時效性及專業性，以政府採購法及相關法規甄選公正單位為原則。
- (3) 公正單位的驗收為標準，公正單位可以為自然人或法人，本規範建議短期規劃以自然人為公正單位，可解決當務之急；長期規劃以法人或自然人為公正單位，可增加驗收之公平性與多元性。
- (4) 公正單位必須具備一定數量的海洋測量士專責人員為原則。

- (5) 協助驗收所引生之費用原則上由甲方編列預算支付公正單位，必要時可由甲方協調乙方同意後，由乙方支付此費用，為此驗收單位仍只對甲方負責。

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. New Zealand, October 2002, Hydrographic Metadata Specification, National Topographic Hydrographic Authority.
 18. The Federal Geographic Data Committee, 1998, Content Standards for Digital Geospatial Metadata(FGDC-STD-001-1998).
 19. The Federal Geographic Data Committee, 2001, Shoreline Metadata Profile of the Content Standards for Digital Geospatial Metadata(FGDC-STD-001.2-2001).
 20. The Federal Geographic Data Committee, 1998, Geospatial Positioning Accuracy Standards(FGDC-STD-007.1/2/3-1998).
 21. Canadian Hydrographic Service, 2002, Hydrographic Metadata Requirements.
 22. 行政院研究發展考核委員會，2001，海洋白皮書。
 23. 日本海上保安廳，2001，日本水路業務法施行令。
 24. 日本海上保安廳，2002，日本水路業務法施行規則。
 25. 日本海上保安廳，1989，日本水路測量業務準則施行細則。
 26. 日本海上保安廳，2002，日本水路測量各等級測量規則。
 27. 日本海上保安廳，2001，日本水路業務法。
 28. 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。
 29. 薛憲文，1997，應用測量學講義。

30. 內政部，2001，國土資訊系統相關數值資訊詮釋資料製作須知，版本 1.0。
31. 史天元、彭森祥，2002，九二一地震災區空載雷射掃描作業成果初步報告，第二十一屆測量學術及應用研討會。
32. 內政部，基本地形圖資料庫地形資料分類編碼表，1998，內政部。
33. 內政部，基本地形圖資料庫專有名詞定義，1998，內政部。
34. 內政部，基本地形圖資料庫圖式規格表，1998，內政部。
35. 內政部，基本地形圖資料庫標準交換格式詳細說明，1998，內政部。
36. 內政部，國土資訊系統公共設施管線資料庫標準制度，1998，內政部營建署。
37. 內政部，國土資訊系統相關數值資訊詮釋資料製作須知，2001，內政部。
38. 洪榮宏教授，地理資訊詮釋資料(METADATA)介紹及案例說明，2002，地理資訊檢索及流通交換研討會。
39. 朱子豪，國土資訊系統詮釋資料之發展與探討，2002，地理資訊檢索及流通交換研討會。
40. 黃旭初，地理資訊目錄檢索及流通交換系統介紹及操作，2002，地理資訊檢索及流通交換研討會。
41. 內政部，國土資訊系統相關數值資訊詮釋資料製作須知，1.1 版，2003，內政部。
42. 內政部，基本地形圖資料庫專有名詞定義，1198，內政部。
43. 海測局，海洋測量辭典，1978，海軍總部。

附錄 A 港灣水域水深測量規範(草案)

本規範中精度要求以工程特等測量為主，針對不同的水深測量用途，其他港灣水域水深工程用途可參照表 1。

表1 港灣水域水深相關測量精度表

工作分類	導航及疏浚測量用途		其他港灣工程 水深測量用途
	硬底質	軟底質	
精度分級	工程特等	工程一等	工程二等
高程/水深之量測精度(95%信賴程度)			
機械式(水深<5m)	±8cm	±8cm	±15cm
音響式(水深<5m)	±15cm	±15cm	±30cm
音響式(水深 5 至 13m)	±30cm	±30cm	±60cm
音響式(水深>13m)	±30cm	±60cm	±60cm
特徵物/淺灘偵測能力			
最小特徵物尺寸(95% 信賴程度)	>0.5m ³	>1m ³	非必要
最少音響測深點數	>3	>3	非必要
水平定位量測精度			
水平定位精度(95%)	<2m	2m	5m
特徵物之水平位置精度(95%信賴程度)			
圖面水深位置	2m	5m	5m
固定之平面特徵物	3m	3m	3m
固定輔助導航裝置	3m	3m	3m
浮動輔助導航裝置	10m	10m	10m
補強控制測量精度			
水平控制	三等	三等	三等
高程控制	三等	三等	三等
測量密度	測線間距 <10m	測線間距 <60m	測線間距 <150m
品管/品保條件			
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
品保檢測	必須	必須	必須
最大容許偏差(bias)	±3cm	±6cm	±15cm

1. 通則

1.1 本章概要

為順利獲得品質良好的水深及其他相關資料，做為港灣水域的基礎資訊，特制定本規範。

1.2 工作範圍

控制點測量、潮汐觀測、水深測量等工作，必要時包括：潮流探測、海床底質特性及海床特徵物的測繪。

1.3 測量單位

- (1) 測量之長度以公尺為單位。
- (2) 測量之角度採用三百六十度式。
- (3) 測量之面積，採用公頃（一萬平方公尺）為單位。

1.4 坐標基準

1.4.1 平面基準

平面基準採用 TWD97，該基準之參考橢球體採用 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，其參考橢球參數如下：

- (1) 長半徑 $a = 6,378,137$ 公尺。
- (2) 扁率 $f = 1/298.257222101$ 。

1.4.2 高程基準

高程基準採用 TWVD2001 高程基準，在其上者高程為正，在其下者高程為負。

- (1) 臺灣本島以基隆驗潮站平均海水面為起算點。
- (2) 澎湖地區以馬公平均海水面為起算點。

- (3) 若有必要時，可以當地之最低低潮位面為高程基準，唯需同時引測 TWVD2001 高程基準與當地之最低低潮位面間之高程差值，以利水陸同時測量之應用。

1.4.3 投影坐標系統

採用橫麥卡托(TM)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。

- (1) 臺灣本島地區以東經一百二十一度為中央子午線。
(2) 澎湖地區以東經一百一十九度為中央子午線。

1.5 各級測量之基準

1.5.1 導航及疏浚測量

導航及疏浚測量基於航行安全及水下淨空原則，訂定工程特等測量及工程一等測量標準。

- (1) 工程特等測量：適用於海床為硬底質，指包含特徵物足以影響航行安全及水下淨空原則。
(2) 工程一等測量：適用於海床為軟底質，指包含特徵物不足以影響航行安全及水下淨空原則的海床特性，例如：沙質或泥質海床。

1.5.2 其他港灣工程水深測量

工程二等測量，非導航及疏浚用途的量測。

1.6 底質採樣

底質採樣目的為導航及疏浚測量需採樣及分析，以供測量分級，若使用歷史資料應經工程司之認可。

底質特性可由採樣或其它感測器(單音束測深儀、多音束測深儀、側掃聲納、底層剖面儀、攝影..等)推論而得，採用任何間接推論的技術，都應有實地採樣來抽樣檢測驗證之。

側掃聲納不可用於定義水深，但可用於水域內之海底特徵物調查及間接推論海床底質狀況。

1.7 潮流觀測

重要地區得設置潮流觀測站。潮流速度及方向在 95%信賴程度之量測誤差應分別小於 0.1 節及 10 度。

1.8 測量報告書

每一測量業務於工作完成後，均應撰寫測量報告書，其內容包括計畫名稱、工作編組、工作方法、使用裝備、測量精度、施測起訖日期、詮釋資料，及遭遇困難與解決方法等附於測量成果，以供爾後使用之參考。測量作業施工地點、測區範圍、測量密度、測量期限及其他測量要求等，應依設計圖說規定加以說明列出。

2. 產品

(空白)

3. 施工

3.1 準備工作

- (1) 現場踏勘 - 檢查無線電通信狀況、環境遮蔽等
- (2) 測區平面及高程控制點驗測
- (3) 船隻及儀器整備
- (4) 工作討論及分工計畫
 - A. 器材及資料準備
 - B. 基站安裝位置（陸上及船上各壹台）
 - C. 測量計畫

D. 工作分工

E. 工安計畫

(5) 平面及高程控制點引測

3.2 定位

3.2.1 測深之定位方法

定測深位置之測量方法，可採用電子定位法、人工或自動追蹤之全測站角邊混合測量法及衛星定位法(差分式全球定位，信標差分式全球定位，即時動態定位測量等)，或其他定位方法，但須徵得工程司同意後使用。

3.2.2 定位方法之原則

- (1) 測線原則上應以海測軟體(hydrographic software)預先規劃之。若以方向來定測線，則在岸上至少需有兩個以上明顯之控制點，提供船隻定測線方向之用，且該控制點之平面位置需以衛星定位或導線方式測量之。規劃測線方向應先經工程司之認可。
- (2) 全測站水平角度之最小刻劃應配合測站至目標之距離長短之規定：在 300m 以內其刻度精度應在[20][]秒以內，在 6,000m 以內其刻度精度為[10][]秒以內。
- (3) 定位方法之定位精度應在[3-10][1-3][1 以內][]m。
- (4) 若使用衛星定位系統至少應同時紀錄四顆衛星，且 HDOP 在 3 以內。
- (5) 若使用衛星定位系統應隨時注意是否進行差分修正。
- (6) 定位系統使用的控制點必須符合三等三角點的精度。

3.2.3 衛星定位系統(DGPS，RTK)基地台之安裝

- (1) 基地台有穩定可靠之電源。
- (2) 基地台天線週圍仰角 15 度以上與天空間無遮蔽物。

- (3) 基地台與船台間無任何障礙物。
- (4) 測區附近無接近頻道之無線電波干擾。

3.3 測深

3.3.1 測深之測量原理

- (1) 機械式(Mechanical)：測深錘及測深桿。
- (2) 音響式(Acoustic)：單音束測深及多音束測深。
- (3) 光學式(Laser)：空載雷射(LIDAR)。

3.3.2 測深之取樣模式

- (1) 特徵點取樣模式：假設取樣值(測深值)皆為特徵點，取樣密度與海床地形崎嶇度成正比，越崎嶇度的海床地形需要較高的取樣密度，特徵點取樣密度通以『測線間距』表示及規定之，距離越短密度越高，當測線間距小於 10 公尺，可考慮以連續性取樣(例如：多音束測深)取代之。製作水深相關圖表時，圖面 1 公分應有 1 個水深值，以 1:5000 為例，測線間距應小於 50 公尺。
- (2) 連續性取樣模式：取樣值(測深值)之足印皆為鄰接，又稱全覆式(100%Coverage)測深，其取樣密度以覆蓋率(Coverage)表示及規定之，通常為 100%~200%，另可限制鄰接測帶(sweep)的重疊率(overload)及音束帶寬。測量原理及取樣模式的搭配方式可參考表 2。

表 2 測量原理及取樣模式的搭配表

	機械式	音響式	光學式
特徵點取樣模式 (測線間距)	測深錘及測深桿	單音束測深	
連續性取樣模式 (覆蓋率)		多音束測深	空載雷射

3.3.3 特徵點取樣(機械式及單音束測深)

測線間隔應配合成圖之比例尺及測量成果之用途而定。

- (1) 船席：[5][]m。
- (2) 泊地及其他：[10][]m。
- (3) 航道：橫斷方面[10][]m。
- (4) 浚挖作業區：[10][]m。
- (5) 外港錨泊區：[20][]m。
- (6) 除上述測線外，另須在垂直上述測線方向作檢核測線，其間隔為上述測線間隔的 5 倍為原則，以執行交錯檢核(Cross Check)，檢驗其水深測量精度。
- (7) 如航跡偏離測線超過測線間距之半或交錯檢核結果不符合，應予重測。
- (8) 工程司認為必要時，可令併用錘測核對。
- (9) 錘測所用之儀具須經工程司之認可。

3.3.4 連續性取樣(多音束及空載雷射測深)

- (1) 連續性測深之測線密度應覆蓋全部海床(100%覆蓋率)，重要區域的覆蓋率可規定至 200%覆蓋或更高。多音束測深系統原則上僅能採用 90 度以內所涵蓋之測深資料，大於 90 度以上之測深資料需證明其測量精度符合本規範要求之水深測量標準。
- (2) 連續性測深亦可以交錯檢核法，來檢驗其水深測量精度。其垂直檢核測測線限制少需與所有主要測線交錯乙次。

3.3.5 測深修正

水深測量應進行潮位、聲速剖面、船隻姿態、船隻靜態及動態吃水、各感測器偏移量、航向(多音束測深時採用)等之修正。

- (1) 測深時之潮位修正，應以工程司認可之潮位儀，潮位水標尺

或其認可之預測潮位表為憑。

(2) 驗潮

- A. 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、當地之最低低潮位面與高程基準面(TWVD2001)之高程差。
- B. 提供潮汐分析與預測所需之觀測資料，應儘可能延長而且不少於 29 天。
- C. 95%信賴程度的潮位量測總誤差(含潮位儀與時間誤差)不應超過 ± 5 公分。
- D. 潮位觀測宜同時以高程基準面(TWVD2001)與當地最低低潮面表示。

(3) 驗潮設備

- A. 自記式潮位儀應由港務主管機關裝置，長期測讀，無適當港務機關者由工程司裝置，或由工程司委託施工單位裝置。
- B. 在水深測量之同時應自行設立自記式潮位儀，紀錄水深測量時段內潮位變化，此紀錄間隔可依據各地潮時變化及潮差大小，設定每[6][]分鐘紀錄一筆潮位資料。潮差大水域可每[1][]分鐘記錄一筆資料。以紀錄間隔之水位平均值為記錄之潮位資料，非瞬間潮位記錄。
- C. 自記式潮位儀必須裝置在離水深測量位置附近不超過 10km 海水相連之處，該處海床面應低於最低天文潮且其水位應不易受波浪影響，自記式潮位儀之感測器之設置高度需預先引測其與高程基準面及最低低潮位面之高程關係。
- D. 自記式潮位儀之紀錄頻率應為可調整式，記憶卡資料應定期取出轉存在電腦後予以歸零繼續紀錄。

(4) 音響測深儀之校核

音響測深儀之校核除以測深板檢校外(Bar Check)，深水處

(水深超過 30m 以上)尚須作海水之鹽度、溫度及深度變化之水層聲速剖面修正：

- A. 測深板校正，以在測深作業之前後施行為原則。
- B. 測深板校正，以其測深區域內實施，應測至靠近預定最大水深之深度。
- C. 測深板之深度標記加使用狀態之張力，使用前應經檢定調整。
- D. 測深板之深度以測深儀音鼓面為基準，深度 20m 以內每 2m，深度 20-30m 以上每 5m 做一次測定工作，以測深板之上下求平均值 深度超過 30m 則改為水層聲速剖面修正。
- E. 測深板檢校目的主要在檢查音響測深儀之零點(zero index)誤差，及作為音響測深儀聲速設定之參考依據。若能確定音響測深儀無零點誤差，則可以水層之聲速剖面修正取代之。

3.3.6 測深記錄

- (1) 測深資料應以海測軟體每[1] []秒記錄定位坐標、水深、時間及測量相關修正資料。並同時以測深記錄紙(echogram)記錄水深連續資料，並以事件記號線(event mark)紀錄時間及位置。在音響測深儀內之設定(聲速等)、各感測器(GPS、音響測深儀音鼓、船隻姿態收集器或湧浪補償器、航向儀等)之偏移量、定位系統基地台坐標、海測軟體之設定(參考橢球參數、投影參數、坐標基準轉換所用之七參數等)等資料，皆須以表格方式記錄，以供日後計算或資料查核之用。
- (2) 定位系統紀錄或儲存之水深、潮位資料、船隻動態變化、水層聲速剖面及其他測量相關觀測之原始資料皆應繳交相關磁性檔及人工表格紀錄。水深值及相關資料於資料處理前、中、後過程之水深值及相關資料皆需繳交，包括以下基本資訊及

資料處理前中後資料：

- A. 基本資訊：操作人員、品管人員、儀器型號、儀器設定參數、感測器安置說明圖、船員名單及作業證明(進出港紀錄)。
 - B. 歸算前水深：測深現場蒐集之未經修正之原始定位資訊(衛星定位系統基地台及船台之原始觀測資料等)、水深資料及必要之修正資料(軟硬體設定之原始記錄、圖紙或數值資料)。
 - C. 歸算後水深(資料篩選前水深)：已執行所有修正之水深(潮位修正、各感測器偏移量修正、聲速修正、船隻姿態修正、定位系統及坐標系統修正，感測器安置角度修正或校正等)，並且刪除異常水深值，重要區域有疑慮之水深應補測之。歸算後涵蓋之水深範圍應符合本次測量之要求，其資料至少需包括平面坐標、水深及時間等。
 - D. 資料篩選後水深資料及成果報告：包括配合測量用途而簡化之水深成果資料、內插轉換過程紀錄(例如：限制內插邊界等)、平面坐標系統及高程基準轉換前後之資料、等深線圖、水深色階圖、斷面圖、水深網格圖、水深 3D 立體圖及土方計算成果等相關資料。另需在測量報告中加以說明內插轉換所用之軟體、內插方式及內插計算相關之軟體參數設定。
- (3) 測深記錄紙/檔應記錄日期、工作地點並善保存，並繳交給工程司，以供比對或檢核之用。
- (4) 測量完成後應將測深航跡圖、測深紀錄紙、音響測深儀校正板檢校紀錄或聲速剖面記錄、原始測深記錄磁性檔、潮位紀錄及修正後之水深紀錄磁性檔、歸算後水深圖等送請工程司核備。

- (5) 歸算後水深圖之比例與紙質由工程司指定之。
- (6) 在歸算後水深圖上除水深外須繪入平面控制點、水準點、海岸線、測量範圍內之人工結構物、陸上地形及坐標方格線（或經緯線）、測量日期、比例尺等背景圖資。
- (7) 歸算後水深計算至 cm。

3.3.7 驗收及檢核

檢討所提出之測深紀錄、水深相關之圖資等之內容，確定其與規定完成相符者，即可為驗收之參考。惟日後若發現測量成果有遺漏或錯誤或許可差超過規定值時，應補測或重測，若錯誤嚴重超過許可之誤差範圍應重測。

- (1) 施測單位需提供量測過程之各種儀器設定及作業人員的原始紀錄文字、圖、表及磁性檔，與計算過程所採用之參數、資料處理所採用之軟體名稱及成果，以利檢核，其格式由工程司另訂之。
- (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包含範圍的[10%][]。
- (3) 水深資料的檢核費用：檢核費用為測量總費用的[30%][]。
- (4) 驗收機制分為抽驗、資料檢核及監驗。
 - A. 抽測：使用同等級或更高級的儀器或方法，重新檢測部份區域。
 - B. 資料檢核：檢核測量及計算過程所有相關書面資料之正確性。
 - C. 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。
- (5) 測量成果之檢核須經工程司或公正單位審定之。公正單位可依據政府採購法規定甄選之。

- (6) 為提升資料品質或爭取測量之時效性...等原因，可採用分區分段驗收測量成果，驗收前需徵得工程司同意。

3.4 許可差

95 %信賴程度的許可差指 95%的水深誤差值會介於以平均誤差為中心， ± 1.96 倍標準差之範圍內。

3.4.1 定位

定位可容許之誤差範圍(95%信賴程度)：[2m][]。

3.4.2 交錯檢核(95%信賴程度)精度範圍

- (1) 機械式測深(水深 0~5m)：[$\pm 0.08\text{m}$][]。機械式量測方法適用 5 公尺以內水深，水深若超過 5 公尺時，量測誤差會增加，量測精度會下降，使用前需徵得工程司同意。

(2) 音響式測深

- A. 水深 0~5m：[$\pm 0.15\text{m}$][]。
B. 水深 5~30m：[$\pm 0.30\text{m}$][]。
C. 水深 30~100m：[$\pm 0.60\text{m}$][]。
D. 水深 100m 以下：水深之[$\pm 1\%$][]。

3.4.3 交錯檢核最大容許偏差(bias)

交錯檢核之平均誤差[$\pm 3\text{cm}$][]。

3.4.4 多音束測深之特徵物及淺灘偵測能力

偵測最小特徵物及淺灘的極限，且至少有三個以上的測深值來描繪出此特徵物或淺灘。

- (1) 工程特等測量需偵測至[0.5 m^3] []物體。
(2) 工程一等測量需偵測至[1m^3] []物體。

3.5 品質管制

3.5.1 品質管制之方式

- (1) 內部自我品質管制：施測單位的品管人員監督或檢查之。

- (2) 外部品質管制：甲方依據政府採購法規定甄選定公正單位(丙方)，並由甲方付費或預先公告乙方應包含此監驗費用。由公正單位指派品管人員監督或抽驗之。

3.5.2 定位系統品管校正

- (1) 定位時宜加入多餘觀測，測深時應加入交錯檢核測線以確定其量測品質。
- (2) 若無多餘定位系統觀測需常施以嚴密檢查，以確保定位品質。
- (3) 測深作業前後各在已知平面位置點執行檢核乙次。

3.5.3 測深品管

- (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，或重新測量以解決之。
- (2) 多音束測深
 - A. 強制評估每一音束的量測精度，若外側音束超過容許誤差，則這些音束所量測的水深資料都不應採用。
 - B. 所有測帶至少應以檢核測線交錯一次或進行測帶重疊，以確認定位、水深量測及水深歸算的精度。
- (3) 空載雷射測深：所有測帶至少應以檢核測線交錯一次或進行測帶重疊，以確認定位、水深量測及水深修正的精度。

3.5.4 聲速品管校正

- (1) 測深作業前後各執行一次。作業區水層特性變化較大時，應增加聲速剖面量測次數。
- (2) 多音束測深執行聲速剖面校正為必要程序。

3.5.5 船速限制

音鼓固定於船舷側時，測量船之船速限在 6 ~ 8 公里/小時左右，潮流較急之處應作逆流向測深。

3.5.6 海氣象條件限制

- (1) 工程司若判斷氣象、海象情況不適於水深測量而指示停止測量時，承包商應遵照辦理。
- (2) 示性波高（有義波高）50cm 以上或風力 3 級(含)以上(7~10 海浬/小時)不得作業測深工作，但若加裝湧浪補償器或船隻姿態收集器時，示性波高 100cm 以下或風力 3 級(含)以下，得在工程司同意條件下作測深工作。

3.5.7 詮釋資料

- (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；資料品質的相關資訊稱為詮釋資料。
- (2) 詮釋資料至少應包含下列訊息：
 - A. 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。
 - B. 所採用之坐標系統：水平及垂直坐標基準。
 - C. 儀器檢校程序及其結果。
 - D. 聲速資料或測深修正板結果。
 - E. 潮位基準與潮汐修正。
- (3) 詮釋資料為測量工作報告的一部份，並且應符合工程司相關規定制定之。
- (4) 測量水深值應以交錯檢核法估算其 95%信賴程度之誤差，將其列入詮釋資料。
- (5) 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、測量人員及作業時間等，格式由工程司另訂之。

3.5.8 總傳播誤差

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)，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) 聲波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。

3.6 品質保證

檢驗同一區域的兩次獨立量測的平均差值，通常單音束及多音束測深是以交錯測線來檢核之。

4. 計量與計價

4.1 計量

單音束測深之工作依測線長度以[公尺][]計量。

多音束測深之工作依測區平面面積以[平方公尺][]x 覆蓋率[100%][]計量。

4.2 計價

單音束測深之工作依[實際測線長度][]計價。

多音束測深之工作依[實際測區平面面積][]計價 x 覆蓋率[實際覆蓋率][]。

本章結束

附錄 B 問卷調查分析及統計

1. 港灣水域水深測量規範是否由交通部彙整公佈即可：
 - (1) 無意見(0 人)。
 - (2) 是_____ (15 人)。
 - (3) 否_____ (5 人)。
 - (4) 其他_____ (4 人)。
2. 港灣水域水深測量規範應符合船隻航行安全訴求之
 - (1) 無意見_____ (0 人)。
 - (2) 國際海測組織(IHO)水深測量規範(8 人)。
 - (3) 以工程及設計訴求之美國工兵署水深測量規範 (2 人)。
 - (4) 綜合上兩者之精神訂定之(12 人)。
 - (5) 其他_____ (2 人)。
3. 您認為各單位所遵循之港灣水域水深測量規範不一是否會引起認定問題或合約糾紛：
 - (1) 無意見(1 人)。
 - (2) 是，本身處理過相關業務(4 人)。
 - (3) 是，同事或同業處理過相關業務(3 人)。
 - (4) 否，港灣水域水深測量標準或相關規範只需依照業主訂定者為準(11 人)。
 - (5) 6 其他_____ (6 人)。
4. 港灣水域水深測量或疏浚測量之驗收作業，
 - (1) 應標準化(17 人)。
 - (2) 由甲方或丙方(協助監督及驗收者)認定即可(5 人)。
 - (3) 其他_____ (1 人)。
5. 針對水深測量人員及承辦人員開設水深測量之訓練或講習是否迫切？
 - (1) 無意見(1 人)。
 - (2) 極為迫切_____ (12 人)。
 - (3) 普通_____ (1 人)。
 - (4) 目前尚可接受承辦及測量人員之專業(6 人)。
 - (5) 其他_____ (2 人)。
6. 港灣水域水深測量之水深基準：
 - (1) 無意見(0 人)。

- (2) 基隆中潮系統(平均海水面) (7 人)。
 - (3) 當地最低低潮位面(3 人)。
 - (4) 同時兼有基隆中潮系統及當地最低低潮位面(9 人)。
 - (5) 其他_____ (4 人)。
7. 港灣水域水深測量之座標基準：
- (1) 無意見(7 人)。
 - (2) TWD67(2 人)。
 - (3) TWD97(8 人)。
 - (4) 同時兼具 TWD67 及 TWD97(5 人)。
 - (5) 其他_____ (0 人)。
8. 港灣水域水深測量常用比例尺：
- (1) 無意見(6 人)。
 - (2) 1:500(0 人)。
 - (3) 1:1,000(5 人)。
 - (4) 1:2,500(2 人)。
 - (5) 1:5,000(1 人)。
 - (6) 1:10,000(0 人)。
 - (7) 其他_____ (11 人)。
9. 港灣水域或海岸工程水深測量目前是否需要多音束測深系統來配合傳統單音束測深：
- (1) 極為需要(4 人)。
 - (2) 尚可接受多音束測深之優點(13 人)。
 - (3) 仍需觀察多音束測深技術之發展(3 人)。
 - (4) 目前仍無此需求(2 人)。
 - (5) 其他_____ (2 人)。
10. 你對公共工程委員會所頒佈「施工綱要規範」中「施工測量及水深測量」之內容是否足夠做為水深測量需求規範之參考依據：
- (1) 未聽過(7 人)。
 - (2) 應足夠(2 人)。
 - (3) 需再詳細說明(9 人)。
 - (4) 其他_____ (4 人)。
11. 港灣水域水深測量或疏浚測量，若加入丙方協助監督及驗收(需另編經費支付丙方)機制
- (1) 極為可行(2 人)。

- (2) 可行，惟運作機制尚需集思廣益(9 人)。
- (3) 可行，惟編列協助監督及驗收經費有困難(1 人)。
- (4) 先仔細討論協助監督及驗收之運作機制再說(9 人)。
- (5) 不可行(0 人)。
- (6) 其他 _____ (2 人)。
12. 疏浚測量之土方計算之方法及軟體使用差異，易因甲乙方之認定不同，而產生爭議，其解決之方法可為：
- (1) 採用廣泛使用之商用軟體，經測試後，以為日後甲乙雙方採用之依據(14 人)。
- (2) 由一個公正認定單位專門來處理疏浚測量之土方計算(7 人)。
- (3) 先進行示範作業，以充分了解測量及土方計算可能產生之容許誤差(14 人)。
- (4) 其他 _____ (3 人)。
- 第一考量的解決之法是第一項共 11 人
 - 第二考量的解決之法是第三項共 10 人
 - 最後考量的解決之法是第二項共 5 人
13. 港灣水域水深測量或疏浚測量合約認定問題或糾紛的可能原因為何(未必發生於貴單位)?
- (1) 不知道(0 人)。
- (2) 測線密度不足(15 人)。
- (3) 海床未全覆蓋(full coverage) (7 人)。
- (4) 使用軟體計算及繪圖之差異(10 人)。
- (5) 水深內插演算法差異(10 人)。
- (6) 水深內插演算法參數設定造成之差異(5 人)。
- (7) 施工前後時間已過難以追溯(6 人)。
- (8) 海床變化劇烈使水深量測有時效性(13 人)。
- (9) 缺乏第三方公正單位對成果的檢核(10 人)。
- (10) 疏浚回淤或超抽土方之認定(11 人)。
- (11) 儀器精度不足(9 人)。
- (12) 人員訓練不足(10 人)。
- (13) 其他 _____ (4 人)。

不知道與其他此兩選項不予考慮

- 第一考量的可能原因是第 10 項共 10 人

- 第二考量的可能原因是第 8 項共 7 人
- 第三考量的可能原因是第 4 項共 6 人
- 第四考量的可能原因是第 2 項共 6 人
- 第五考量的可能原因是第 5 項共 6 人
- 第六考量的可能原因是第 3 項共 6 人
- 第七考量的可能原因是第 7 項共 6 人
- 第八考量的可能原因是第 9 項共 6 人
- 第九考量的可能原因是第 11 項共 6 人
- 第十考量的可能原因是第 12 項共 6 人
- 最後考量的可能原因是第 6 項共 3 人

人數相同時則以受訪人的優先順序作判斷

14. 美國、加拿大、紐西蘭等國之水深作業常委託經認證通過之測量公司直接進行水深測量工作(該國並無採購法問題)是否可行?請提出你的看法:

■ 成功大學水工試驗所 副所長 高瑞棋

基本上唯一良策,惟現階段國內尚無相關之認證及評鑑規範亦即配套措施尚未健全建立因此斷然實施將有可預期之糾紛發生,宜階段性實施

■ 台中港務局港阜工程處 正工程司兼勘測隊隊長 戴文誠

建議參照公共推品鼻檢驗辦法,規範多少面積須檢測之面積數與次數,由合格單位實施驗證作為紀錄以作為驗收檢討對照

■ 高雄港務局工務組測量隊 工務員 許宗得

不可行其理由為 1.認證制度公信力不足 2.採購法制度優良專業測量公司不易得標影響工作品質

■ 國家海洋科學研究中心 助研究員 王王懷

可行,但國內之認證程序及標準應先建立

■ 中正理工學院測繪係 教授 張嘉強

1.我國是否具有辦理認證之"合法"單位 2.水深測量專業技師證照付之闕如 3.現行制度下之限制性招標(評選)或為唯一選擇

■ 海洋大學 副教授 林炤圭

應該指定公證單位以示公允然浚挖規範與試算方式均應有一公定標準以減事端

■ 花蓮港務局 浚渫課長 張天仁

不可行

■ 交通部航政司 幫工程司 鍾春雄

委託經認證通過之測量公司直接進行水深測量工作如甲乙雙方有此共識且可接受該委託測量工作應屬可行

■ 詮華工程顧問有限公司 經理 黃仰澤

不可行,認證之單位如何產生

■ 基隆港務局(港工處) 幫工程司 戴益寶

本局設有測量隊專責測量業務,他單位若無專責人員則可委外辦理

■ 中興測量有限公司 專案計劃經理 黃偉成

不可行

■ 字泰工程顧問 副總經理 陳森河

不可行

■ 台電龍門施工處 水路股長 林治政

此法可行原則上由通過認證之測量公司進行水深測工作較可信賴,再則可由甲乙雙方討論認可之測量方式土方計算方法,以減少不必要之糾紛

■ 台電龍門施工處 碼頭股長 黃文珍

不可行

■ 台電龍門施工處 碼頭股土木工程師 陳建洲

由有認證之第三者作業應可行

■ 中興工程顧問公司 工程師 鄧耀里

現階段仍應以採購法之規定為主

■ 內政部地政司 測量科 李玉瑞 gps 黃思仁
方域科鍾美淑

仍應依政府採購法的規定辦理

■ 財團法人工業技術研究院能源與資源研究所 研究員 錢正明

答案應是可行,但是考慮國情,有許多配套措施(認證標準,認證公信力,追蹤考核...)都需要審慎考慮,若是涉及事業單位之權益問題,如何仲裁及認定要有共識方為可行

15. 其他意見

■ 高雄港務局工務組測量隊 工務員 許宗得

由理本案規範研訂前請先調查公私機構水深測量設備現況再提以釐定適用作業規範避免很多單位現有儀器設備不適用情形,需大量汰換浪費資源

■ 國家海洋科學研究中心 助研究員 王王懷

水深量測之正確與否,可由"原始數據"上進行檢驗此數據之基本參數為:時間(t),座標(x,y)及水深(d)

■ 中正理工學院測繪係 教授 張嘉強

1.是否與內政部地政司協調此一規範擴及全水域測深(非僅港灣)之可能性? 2.是否知道國內真正具有水深測量專業證照(國際認可)技術人員之作業單位公職?此點訊息可對類似工程案件在辦理招標監督驗收教育訓練單向題上有所規道上的思考助益

■ 交通部航政司 幫工程司 鍾春雄

被浚挖之地質成分不同其合約單價差異極大(約有五倍以上之差異),水下

浚挖無法如陸上控方可因視認定固於實際執行時常造成甲乙雙方之爭執建設
對浚挖地質成分及其個別數量如何認定亦解訂定規範,俾制執行浚挖時可依
循

附錄 C 第一次諮詢會議審查意見處理情形表

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(1/5)

委員意見		處理說明
樊處長重光		
1.	丙方驗收機制可採用抽驗方式，但應由甲方付費，並且指定具有公信力的第三方擔任。	配合工程特性、測區面積及經費等因素，驗收機制三種各有其適用的時機，抽驗所需經費及人力需求介於監驗及資料檢核之間，故可以抽驗為主，必要時合約內可訂定其他驗收方式。甲方可指定具公信力的第三方，並且由甲方支付費用，但宜訂定公正單位及合格人員的資格，並需配套措施兼顧之。
2.	分區分段驗收時應採用現場監驗，提升資料品質。	遵照辦理，擬於浚挖規範草案中建立分部份驗收機制及相關驗收規定。
戴隊長文誠		
1.	港灣水域水深測量除高頻率靠泊區不易騰空部份外，餘適合委外測量；建議本研究提供各種測深測量工作精度、標準化作業程序、標準化測量成果紀錄及內容；多音束測深技術亦請考量比照。	遵照辦理，請參閱期末報告書。
2.	建議參照公共工程品質檢驗辦法，規定一定面積數須檢測面積比值與次數，由具有資格之單位實施驗證檢測，作成結果以為驗收檢討參考。	遵照辦理，請參閱期末報告書。

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(2/5)

委員意見		處理說明
3.	建議測量人員及水深承辦人員之訓練，參考工程會品質人員訓練方式，由具能量、資格之單位辦理，訓練時間一次以八十至九十小時為原則，並考量回訓時間。	遵照辦理，請參閱期末報告書。
4.	疏浚水深測量時間建議予以適當規定。	依據美國工兵署水深測量手冊說明，公告之疏浚土方數量依據回淤率而定，應為公告前 120 天內之測量成果。疏浚前(Pre-dredge)之水深測量應在疏浚正式開始前 14 天內完成，並在 2 天內完成疏浚範圍圖及疏浚土方量計算。疏浚後(After-dredge)之水深測量應在疏浚完成後 5 天內完成，並在 2 天內完成疏浚範圍圖及疏浚土方量計算。
5.	建議發包水深測量之監督及驗收人員由承辦單位執行，規定驗收標準作業流程、驗收方法依據(監督及驗證測量資料審查，或再抽測面積比例數)。	參考辦理，擬於浚挖規範(草案)研擬時考量。
6.	單純的水深測量屬於勞務採購工作可免總驗收，一般工程內的水深測量屬於工程的一部份必須執行總驗收。	狀況水深測量(condition hydrographic survey)之驗收各單位規定不一，可尊重各單位之決定。而工程水深測量則大部分單位皆自動進行分段驗收及總驗收。

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(3/5)

委員意見		處理說明
7.	測線密度增加時工作及成本增加，精度是否相對提升？	測線密度增加至 10 公尺左右，其土方量計算精度提升已經趨於平緩。多音束測深之海床覆蓋率為 100%，其目的在瞭解海床上是否有突起之障礙物及其突起高度是否影響船隻航行安全，另外多音束測深之效率較高，目前雖然測量所需費用較高，惟日後將有降低之潛力，利用多音束測深技術亦為世界各國之發展趨勢。
8.	目前水深測量的品質管制程序、監督及人員訓練，有空間規劃。	遵照辦理，請參閱期末報告書。
9.	水深測量檢測應由甲方付費，選擇公信單位(丙方)執行檢測。	參考辦理，擬於浚挖規範(草案)研擬時考量。
黃副主任盛才		
1.	依照專案費用大小不同，丙方的測量費用約可編列 2%~8% 不等。	遵照辦理，依驗收方式不同，所需費用也不同，請參閱期末報告書。
2.	施工機具明確規定可要求施工品質，並可依精度要求、土壤性質、現場情況訂定合理機具及施工規範。	遵照辦理，擬於浚挖規範(草案)研擬時加以考量。
宋教授國士		
1.	測量之準確性須高，測量才有意義，故測量精度非	遵照辦理，將參考國際水深測量規範訂定水深測量精

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(3/5)

委員意見		處理說明
	常重要，建議應到公分級。	度。
2.	考量 Condition Survey	狀況水深測量極為重要，除了可充分瞭解疏浚之時機與疏浚土方量計算外，對於該區域之回淤率亦可充分掌握。另外業主可依面積比例進行海床鑽探，以做為土方計費標準之重要參考資料。
史教授天元		
1.	與前面委員相同之意見不再重覆。	
2.	可由 ISO 定義的監驗單位角色及工作項目，作為公正之第三者。	ISO 9001 之精神在於標準程序之制訂、撰寫及執行。因此目前當務之急為水深測量規範及標準程序之制訂。
3.	廠商必須提供測量原始資料，供監驗單位查驗。	遵照辦理，請參閱期末報告書及水深測量規範草案。
王總經理自成		
1.	一般的民間業主沒有測量單位，其工程費用並未提供獨立測量費用，費用由廠商自行吸收。	建議業主在工程估價時將此費用納入之。
2.	國外的國際港口大多使用多音束聲納測量，但目前國內可使用多音束聲納的廠商不多。	參考辦理，多音束測深為選擇性作業性方式，並無強制性。
3.	浚挖完工後至行政流程完成準備驗收時，回淤現象容易造成驗收糾紛，國際浚挖工程對於驗收時效要	參考辦理，擬於浚挖規範(草案)研擬時考量。

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(4/5)

委員意見		處理說明
	求為五天內完成驗收程序。	
3.	應考量浚挖遇沉船、錨鍊、障礙物等之處理均包含於浚挖單價內之不合理性，建議遇障礙物應於浚挖完成後，甲乙雙方會測重新變更或另案辦理障礙物之清除工作。	遵照辦理，浚挖規範(草案)研擬時將加以考量。
4.	浚挖施工如需過冬常有大量回淤，承商無法自行吸收，規範研擬應考量回淤之計量計價。	遵照辦理。
5.	民間業主不像港務單位有測量隊，考量將檢驗工作及費用編於監造單位之可行性。	納入浚挖規範(草案)研擬時之參考。

附錄 D 第二次諮詢會議審查意見處理情形表

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(1/5)

委員意見		處理說明
戴隊長文誠		
1.	高程基準面之規定，請加考量配合海圖之基準。	參考辦理。
2.	潮位觀測之時距，建議依地區潮差大小予以量化。	遵照辦理，詳見水深測量規範(草案)。
3.	品質管制中建請訂定測量時可加裝湧浪補償器之示性波高上限，測深系統之精度以百分比表示，儀器校驗之時距？	參考辦理，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。
4.	水深測量檢核費宜考量與工程費之比例，訂定百分比。	參考辦理，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。
5.	請加說明測量資料與輸出圖之關係(含浚挖工程之竣工圖)。	參考辦理，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。
黃副主任盛才		
1.	建議依港灣等級(商港、漁港、其他)，規定所需測量設備(商港-多音束、漁港-單音束，可包含於各港務局工程費內並編列教育費用)。	參考辦理，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。
2.	水深測量人員應具備相當之訓練，由學會或學術單位發給證明，不定期回訓(比照品管工程師制度)。	參考辦理，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(2/5)

委員意見		處理說明
3.	建議港研中心或工程會設計土方計算軟體，各單位統一運用。	參考辦理，甲方可提供港研中心或工程會認可之國際廣為採用之土方計算軟體，以供驗收，但不限定乙方使用其他軟體，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。
4.	水深測量如委託監造，其監造項目、內容、方法、作業程序應予明定。	參考辦理，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。
史教授天元		
1.	測量人員制度與証照問題，目前報告中之建議合宜，建議進一步邀集會議推動落實，具體向考試院及相關單位提出建議。	遵照辦理。
朱科長金元		
1.	水深測量之證照制度應加強，建議提出構想及推動策略。	參考辦理，詳見期末報告初稿。
邱主任永芳		
1.	建議提供一套建置量測的基本資料之軟體以供使用，方式可參考報稅二維條碼之方式來處理。	參考辦理。
2.	量測儀器之使用方式和時機應有規定或建議，宜用精度要求來規範可使用之軟體及儀器。	參考辦理，不同儀器及測量方式可得到不同的精度，本研究將以品管檢核綜合精度表示其量測精度，詳見水深測量規範(草案)。

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(3/5)

委員意見		處理說明
3.	計算土方或水深測量之率定應有規定。	遵照辦理，詳見水深測量規範(草案)。
4.	建議提供一個實例做說明，列入正式報告。	參考辦理，報告內已有兩季水深差異土方計算比較，但完整的疏浚測量資料及作業要求資料不易取得，建議另案辦理示範性測量，比較不同的儀器(單音束/多音束測深)的測量精度及土方計算結果。
港研中心(書面意見)		
1.	P. -4-3 中，4.2.1 公共工程委之員會水深測量規範，修正為公共工程委員會施工綱要規範之水深測量規範。本頁中亦有其他類似錯誤，請一併修改。	參照辦理。
2.	P. -4-7 中，問題五可行性方案在制度上應考慮「施工前甲乙雙方進行會測可解決時效問題，另一造成問題係在颱風季節中，因颱風帶來大波浪、海流將海床面整體淤積或侵蝕之因素，需另訂立規範解決。對於資料庫之建立用以推斷，僅可做設計數量之估計，不可做給價之依據」。在技術上：如浚挖船自備測量儀器，隨時可測得最新之海床面，可減少回淤之爭議。另一方式則可在施工區域外一定範圍進行整體測量，以瞭解海床變化，作為侵蝕與淤積之推斷。	參照辦理。

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(4/5)

委員意見		處理說明
3.	P. -5-5 中，誤差範圍此為何種誤差及如何計算出來應說明。	誤差範圍為 DGM 軟體自行提供，其土方計原理為平均推測曲面的網格水深，其誤差範圍為的最大值及最小值的差值。
4.	P. -7-5 中，7.2.13 節及 14 中所稱表 1 無此表。	已修正。
5.	P. -7-7 中，7.4.2 節潮位修正且歸算至基隆平均海水面---因以該地或設計之基準海水面較合乎所求。	參考辦理，高程基準標準為唯一，但可註記與其他基準之差值，詳見水深測量規範(草案)。
6.	第三篇 7.4.3 節浚挖作業測線間距建議與前述船席、泊地等間距。	遵照辦理，詳見水深測量規範(草案)。
7.	第三篇 7.4.5 節垂直測線檢測如何為符合，應加以規範，其是否應以 7.2.4 之交錯檢驗為基準。另此一規定係對單音束或多音束，其與 7.2.16 有無衝突。	交錯檢核為檢驗垂直測線及測線之間的誤差，單音束及多音束測深皆需執行交錯檢核。這三項法條同指交錯檢核，但要求精度的項目不相同，三者並無衝突。
8.	本文中「座標」均誤寫為「坐標」	測量名詞已統一採用「坐標」。
9.	P. -7-10 中，7.9.1 節所稱之格式由主管機關公佈之，其主管機關為何單位？建議由研究單位先行建議出一格式以利推動。	參考辦理，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。

「港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(5/5)

委員意見		處理說明
10.	第三篇 7.9.3 節，抽測部分地區之百分比建議列出一比例做為未來規範之遵循。另監驗者需檢驗何種文件	遵照辦理，詳見水深測量規範(草案)。監驗者需檢驗所有水深測量相關的專業文件。
11.	第三篇 7.9.4 節，何謂監驗單位，採購法中之監驗單位應不從事此一工作。	監驗指全程監督及品管的驗收方式，並非採購法中協助監察的角色。
12.	第三篇 7.10.1 節，1 中，何謂海測人員？	海測人員(hydrographer)有別於陸上測量人員，指通過海道測量訓練或考試的人員，在國際上許多國家都將陸測與海測專業項目分離。
13.	P. -7-11 中，7.10.6 節，無表 1	已修正。
14.	P. -7-12 中，7.10.9 節，誤差應包括潮位觀測誤差。	遵照辦理，詳見水深測量規範(草案)。

附錄 E 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

計畫名稱：港灣構造物功能性設計分析方法之研究

- 港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究 -

執行單位：中興工程顧問股份有限公司等

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
邱主任永芳		
一、請研究單位未來協助本所辦理本研究相關之講習會或研討會。	遵照辦理。本研究團隊將全力協助 貴中心辦理與本研究相關之講習會或研討會。	同意。
二、水深測量和浚挖使用儀器精度是否要規定請說明並增加討論。	水深測量使用之儀器精度，IHO 及 USACE 要求平面定位精度達到 2 公尺以內。對於測深及搭配相關儀器之精度要求，因水深成果，涉及測深儀、聲速剖面、潮位儀、船隻姿態收集器等之綜合效應，故 IHO 及 USACE 僅以綜合性評估測深精度，唯其已提出綜合傳播誤差(TPE)之概念，以期在測量前預先瞭解所使用船隻、設備及測量區域狀況，是否可達到水深測量之精度要求，但此概念仍在發展當中。	請於定稿報告內加強說明或討論。
三、水深與浚挖之準則訂定應有說明。	遵照辦理，有關浚挖及水深之技術準則，建議與人員訓練之研究一併建議於後續研究辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
鍾科長英鳳		
一、針對附件一「港灣水	遵照辦理。	同意。

域水深測量標準作業規範」(草案)如要列入公共工程施工綱要規範建請名稱修改為「港灣水域水深測量」		
二、附件一 1.5.1 (1) 工程特等測量：海床為硬底質--改為「 <u>適用於海床為硬底質</u> 」以下亦同	遵照辦理。	同意。
三、附件一 1.5 節測量分級名稱建議改為「各級測量之基準」，並訂出各級測量所需儀器精度、成果之許可差（平面、控制點及水深等項）等可以規範執行之數值。	遵照辦理，名稱參照修訂。測量精度等要求可參照附件一表 1。至於各級測量所需之儀器精度、許可差之要求，可參閱邱主任問題二之回覆。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
四、附件一 3.3 節測深建議對於機械式及光學式比照音響式訂出相關測線間隔或密度，檢核方法、儀器校正方式。	遵照辦理，測線間隔或密度、測量精度等要求可參照附件一表 1。機械式測深僅適用於特定狀況下檢定音響式測深成果採用。光學式測深以空載雷射測深為主，目前世界各國並無實際測量規範，本規範僅預先敘述其測量原理及原則，預留制訂此技術規範之空間。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
五、附件一建議改寫成 3.3.1 測量方法 3.3.2 機械式（包括相關測線間隔或密度，檢核方法、儀器校正方式）3.3.3 單音束測深（包括相關測線間隔或密度，檢核方法、儀器校正方式）3.3.4 多音束測深（包括相關測線間隔或	參考辦理，本案之測量規範之格式及章節，將提交公共工程委員會，修訂時將儘量以公共工程委員會之格式為基礎，並參考委員之意見研擬。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

密度，檢核方法、儀器校正方式)3.3.5 光學式測深（包括相關測線間隔或密度，檢核方法、儀器校正方式) 3.3.6 測量記錄 3.3.7 品管要項		
六、附件一 3.3.15 驗潮一節中(1) (2)項在水深測量單一次測量要做此項目有困難，建議刪除或做說明僅用於何狀況下使用。	遵照辦理，3.3.15 驗潮一節中(1)、(2)項之說明，通常適用於並無當地平均海水面、當地最低低潮位面與高程基準時之高程差。若已有這些值，則以 29 天潮汐觀測資料所預測之當地平均海水面、當地最低低潮位面僅供比對參考之用。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
七、附件一規範中出現業主、工程司、承辦單位等語詞，建議均統一為工程司。	遵照辦理，業主、工程司、承辦單位等語詞，建議均統一為工程司。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
八、附件一 3.3.18 驗收及檢核中出現部分無意義之？請刪除。	遵照辦理。	同意。
九、附件一 3.3.18 驗收及檢核(1)最後一行「格式另訂之」請說明由誰訂之。	改為「格式由工程司另訂之」。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
十、附件一 3.5.7 氣象狀況建議改為海氣象狀況，並建議依前所研究將風速列入不適執行條件。	遵照辦理，將『氣象狀況』改為『海氣象狀況』。擬將風速限制條件納入不適合進行水深測量之限制條件。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
十一、附件一 3.5.11 規範應避免使用建議之字眼。	3.5.11 為評估各項誤差所引起之總傳播誤差，其目的為測量單位自行預估使用之儀器精度及作業方法是否達到規範精度？綜合傳播誤差(TPE)之概念世界各國仍在發展當中，故採用「建議」之字	同意合作研究單位之說明與處理情形。

	眼，若此執执行程序發展成熟即可將「建議」改為「必需」。	
朱科長金元		
一、第三篇港灣水域水深測量規範之問卷調查統計及結果，建議調整表示之方式。例如：(1)無意見(0人)	遵照辦理。	同意。
主辦單位意見		
一、附錄中的委員意見及處理情形對照表的格式與本所規定不符，會後再提供正確的格式給研究單位。	遵照辦理。已依主辦單位提供之審查意見處理情形對照表的格式重新調整。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
二、最後感謝研究單位能在合約的期限內完成所有合約規定的研究項目，也替我們蒐集到許多的寶貴資料，並將整理分析出的研究成果完整的呈現在期末報告內，研究人員的付出值得肯定。	謝謝肯定！	

附錄 F 期末簡報資料



第三篇 港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究

第三篇

港灣水域水深測量探討及 規範訂定之研究

報告人：薛憲文 教授



第三篇 港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究

簡報內容

- 一. 工作範圍與執行構想
- 二. 水深測量背景及現況
- 三. 水深測量人員培訓
- 四. 土方計算及軟體選用研究
- 五. 水深測量規範(草案)
- 六. 後續待辦工作及建議事項

III-1



一. 工作範圍與執行構想

☆ 1.1 港灣水域水深測量探討(期中階段4.1~6.30)

水深測量背景

背景分析、國內規範調查分析及國外規範調查分析

水深測量現況

工作諮詢會議及問卷調查

水深測量相關設備

硬體設備及軟體設備種類與規格收集

水深測量作業

水深測量作業流程、海底地形及地貌作業方法、水深測量資料品管、測量精度評估及極近岸水深測量方法探討

III-2



一. 工作範圍與執行構想

☆ 1.1 港灣水域訂定之研究(期末階段7.1~10.31)

水深測量問題匯整

工作諮詢會議及問卷調查

水深測量之發展策略

技術建立、監驗機制、行政配合、人員訓練、証照制度

水深測量規範草案

坐標基準、精度標準、作業流程及方法...

III-3



一. 工作範圍與執行情形構想

☆ 1.2 本研究之執行構想

提送公共工程委員會水深測量規範(草案)		
配套措施		
證照制度	人員訓練	驗收制度
甲級 乙級 丙級	短期 中期 長期	短期以自然人或法人為公正單位執行驗收，公正單位於中長期規劃需配合證照及人員訓練制度建立。

III-4



二. 水深測量背景及現況

2.1 國內外水深測量規範

國外
• IHO • USACE

國內
• 公共工程委員會 • 各港務局

2.2 水深測量技術與制度問題諮詢與探討

工作諮詢會議
• 6月18日 • 9月25日

問卷調查
• 問卷調查統計分析

III-5



2.1.1 國外水深測量標準

☆ 國際海測組織(IHO)水深測量精度之最低標準

等級	特等水域	一等水域	二等水域	三等水域
典型水域	港區、錨泊區和重要航道等需船底淨空水域	港區、進港口水道、建議航道及水深100公尺以內的海岸區	非特等或一等水域而且水深200公尺以內的水域	不屬於上述等級的近岸水域
水平精度(95%信賴程度)	2m	5m+5%水深	20m+5%水深	150m+5%水深
修正後水深的水深精度(95%信賴程度)	a = 0.25m b = 0.0075	a = 0.5m b = 0.013	a = 1.0m b = 0.023	a = 1.0m b = 0.023
100%底床調查	強制執行	依選擇水域之需求	或可依選擇水域之需求	不需要

精度(95%信賴程度)的公式 = $\pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$

其中d 為水深

III-6



2.1.1 國外水深測量標準

☆ 國際海測組織(IHO)水深測量精度之最低標準

	特等	一等	二等	三等
10	0.26	0.52	1.03	1.03
20	0.29	0.56	1.10	1.10
30	0.34	0.63	1.21	1.21
40	0.39	0.72	1.36	1.36
50	0.45	0.82	1.52	1.52
60	0.51	0.93	1.70	1.70
70	0.58	1.04	1.90	1.90
80	0.65	1.15	2.09	2.09
90	0.72	1.27	2.30	2.30
100	0.79	1.39	2.51	2.51

III-7



2.1.1 國外水深測量標準

★ 美國工兵署(USACE)水深測量之最低標準(一)

工作分類	導航及疏濬測量		其他港灣工程水深測量
	硬底質	軟底質	
精度分級	工程特等	工程一等	工程二等
垂直(高程/水深)量測精度(95%信賴程度)			
機械法(水深<5m)	±8cm	±8cm	±15cm
音響法(水深<5m)	±15cm	±15cm	±30cm
音響法(水深5至13m)	±30cm	±30cm	±60cm
音響法(水深>13m)	±30cm	±60cm	±60cm
特徵物/淺灘偵測能力			
最小特徵物尺寸(95%信賴程度)	>0.5m ³	>1m ³	非必要
最少音響測深點數	>3	>3	非必要
水平定位精度(95%)	<2m	2m	5m

資料來源：U.S. Army Corps of Engineers, 2002

III-8



2.1.1 國外水深測量標準

★ 美國工兵署(USACE)水深測量之最低標準(二)

特徵物之水平位置精度(95%信賴程度)			
圖面水深位置	2m	5m	5m
固定之平面特徵物	3m	3m	3m
固定輔助導航裝置	3m	3m	3m
浮動輔助導航裝置	10m	10m	10m
補強控制測量精度			
水平控制	三等	三等	三等
高程控制	三等	三等	三等
測量密度	測線間距 <10m	測線間距 <60m	測線間距 <150m
品管/品保條件			
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
品保檢測	必須	必須	必須
最大容許偏差(bias)	±3cm	±6cm	±15cm

III-9



2.1.2 國內水深測量標準

☆ 公共工程委員會水深測量標準(一)

公共工程委員會之水深測量定位精度要求

儀器	精度要求
經緯儀	導線 300m 以內小於 20" 導線 6000 m 以內小於 10"
衛星自動定位系統(GPS 系統)	2m

公共工程委員會之水深測量測線要求

測量用途	測線間隔
船塢	5m
泊地及其他	10m
航道	橫斷面 10m
外港錨泊區	20m

公共工程委員會之水深測量垂直精度要求

水深	精度要求
0-30m	0.2m
30-100m	0.5m
100m 以上	水深之 10% ?

III-10



2.1.2 國內水深測量標準

☆ 公共工程委員會水深測量標準(二)

公共工程委員會之水深測量一般要求

一般要求項目	要求內容
船速	6~8km/h ?
波高	50cm 以下或使用消浪桶儀器(Heave)
100m 以上	水深之 10% ?
驗潮站與測區距離	10km 內 ?
測深板校核	水深 20m 以內每 2m 做一次 水深 50m 以上每 5m 做一次

公共工程委員會之淺挖作業及精度要求

要求項目	要求內容
測線間隔	10m
邊坡誤差	小於 30cm
底床誤差	小於 50cm
基床之底床深度	小於 30cm
基床之寬度	每側+2m
基床之邊坡深度	小於 30cm

III-11



2.1.2 國內水深測量標準

☆ 港務局水深測量標準

各港務局的水深測量業務遵循公共工程委員會的施工綱要規範，依照實際需求而調整，由於其規範為基本的最低要求，精度的訂定也分別以獨立系統為區分，定位系統及測深系統各自有獨立的標準。基於海域測量的不確定性及多變性，伴隨儀器的日新月異，因此作業過程資料之檢核及現場監驗工作相形重要，另外資料之交錯檢核(cross check)精度以95%信賴程度的統計概念符合國際測深規範之趨勢。

基於航行安全要求、浚挖及港灣工程精度要求，100%海床覆蓋的水深測量是未來的趨勢，多音束聲納及側掃聲納之規格需求及配套措施，例如：系統改正、資料品質及精度評估等規範，都需要加以考慮。

III-12



2.2 水深測量技術與制度問題諮詢與探討

☆ 第一次諮詢工作會議-討論內容(6月18日)

問題一：公共工程委員會水深測量相關規範為原則性規範，各港務局與廠商的水深測量合約並無一致的標準，疏浚工程易引發土方量認定之糾紛。

解決方案：制定符合目前水深測量技術的規範，針對相關問題提出相關配套措施。

問題二：水深測量工作的監督及驗收工作出現球員兼裁判的現象。

可能方案：水深測量工作的監督及驗收工作委託公正第三方可由以下單位擔任：1.學術單位。2.政府主管機關專職單位(註1)。3.雙方認同的專業水深測量技師(註2)。

註1：水深測量專職單位能夠符合公正性原則，但目前尚未成立專責機關。

註2：水深測量技師的檢定及教育訓練尚未有適當的機制。

問題三：由於目前水深測量工作的監驗或抽驗工作費用並未單獨列出，驗收常由甲方自行進行，即使由丙方協助監驗，因丙方的選擇權由乙方操控，其檢驗的客觀性常引起質疑。

可能方案：不論水深測量監測的費用經由甲方付出或經由乙方付出(由工程款內吸收)，丙方的選擇權應由甲方主導。

III-13



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 第一次諮詢工作會議-討論內容(6月18日)

問題四：水深測量工作的監督及驗收機制不明，驗收項目、方式、費用及程序皆未有準則規範。

解決方案1：監驗：監督人員全程陪同，依照水深測量規劃書工作及標準監驗程序(SOP)，監督儀器校正、現場測量、資料處理、軟體及參數使用和成果輸出等。監督員的職責在於確認資料品質、協助建立詮釋資料，工作項目與品質保證專員內部稽核類似，所需經費較高。

解決方案2：抽驗：選擇5%~10%測線資料，使用獨立且同等或較高等級之儀器重新測量檢驗資料的正確性。工作項目與品質保證專員外部稽核類似，所需經費依照抽驗比率而定，一般來說所費用較監驗為低。

問題五：浚挖工程及水深測量資料的時效性因水域地點不同受到不同因子影響，常見的因素如：回淤現象及季節風(或颱風)。而行政流程與現場實況的變化造成的地形改變效應，也是合約制常遇到的問題。

可能方案：技術上：使用多音束聲納或更先進的儀器可提升資料密度和縮短水深測量所需時間。行政流程上：1.分區或分段驗收可減少完工至驗收期間回淤及邊坡效應造成的差異。2.季節風前後重新測量以重新評估後續工作，依照每年颱風數預先保留加測預算。

III-14



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 第一次諮詢工作會議-討論內容(6月18日)

問題六：浚挖工程的風險來自業主公告的資訊有時效性及行政上驗收時間之延遲，目前皆由廠商自行評估和自行吸收，也是合約制成因。

可能方案：制度上：由中央專責機關或各港灣機關建立海床地形及地貌資料庫，定期更新維護四個月內最新資訊，內容至少要有水深、回淤率及底質。資訊系統的資料可由各廠商提供歷年的數位式測量紀錄歸還並且匯入資料庫。技術上：多音束測深可獲得全面海底地形資料，瞭解各港口之地形及回淤率以減少土方估算之錯誤，側掃聲納可瞭解海床特徵物狀況，地層剖面儀可瞭解海床下是否有礁岩特性。以上三種儀器的使用，可依照實際狀況及經費考量下使用。

問題七：國內水深測量資料的驗收品質難以控制，其基本原因是委外承辦人員及水深測量相關從業人員缺乏入門及在職訓練，即使有適用國際化的規範可依循，相關從業人員也要有足以執行的技術及能力，國內缺乏專責單位訓練從事水深測量工作，對於已具備能力者也無法給予證照檢定。

可能方案：為提升水深測量資料品質，除了由規範要求著手，配套性措施亦是不可或缺，提升現場從業人員的專業技能人員是最根本的方法，由於國內缺乏專責單位管理水深測量教育訓練及執照檢定，因此成專責單位管理教育訓練及執照檢定為首要之務，可採用委託學術單位或有公信力的社團法人代為訓練。

III-15



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

★ 第二次諮詢工作會議-討論內容(9月25日)

	委員意見	處理說明
1	高程基準面之規定，請加考量配合海圖之基準。	參考辦理，於圖中註記標示。
2	潮位觀測之時距，建議依地區潮差大小予以量化。	遵照辦理，一般6分鐘記錄一次，潮差大海域1分鐘記錄一次。
3	品質管制中建請訂定測量時可加裝湧浪補償器之示性波高上限，測深系統之精度以百分比表示，儀器校驗之時距？	參考辦理，已增加加裝湧浪補償器之示性波高上限規定。測深精度以國際規範通用方法表示之。測深儀每次測量皆以測深校正版檢校，定位系統每次測量皆須檢校。
4	水深測量檢核比例宜考量工作費比例，訂定比例區間百分比。	參考辦理。

III-16



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

★ 第二次諮詢工作會議-討論內容(9月25日)

	委員意見	處理說明
5	建議依港灣等級(商港、漁港、其他)，規定所需測量設備(商港-多音束、漁港-單音束，可由各港務局工程費內包含並編列教育費用)。	參考辦理，考慮多音束測深設備普及性及技術等級，與各港口水深、底質及回淤週期之差異，建議短期內各商港在疏浚工程可先要求進行多音束測深，而中長期來說，多音束測深則是國際趨勢。
6	水深測量人員應具備相當之訓練，由學會或學術單位發給證明，不定期回訓(比照品管工程師制度)。	參考辦理，詳見期末報告初稿。
7	建議港研中心或工程會設計土方計算軟體，各單位統一運用。	參考辦理，甲方可提供驗收之土方計算軟體，但不可限定乙方使用其他軟體，擬於水深測量規範(草案)研擬時考量。

III-17



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 第二次諮詢工作會議-討論內容(9月25日)

	委員意見	處理說明
8	水深測量如委託監造，其監造項目、內容、方法、作業程序應予明定。	參考辦理，可參照水深測量規範(草案)自行研擬之，或於未來進行示範作業時，再詳細規範之。
9	測量人員制度與證照問題，目前報告中之建議合宜，建議進一步邀集會議推動落實，具體向考試院及相關單位提出建議。	遵照辦理，詳見期末報告初稿。
10	水深測量之證照制度應加強，建議提出構想及推動策略。	參考辦理，詳見期末報告初稿。

III-18



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 第二次諮詢工作會議-討論內容(9月25日)

	委員意見	處理說明
11	建議提供一套建置量測的基本資料之軟體以供使用，方式可參考報稅二維條碼之方式來處理。	建議以目前國際常用之商用軟體為主，以減少WTO國家間之認定糾紛。
12	量測儀器之使用方式和時機應有規定或建議，宜用精度要求來規範可使用之軟體及儀器。	參考辦理，不同儀器及測量方式可得到不同的精度，本研究將以品管檢核綜合精度表示其量測精度，詳見水深測量規範(草案)。
13	P-III-5-5 誤差範圍此為何種誤差及如何計算出來應說明。	誤差範圍為DGM軟體自行提供，其土方計算原理為平均推測曲面的網格水深，其誤差範圍為的網格水深最大值及最小值的差值，乘以網格大小。

III-19



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 第二次諮詢工作會議-討論內容(9月25日)

	委員意見	處理說明
14	建議提供一個實例做說明，列入正式報告。	參考辦理，報告內已有兩季水深差異土方計算比較，但完整的疏浚測量資料及作業要求資料不易取得，建議另案辦理示範性測量計畫，比較不同的儀器(單音束/多音束測深)的測量精度及土方計算結果。
15	P-III-7-7 7.4.2潮位修正且歸算至基隆平均海水面---因以該地或設計之基準海水面較合乎所求。	參考辦理，高程基準標準為唯一，但可註記與其他基準之差值，詳見水深測量規範(草案)。
16	7.4.3浚挖作業測線間距建議與前述船席、泊地等間距。	遵照辦理，詳見水深測量規範(草案)。

III-20



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 第二次諮詢工作會議-討論內容(9月25日)

	委員意見	處理說明
17	7.9.3抽測部分地區之百分比建議列出一比例做為未來規範之遵循。另監驗者需檢驗何種文件。	遵照辦理，監驗者需檢驗所有水深測量過程及結果相關的圖資與文件。詳見水深測量規範(草案)。
18	7.9.4何謂監驗單位，採購法中之監驗單位應不從事此一工作。	監驗指全程監督及品管的驗收方式，泛指協助品管/品保之單位，並非採購法中協助監察的角色(業主、會計或承辦單位)。
19	7.10.1 1中 何謂海測人員？	海測人員(hydrographer)有別於陸上測量人員，指通過海道測量訓練或考試的人員，在國際上許多國家都將陸測與海測專業項目分離。

III-21



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 回收問卷有效樣本24份，初步歸納如下：

- 港灣水域水深測量規範可由交通部彙整公佈即可。
- 港灣水域水深測量規範應符合船隻航行安全訴求之國際海測組織(IHO)水深測量規範及工程及設計訴求之美國工兵署(USACE)水深測量規範綜合上兩者之精神訂定之。
- 水深測量規範不一致不會引起認定問題或合約糾紛，但業主需訂定標準或參考相關規範。
- 港灣水域水深測量或疏浚測量之驗收作業應標準化。
- 針對水深測量人員及承辦人員開設水深測量之訓練或講習有其迫切性。

III-22



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 回收有效樣本24份，簡要的結果歸納為以下：

- 港灣水域水深測量之水深/高程基準同時兼有基隆中潮系統及當地最低低潮位面。
- 港灣水域水深測量之座標基準為TWD97。
- 港灣水域水深測量視測區範圍調整比例尺。
- 港灣水域或海岸工程水深測量可考慮使用多音束測深系統來配合傳統單音束測深。
- 公共工程委員會所頒佈「施工綱要規範」中「施工測量及水深測量」之內容需再詳細說明，以供水深測量需求規範之參考依據。

III-23



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 回收有效樣本24份，簡要的結果歸納為以下：

- 港灣水域水深測量或疏浚測量，加入丙方協助監督及驗收(需另編經費支付丙方)機制原則上可行，但配套性運作機制應仔細考量。
- 疏浚測量之土方計算之方法及軟體使用差異，易因甲乙方之認定不同，而產生爭議，其解決之方法有兩種：
 1. 採用廣泛使用之商用軟體，經測試後，以為日後甲乙雙方採用之依據。
 2. 先進行示範作業，以充分了解測量及土方計算可能產生之容許誤差。

III-24



2.2 國內港灣水域水深測量問題現況

☆ 回收有效樣本24份，簡要的結果歸納為以下：

- 港灣水域水深測量或疏浚測量合約認定問題或糾紛的可能原因依序為：
 1. 測線密度不足。
 2. 海床變化劇烈使水深量測有時效性。
 3. 使用軟體計算及繪圖之差異、水深內插演算法差異、缺乏第三方公正單位對成果的檢核或人員訓練不足。
 4. 儀器精度不足。
 5. 海床未全覆蓋(full coverage)。
 6. 施工前後時間已過，難以追溯。
 7. 水深內插演算法參數設定造成之差異。
 8. 其他因素。

III-25



3.1 世界各國海道測量人員訓練課程現況(一)

國家	訓練單位	訓練種類	訓練期	資格
中國	海軍學院	海洋測量員	5.4 年	高中大學或二年經驗以上
香港	大學	A 級海測碩士	1 年	
西班牙	海事學院	IHO B 級海測員	10 月	海軍士官
		IHO A 級海測員	10 月	海軍軍官
俄羅斯	海事學院	IHO A 級海測員	5.5 年	大學畢業
印度	海測學校	基本海測課程	19 週	海軍軍官或大學畢業
		IHO A 級海測員	41 週	曾修基本海測課程者
		IHO B 級海測員	23 週	大學畢業
印尼	教育單位	IHO B 級海測員	7 個月	海軍軍官或大學畢業
	大學	海道測量教育	4-5 年	高中畢業
日本	海事學校	IHO B 級海測員	6.5 月	大學畢業且具 2 年經驗以上
		IHO A 級海測員	1 年	通過 IHO B 級海測課程
馬來西亞	大學	IHO B 級海測員	5.5 月	大學測量土木畢業 2 年經驗
		IHO A 級海測員	5.5 月	通過 IHO B 級海測課程

III-26



3.1 世界各國海道測量人員訓練課程現況(二)

國家	訓練單位	訓練種類	訓練期	資格
德國	教育單位	海道測量訓練		依審查決定
		海圖製圖訓練		依審查決定
		IHO A 級海測員	32 月	大學畢業
	港務局	港近岸海道測量	9 個月	具測量海測海事經驗
法國	教育單位	海洋地球工程師	2-3 年	大學畢業
		IHO A 級海測官	2-3 年	大學畢業
		IHO B 級海測官	2 年	大學畢業
		海測海圖技術員	1 年	大學畢業
	大學	IHO B 級海測員	八個月	大學畢業
英國	大學	IHO B 級海測員	10 月	大學畢業
美國	海軍	IHO B 級海測員	6 個月	海軍軍官或政府推攬大學畢
	大學	IHO A 級海測員	2 年	大學畢業
紐西蘭	海軍	初級海測助理	13 週	大學畢業
		高級海測助理	8 週	完成初級海測課程後 18 月
澳洲	海軍	IHO B 級海測官	24 週	大學以上
		進階海洋科學	16 週	四年經驗水手以上

III-27



3.2 國際海道測量課程內容綱要

☆ 國際海測組織與FIG之海道測量員能力標準

1. **基本主題 - 數學及統計、資訊及傳輸技術、物理、航海科學**
2. **重要主題 - 水深測量、潮位與潮流、定位、海道測量實習、海道資料管理、環境科學、法律**
3. **選擇單元 - 海圖海道測量、港灣及海岸工程之海道測量、離岸震測測量、離岸建設之海道測量、遙感探測、軍事海道測量、內陸水域測量**

III-28



3.3 國內海道測量人員制度之建議

1. 建立水深測量規範應標準程序(例如：ISO 9000之精神)及作業方法，對於水深測量成果應進行品管及品保，同時對於水深測量成果應強制要求建立詮釋資料，以利各部會水深資料的流通與管理。
2. 水深測量之教育訓練工作則可由內政部比照地籍測量訓練班的方式進行海域基本圖測繪人員之培訓，而交通部運輸研究所港灣技術研究中心亦可針對港灣及海岸工程與疏浚測量進行水深測量人員之訓練。
3. 由內政部或交通部建議請勞委會職訓局，新增海洋測量士證照，並增設海洋測量士之訓練課程。

III-29



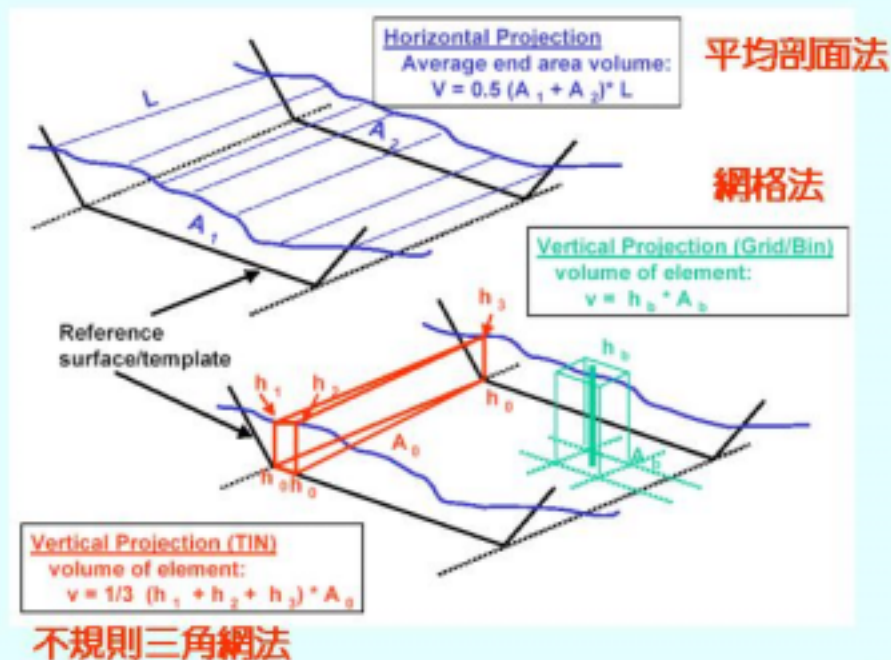
3.3 國內海道測量人員制度之建議

4. 短期內可以建請執業之測量技師參加水深測量技術訓練班，中期應建議考選部在測量技師考試內容加入水深測量技術，長期則應建議教育部之各級測量及海洋相關學校將水深測量及實習納入測量課程中。
5. 可以接受水深測量人才訓練課程者包括：各級政府單位凡是有委託進行水深測量工作者、各工程顧問公司、各測量公司等。
6. 課程則可區分為水深測量管理單位人員及施測單位人員兩種，其訓練期限可以分為2~3週及3~6個月。

III-30



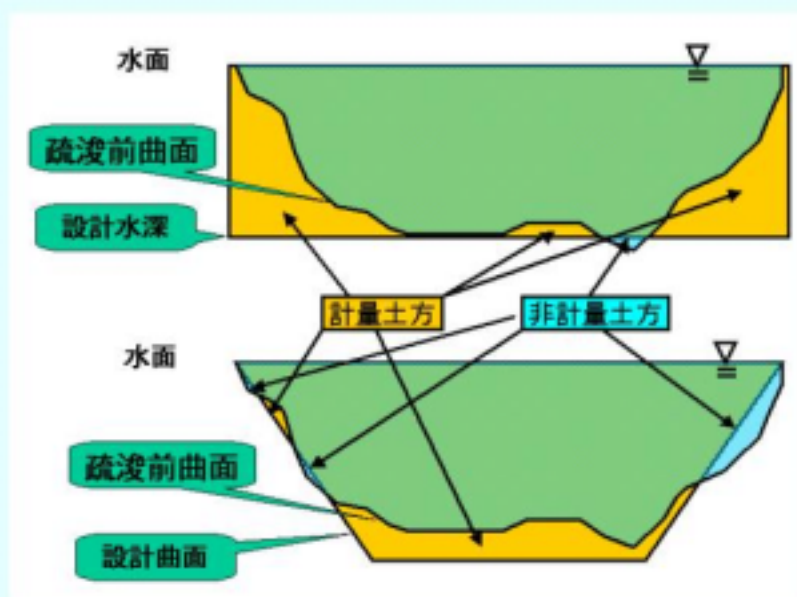
4.1 土方計算模式說明



III-31



4.2 土方計算說明

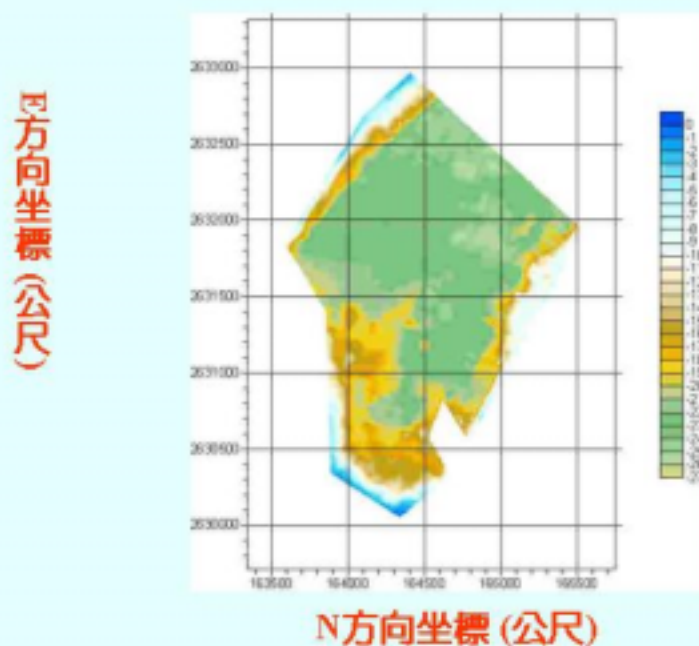


III-32



4.3 土方計算軟體研究範例

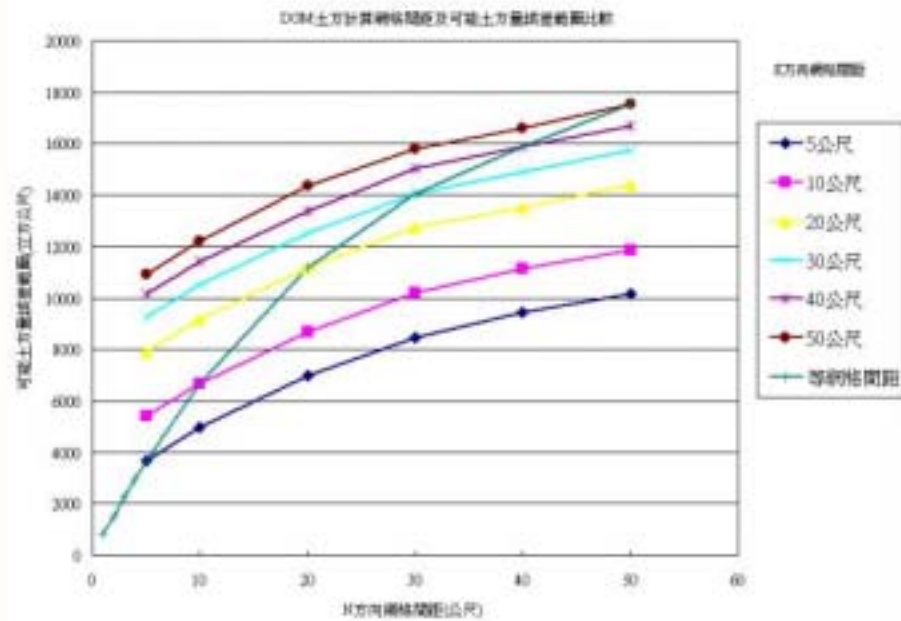
土方計算實驗區水深示意圖



III-33



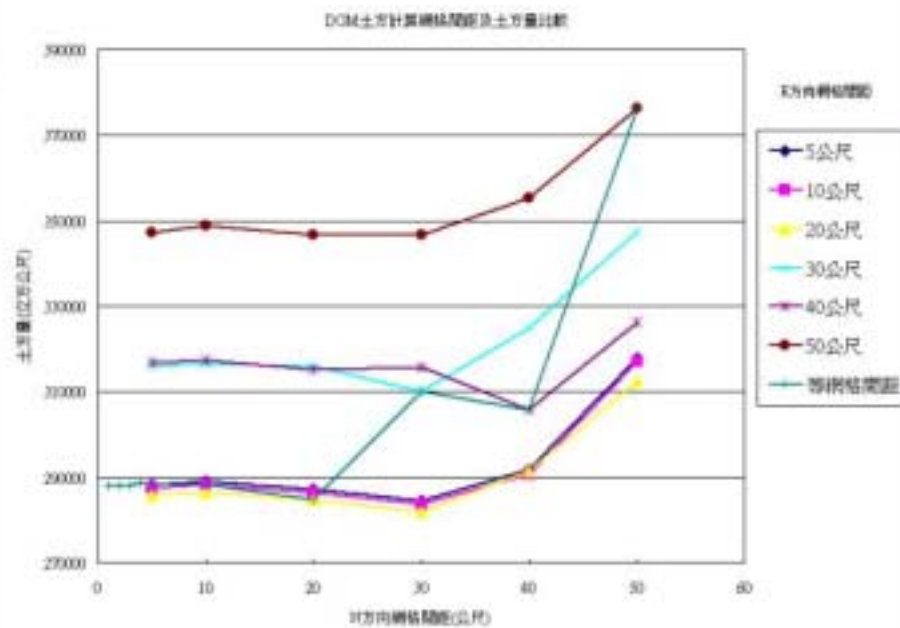
4.3.1 DGM土方計算軟體研究_可能土方量誤差範圍



III-34



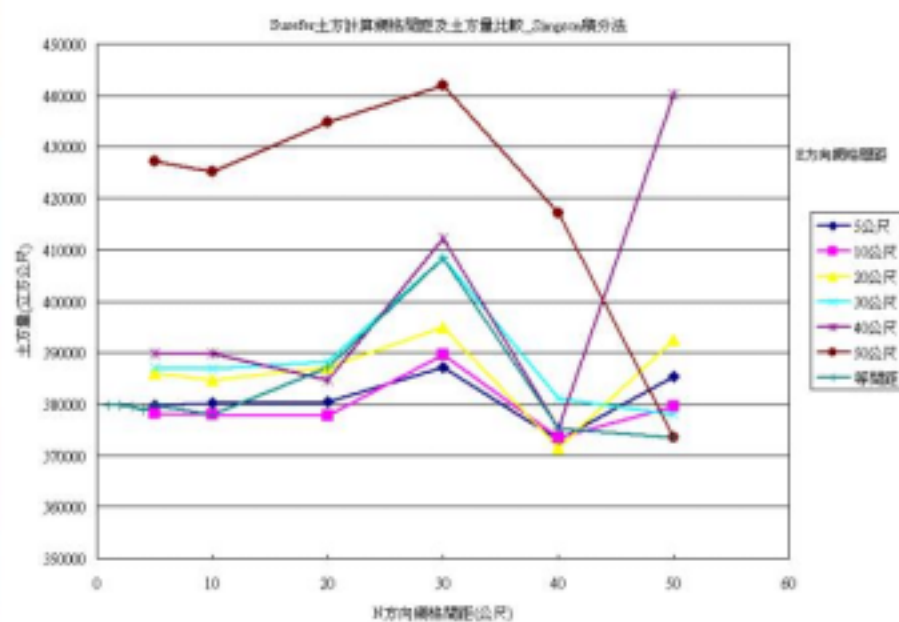
4.3.2 DGM土方計算軟體研究_土方量



III-35



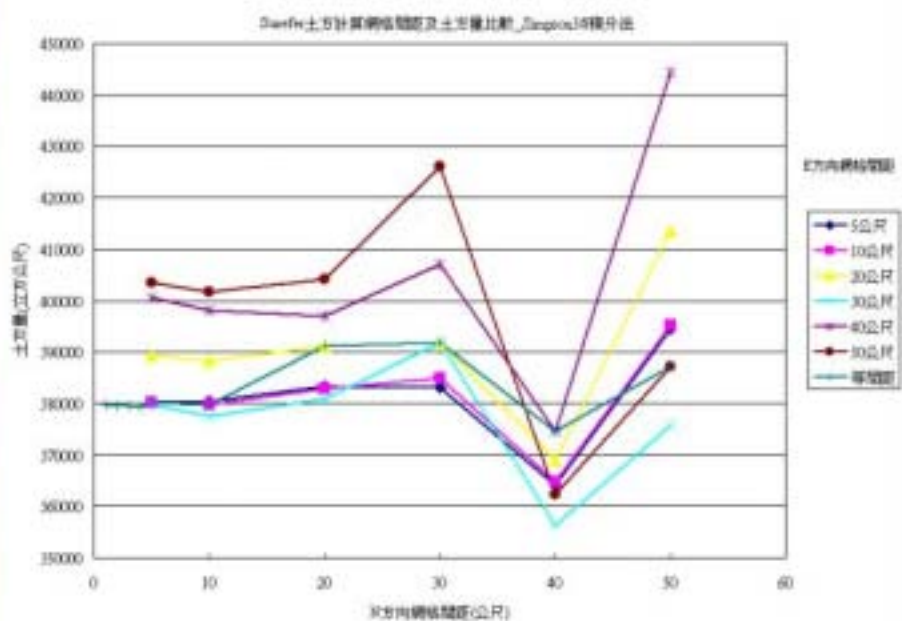
4.3.3 SURFER土方計算軟體研究_Simpson積分法



III-36



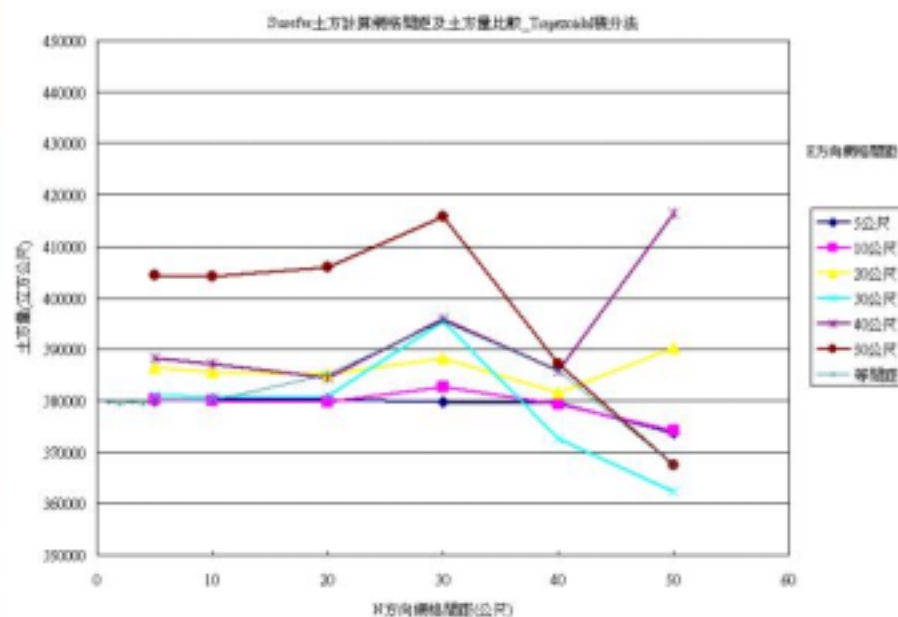
4.3.4 SURFER土方計算軟體研究_Simpson3/8積分法



III-37



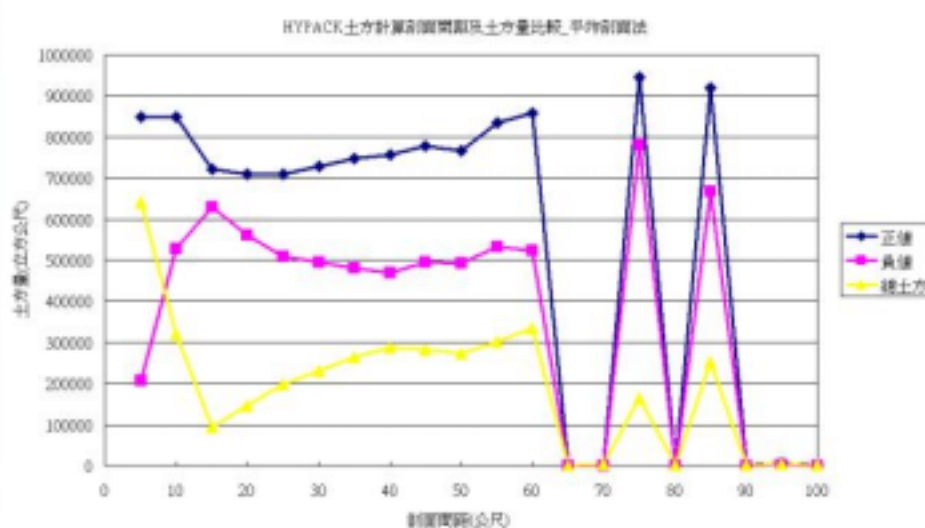
4.3.5 SURFER土方計算軟體研究_Trapezoidal積分法



III-38



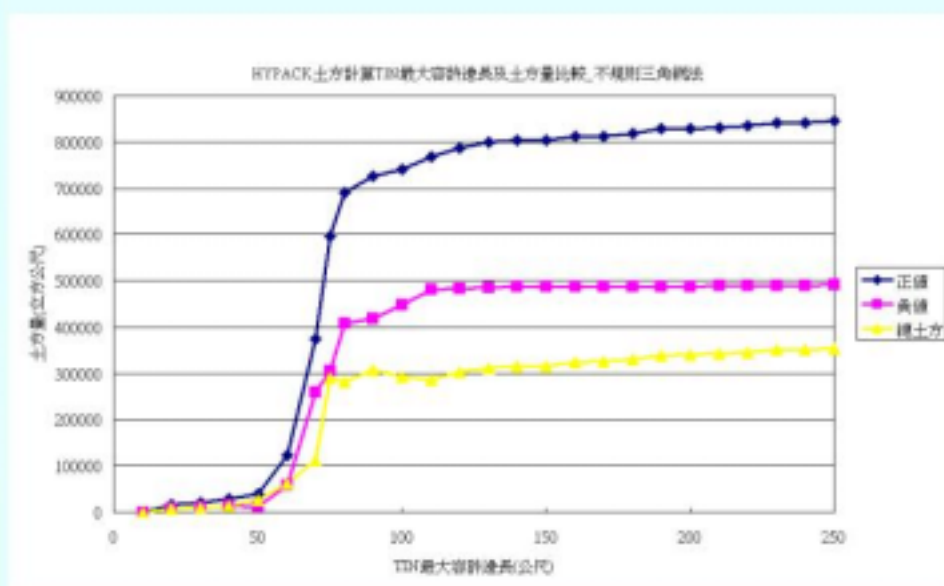
4.3.6 HYPACK土方計算軟體研究_平均剖面法



III-39



4.3.7 HYPACK土方計算軟體研究_不規則三角網法



III-40



4.4 土方計算評述

1. 土方計算的水深測量應符合水深量測相關的標準。
2. 使用之土方計算的軟體應記錄其名稱、版本、操作的模式、設定之參數及操作者，以供資料追蹤及評估檢驗。
3. 應儘可能比較不同土方計算軟體及參數設定之土方量，並且繪製土方量及參數變化比較圖以求得合理的土方量。
4. 包含水深測量誤差之土方計算總誤差量，應不超過總疏浚土方量之3%。

III-41



4.4 土方計算評述

5. 計量之土方以設計水深或設計曲面以上土方為準，超挖20cm以上之土方不計量。
6. 土方計算的網格間距不超過10公尺為主，儘可能配合測線間距縮短網格間距，但若網格間距之設定小於1公尺時，應考慮內插的原理及其適當性。多音束測深之資料密度至少需100%覆蓋率。
7. 儘可能不經內插推測曲面的過程而算出土方量，特別是高密度測深資料或100%以上覆蓋率的多音束測深資料。

III-42



4.4 土方計算評述

8. 因測深資料密度不足極易引起土方計算誤差，基於測深效率及減少土方計算之誤差，因此建議以多音束測深為之。唯各機關可依其需求及預算，自行決定以單音束或多音束進行疏浚測量之水深。

III-43



五. 水深測量草案擬定(採用公共工程委員會格式)

- 通則
 - 本章概要
 - 工作範圍
 - 測量單位
 - 坐標基準
 - 測量分級
 - 底質採樣
 - 潮流觀測
 - 測量報告書
- 產品
- 施工
 - 準備工作
 - 定位
 - 測深
 - 許可差
 - 品質管制
 - 品質保證
- 計量與計價
 - 計量
 - 計價

III-44



六. 後續待辦工作及建議事項

待辦工作

1. 期末會議廣納各方意見並依審查意見修正及內容再深化。
2. 完成期末報告(定稿)。
3. 提送草案及配套措施給相關單位。

建議事項

1. 辦理發表會或講習會。
2. 明年度辦理疏浚水深測量示範作業。

III-45

附錄 G 海道測量員能力標準之訓練課程內容綱要

(一) 基本主題

B1 數學及統計

B1.1 函數 B1.2(a) 微分 B1.2(b) 積分 B1.3 序列 B1.4 矩陣代數 B1.5 複變 B1.6 平面幾何(二維與三維) B1.7 球面幾何 B1.8 誤差理論

B2 資訊及通信技術

B2.1 電腦概論 B2.2 系統與應用軟體 B2.3 程式撰寫 B2.4 通信工具與網路 B2.5 資料庫及資訊系統

B3 物理

B3.1 量測單位 B3.2 力學 B3.3(a) 訊號調制 B3.3(b) 時間量測 B3.4 震盪原理 B3.5(a) 靜電學 B3.5(b) 直流電 B3.5(c) 電磁學 B3.5(d) 電磁波 B3.5(e) 交流電 B3.6(a) 光學原理 B3.6(b) 光學儀器 B3.6(c) 雷射 B3.7(a) 電子訊號 B3.7(b) 電子系統 B3.8 音鼓 B3.9 壓力

B4 航海科學

B4.1 導航與海圖製作 B4.1(a) 航路規則 B4.1(b) 傳統的導航輔助設施 B4.1(c) 警告 B4.1(d) 海圖 B4.1(e) 導航出版物 B4.1(f) 海上通信方法 B4.1(g) 羅經 B4.2 安全與船舶駕駛 B4.2(a) 安全 B4.2(b) 安全演練 B4.2(c) 繩與纜 B4.2(d) 船隻行為 B4.2(e) 錨錠 B4.3 領航術 B4.4 小船

(二) 重要主題

E1 水深測量

E1.1(a) 基本聲波原理 E1.1(b) 聲波傳播損耗 E1.1(c) 聲波速度 E1.1(d) 聲波路徑(ray tracing) E1.1(e) 聲波雜訊 E1.1(f) 聲波系統參數 E1.1(g) 聲波儀器 E1.2(a) 音鼓 E1.2(b) 聲波記錄 E1.2(c) 測深儀校正 E1.2(d) 測深歸算 E1.2(e) 測深精度 E1.2(f) 聲波掃測 E1.2(g) 系統選擇 E1.3(a) 側掃聲納系統 E1.3(b) 側掃聲納資料解讀 E1.4(a) 多音束測深系統音鼓 E1.4(b) 覆蓋範圍及精度 E1.4(c) 多音束測深系統校正 E1.4(d) 多音束測深系統資料管理 E1.5(a) 空載雷射測深 E1.5(b) 遙感探測測深 E1.5(c) 機械技術 E1.5(d) 檢查技術

E2 潮位與潮流

E2.1 基本潮汐原理 E2.2 潮位量測 E2.3 潮流及海流 E2.4 潮汐分析及預測 E2.5 潮汐資訊 E2.5(a) 潮汐表之使用 E2.5(b) 等潮圖 E2.5(c) 數值潮汐模型使用 E2.6 非潮汐水位變化

E3 定位

E3.1(a) 大地測量簡介 E3.1(b) 定位座標系統 E3.1(c) 衛星定位測量 E3.1(d) 地圖投影 E3.1(e) 大地計算 E3.1(f) 約算及預估 E3.2(a) 基本水平定位技術 E3.2(b) 角度測量 E3.2(c) 距離測量 E3.2(d) 電磁波定位 E3.2(e) 衛星定位測量 E3.2(f) 聲波定位概念 E3.2(g) 誤差來源 E3.2(f) 部署 E3.3(a) 基本垂直定位技術 E3.3(b) 基準 E3.3(c) 高程量測與計算 E3.3(d) 上下起伏(heave) E3.4 方位(orientation)

E4 海道測量實習

E4.1 海道測量種類 E4.1(a) 海圖海道測量 E4.1(b) 港灣及海岸工程之相關測量 E4.1(c) 離岸建設測量 E4.2 海道測量規範 E4.2(a) 儀器學 E4.2(b) 操作 E4.2(c) 成果 E4.3 測線追尋 E4.4 資料無線傳輸 E4.5 數位訊號處理

E5 海道資料管理

E5.1 資料獲取及控制 E5.2 資料檢索 E5.3 資料管理、處理與分析 E5.3(a) 約算及預估 E5.3(b) 空間資料處理與分析 E5.4 資料展示 E5.4(a) 視覺與呈現 E5.4(b) 海洋製圖學 E5.4(c) 電子海圖

E6 環境科學

E6.1 大氣學 E6.1(a) 大氣 E6.1(b) 氣象元素 E6.1(c) 風 E6.1(d) 氣候學 E6.1(e) 氣象系統 E6.1(f) 氣象觀測及紀錄 E6.1(g) 氣象預報 E6.1(h) 國際海洋氣象服務系統 E6.2 海洋學 E6.2(a) 海水之物理性質 E6.2(b) 海洋環流動力學 E6.2(c) 海洋之一般環流 E6.2(d) 風浪與湧浪 E6.2(e) 波浪之傳播 E6.2(f) 海洋量測 E6.2(g) 海洋儀器 E6.3 海洋地質與地球物理 E6.3(a) 海洋地質 E6.3(b) 地貌學 E6.3(c) 地球磁場 E6.3(d) 地球內部結構 E6.3(e) 震測剖面 E6.3(f) 大地工程採樣 E6.3(g) 沉積與侵蝕 E6.4 環境衝擊

E7 法規

E7.1 產品責任 E7.2 合約 E7.3 海權 E7.3(a)海權 E7.3(b)界線分區 E7.3(c)海洋法

(三) 選擇單元 –

O1 海圖海道測量

O1.1 海岸地形學 O1.2 輔助設施選址 O1.3 出版物 O1.4 海圖成品 O1.5 海圖更新 O1.6 電子海圖 O1.7 海圖編輯

O2 港灣及海岸工程之海道測量

O2.1 疏浚測量 O2.2 水利測量 O2.3 污染監控測量 O2.4 運河劃線測量 O2.5 沉積物控制 O2.6 海岸地區遙測 O2.7 地理資訊系統 O2.8 警告

O3 離岸震測測量

O3.1 地磁測量 O3.2 重力測量 O3.3 數位震測技術 O3.4 數位震測資料獲取 O3.5 數位震測資料處理 O3.6 類比儀器

O4 離岸建設之海道測量

O4.1 鑽探名詞 O4.2 動態鑽探設備之定位 O4.3 固定離岸平台 O4.4 結構安放 O4.5 管線操作 O4.6 纜線操作 O4.7 水下潛具操作 O4.8 水下潛具之定位 O4.9 水下潛具設備

O5 遙感探測

O5.1 海岸線劃定 O5.2 冰山測繪 O5.3 水面測繪 O5.4 遙測水深推估 O5.5 水團性質

O6 軍事海道測量

O6.1 反潛 O6.2 反雷 O6.3 水陸兩棲操作 O6.3(a) 沙灘調查 O6.3(a) 障礙 O6.3(a) 碎波帶測量 O6.3(a) 垂直基準 O6.3(a) 水平定位 O6.3(a) 水深量測 O6.3(a) 產品 O6.4 快速環境評估 O6.5 電子海圖

O7 內陸水域測量

O7.1 水利工程 O7.2 溢淹區測繪 O7.3 侵蝕與沉積 O7.4 垂直基準 O7.5 浮標