



## 摘 要

金門地區曾由金門縣自來水廠辦理 94 年度「金門田浦海域環境調查」、97 年度「金門營山海域環境調查」兩案，完成田浦、營山（田墩）等區之海域環境調查；而金門縣水產試驗所則於 102 年度辦理「金門縣馬山至山后海域環境測定調查」，並將往年田埔、營山所測定資料進行彙整；後於 102 年、103 年及今(104)年辦理「料羅至成功」、「成功至后湖」與「后湖至水頭」海域環境調查，完成大金門地區南側完整海岸海域基本地形資料蒐集，後續可做為該地區相關規劃設計依據之參考。

本計畫以大金門西南側海岸—后湖至水頭連線涵蓋之海域（至水域禁限止範圍）範圍，海岸線長度約 9.5 公里、海域面積約 19.5 平方公里，於 150 個日曆天內進行一次調查監測，主要工作內容為：(1)控制系統檢測及引測；(2)潮位站架設及高程引測；(3)海岸地形測量；(4)海域水深測量（單音束）；(5)資料整理 3D 地形成果編印，以建立大金門西南側完整地形資料庫，俾提供後續相關研究之基礎資料。

本計畫后湖至料羅海域地形成果，可知水深大多介於 0 至 -18m，其潮間帶地區等高線緊密，地形較為陡峭，水深最深位處古崗海岸離岸 1.2 公里處一緩坡凹槽約 -18m。結合並繪製 102 年至 104 年料羅至水頭海岸測定之海陸域地形圖，顯示大金門南側水深約 0m 至 -28m，水深地形由西北向東南方漸深，且相較於料羅港南側等深線為密集陡峭，后湖至古崗海岸近岸之地形則為多處露岩及潛沒之礁岩，其中於后湖海岸處於水深約 -3m 處有一露出之顯礁，面積約為  $0.01\text{km}^2$ ；另一處為古崗海岸右側水深約 10m 處有多座露岩及潛沒之礁岩，船舶行進間須較為注意。

大金門地區大致已完成，僅餘東南方(田埔⇒料羅港)，小金門則僅完成青岐海域，為達金門周圍海域水深地形資料建置之完整性，建議後續辦理未測定之海域，且建議持續監測料羅至水頭之海域地形基本資料蒐集，其測得之點雲資料可作為日後地形侵淤比對之重要依據，更可提供後續相關單位作為國土規劃利用及航行安全之基礎圖資參考。

**關鍵字：**料羅至水頭海域、單音束、地面光達、大金門南側



## 目 錄

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 摘 要 .....                  | I   |
| 目 錄 .....                  | II  |
| 附件目錄 .....                 | IV  |
| 附圖目錄 .....                 | IV  |
| 圖目錄 .....                  | V   |
| 表目錄 .....                  | VII |
| 第一章 計畫概述 .....             | 1   |
| 1-1 計畫緣起與目的 .....          | 1   |
| 1-2 計畫位置及範圍 .....          | 2   |
| 1-3 計畫依據 .....             | 3   |
| 1-4 工作項目 .....             | 3   |
| 1-5 工作規範 .....             | 3   |
| 1-5-1 控制系統檢測及引測 .....      | 3   |
| 1-5-2 潮位站架設及高程引測 .....     | 4   |
| 1-5-3 海岸地形測量 .....         | 4   |
| 1-5-4 海域水深測量（單音束） .....    | 5   |
| 1-5-5 資料整理 3D 地形成果編印 ..... | 6   |
| 1-6 執行進度 .....             | 6   |
| 1-7 作業流程 .....             | 9   |
| 1-8 海陸域地形調查 .....          | 10  |
| 第二章 控制測量 .....             | 11  |
| 2-1 控制系統 .....             | 11  |
| 2-2 已知控制點資料 .....          | 11  |
| 2-3 新設控制點佈設 .....          | 12  |
| 2-3-1 新設控制點選點 .....        | 12  |
| 2-3-2 埋樁作業日期 .....         | 13  |
| 2-3-3 新設控制點佈設成果 .....      | 14  |
| 2-4 平面控制測量 .....           | 16  |
| 2-4-1 平面控制系統檢測 .....       | 16  |
| 2-4-2 平面控制測量 .....         | 18  |



|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 2-5 高程控制測量 .....                                   | 21 |
| 2-5-1 高程控制系統檢測 .....                               | 21 |
| 2-5-2 高程控制測量 .....                                 | 23 |
| 第三章 海岸地形測量 .....                                   | 25 |
| 3-1 地面光達作業說明 .....                                 | 26 |
| 3-1-1 地面光達系統 .....                                 | 26 |
| 3-1-2 地面光達作業 .....                                 | 27 |
| 3-1-3 地面光達定位原理 .....                               | 27 |
| 3-1-4 地面光達資料套疊 .....                               | 28 |
| 3-1-5 地面光達成果 .....                                 | 31 |
| 3-2 傳統三次元測量 .....                                  | 33 |
| 第四章 海域水深測量（單音束） .....                              | 35 |
| 4-1 潮位觀測 .....                                     | 35 |
| 4-1-1 潮位站架設 .....                                  | 35 |
| 4-1-2 潮位站高程引測 .....                                | 35 |
| 4-1-3 潮位資料蒐集 .....                                 | 36 |
| 4-2 單音束測深系統（Single-Beam Echo Sounder System） ..... | 38 |
| 4-2-1 單音束作業流程 .....                                | 38 |
| 4-2-2 單音束儀器設備 .....                                | 39 |
| 4-2-3 單音束作業方法 .....                                | 41 |
| 4-2-4 單音束水深資料處理 .....                              | 46 |
| 4-2-5 單音束測深精度分析 .....                              | 48 |
| 第五章 成果圖檔繪製 .....                                   | 49 |
| 5-1 1/1000 原始測線軌跡圖 .....                           | 49 |
| 5-2 1/1000 水深地形成果圖 .....                           | 50 |
| 5-3 水深地形 2D 色階圖成果 .....                            | 53 |
| 5-4 水深地形 3D 色階圖成果 .....                            | 55 |
| 5-5 大金門料羅至水頭水深地形成果 .....                           | 57 |
| 5-6 金門海域歷年資料 .....                                 | 61 |
| 5-6-1 歷年海域測量範圍 .....                               | 61 |
| 5-6-2 料羅至水頭歷年新設控制點 .....                           | 62 |



|                |    |
|----------------|----|
| 第六章 結論 .....   | 63 |
| 6-1 結論 .....   | 63 |
| 6-2 建議 .....   | 64 |
| 第七章 參考文獻 ..... | 65 |

## 附件目錄

|                |
|----------------|
| 附件一、委員意見及回覆    |
| 附件二、控制點坐標成果表   |
| 附件三、樁位點誌記      |
| 附件四、GPS 平差計算成果 |
| 附件五、水準計算成果     |
| 附件六、水深外業測量記錄表  |
| 附件七、水深測量計算表    |

## 附圖目錄

|                         |
|-------------------------|
| 附圖一、水深地形等深線圖—后湖至水頭海域    |
| 附圖二、水深地形等深線圖—料羅至水頭商港航道區 |





## 圖目錄

|        |                             |    |
|--------|-----------------------------|----|
| 圖 1-1  | 金門縣后湖至水頭海域環境測定調查作業範圍圖 ..... | 2  |
| 圖 1-2  | 進度甘特圖 (Gantt Chart) .....   | 7  |
| 圖 1-3  | 作業流程圖.....                  | 9  |
| 圖 1-4  | 作業方式示意圖 .....               | 10 |
| 圖 2-1  | 控制點相關位置及說明 .....            | 11 |
| 圖 2-2  | 控制樁鋼標樣式圖 (右圖現場樁位近照) .....   | 12 |
| 圖 2-3  | 新設控制點位埋設工作照 .....           | 13 |
| 圖 2-4  | 新設控制點點誌記 .....              | 15 |
| 圖 2-5  | GPS 衛星定位儀器照 .....           | 16 |
| 圖 2-6  | GPS 衛星測量基線計算、平差、偵錯作業流程..... | 20 |
| 圖 2-7  | GPS 觀測工作照 .....             | 20 |
| 圖 2-8  | GPS 觀測網形圖 .....             | 21 |
| 圖 2-9  | 精密自動記錄水準儀儀器照 .....          | 22 |
| 圖 3-1  | 地面光達作業流程圖 .....             | 25 |
| 圖 3-2  | 反光標樣式.....                  | 26 |
| 圖 3-3  | 掃描儀坐標系統示意圖 .....            | 28 |
| 圖 3-4  | 地面光達資料套疊過程 .....            | 29 |
| 圖 3-5  | 地面光達測站分布圖 .....             | 29 |
| 圖 3-6  | 拼接匹配計算表 .....               | 30 |
| 圖 3-7  | 3D 點雲成果比對圖.....             | 31 |
| 圖 3-8  | 地面光達掃描 360 度環景圖 .....       | 32 |
| 圖 3-9  | 地面光達工作照 .....               | 32 |
| 圖 3-10 | 三次元地形測量作業流程 .....           | 33 |
| 圖 3-11 | Leica 1205 全測站經緯儀.....      | 33 |
| 圖 3-12 | 陸域地形測量成果圖 (縮繪) .....        | 34 |
| 圖 3-13 | 三次元地形測量工作照 .....            | 34 |
| 圖 4-1  | 潮位觀測站位置圖 .....              | 36 |
| 圖 4-2  | 自記式潮位儀.....                 | 37 |
| 圖 4-3  | 潮位資料曲線圖 .....               | 37 |
| 圖 4-4  | 單音束水深測量作業流程圖 .....          | 38 |



|        |                                  |    |
|--------|----------------------------------|----|
| 圖 4-5  | 水深測量船隻照—金豐 99 號 .....            | 39 |
| 圖 4-6  | 單音束水深量測系統 (ODOM Hydrotrac) ..... | 39 |
| 圖 4-7  | 聲速檢校鈹與湧浪補償器儀器照 .....             | 40 |
| 圖 4-8  | Lead Survey 船隻導航系統 .....         | 41 |
| 圖 4-9  | 單音束測線規劃圖 .....                   | 42 |
| 圖 4-10 | 單音束實測軌跡圖 .....                   | 42 |
| 圖 4-11 | 儀器架設示意圖 .....                    | 43 |
| 圖 4-12 | 漲退潮之潮間帶重疊區域示意圖 .....             | 44 |
| 圖 4-13 | 單音束水深作業現場情形 .....                | 45 |
| 圖 4-14 | 單音束水深資料處理流程圖 .....               | 46 |
| 圖 4-15 | 單音束水深精度檢核圖 .....                 | 48 |
| 圖 5-1  | 原始測線軌跡圖 .....                    | 49 |
| 圖 5-2  | 網格 40m 測量成果圖 .....               | 50 |
| 圖 5-3  | 水深地形等深線圖 .....                   | 51 |
| 圖 5-4  | 水深地形坡度圖 .....                    | 52 |
| 圖 5-5  | 計畫範圍海岸照 .....                    | 52 |
| 圖 5-6  | 水深地形 2D 色階圖 .....                | 53 |
| 圖 5-7  | 水深地形 2D 色階套疊正射影像圖 .....          | 54 |
| 圖 5-8  | 水深地形 3D 色階圖 .....                | 55 |
| 圖 5-9  | 水深地形 3D 色階套疊正射影像圖 .....          | 56 |
| 圖 5-10 | 水深地形等深線圖—料羅至水頭海域 .....           | 57 |
| 圖 5-11 | 水深地形坡度圖—料羅至水頭海域 .....            | 58 |
| 圖 5-12 | 水深地形 2D 色階圖—料羅至水頭海域 .....        | 58 |
| 圖 5-13 | 水深地形 2D 色階套疊正射影像圖—料羅至水頭海域 .....  | 59 |
| 圖 5-14 | 水深地形 3D 色階圖—料羅至水頭海域 .....        | 59 |
| 圖 5-15 | 水深地形 3D 色階套疊正射影像圖—料羅至水頭海域 .....  | 60 |
| 圖 5-16 | 歷年金門海域測量範圍圖 .....                | 61 |



## 表目錄

|       |                               |    |
|-------|-------------------------------|----|
| 表 1-1 | 歷年相關計畫列表 .....                | 3  |
| 表 1-2 | 各項工作執行進度表 .....               | 8  |
| 表 1-3 | 各項工作測量精度規範表 .....             | 10 |
| 表 2-1 | 新設控制點相關位置 .....               | 14 |
| 表 2-2 | 已知控制點檢測坐標比較表 .....            | 17 |
| 表 2-3 | 已知控制點檢測坐標反算距離較差表 .....        | 18 |
| 表 2-4 | 已知控制點檢測坐標反算方位角較差表 .....       | 18 |
| 表 2-5 | 水準點檢測精度表 .....                | 23 |
| 表 2-6 | 水準點引測精度表 .....                | 24 |
| 表 3-1 | RIEGL LMS VZ-1000 主要規格 .....  | 26 |
| 表 3-2 | 點雲套疊精度表 .....                 | 30 |
| 表 4-1 | 驗潮站高程引測計算表 .....              | 36 |
| 表 4-2 | Trimble AgGPS 332 儀器規格表 ..... | 40 |
| 表 5-1 | 料羅至水頭海域歷年新設控制點相關資訊 .....      | 62 |



# 第一章 計畫概述

## 1-1 計畫緣起與目的

臺灣之農林漁牧業轉型的腳步逐漸加快，政府極力推展休閒體驗型漁業，而金門地區產業正加速轉型當中，內外環境壓力交相影響，而金門四面環海，漁業發展以近海漁撈及淺海養殖為主，內陸養殖為輔。近年來由於漁業資源枯竭，加上大陸漁船非法炸魚及越界濫捕，對金門縣漁業發展影響甚鉅。如何解決金門縣上述之問題，將是目前金門最重要及迫切發展之方向。

因此，為有效保護金門沿岸海洋漁業資源及帶動該區漁業轉型，考量漁業資源管理、培育、休閒與生活品質，除投放人工魚礁外，並可設置定置網結合海上平台及箱網養殖，建構海洋牧場基礎及發展休閒漁業。投放人工魚礁及定置網漁業結合箱網養殖，不僅可提高海域生產力，節省經營成本，亦可兼營海洋生態旅遊及觀光休閒遊憩，體驗漁業活動，增加當地民眾就業機會，倍增漁民收益。

金門地區漁業人口自 1973 年至今現有統計數字，整體呈下滑減少的趨勢，至 1993 年僅剩 528 人。關於漁業生產量，根據金門縣統計年報，金門縣近海漁業生產量自 1994 年以後就持續下降，至 1991 年，僅有 2,988 公噸。1992 年尚有 3,714 公噸，到 1998 年僅剩下 1,850 公噸，產量已不及以往一半。以金門地區之消費結構，資源狀態及生產技術，宜朝向落實推展管理型漁業及休閒漁業，客觀整體與長期考量漁業施政，使海洋漁業資源作最有效配置，兼顧漁民福利與漁村建設平衡發展。

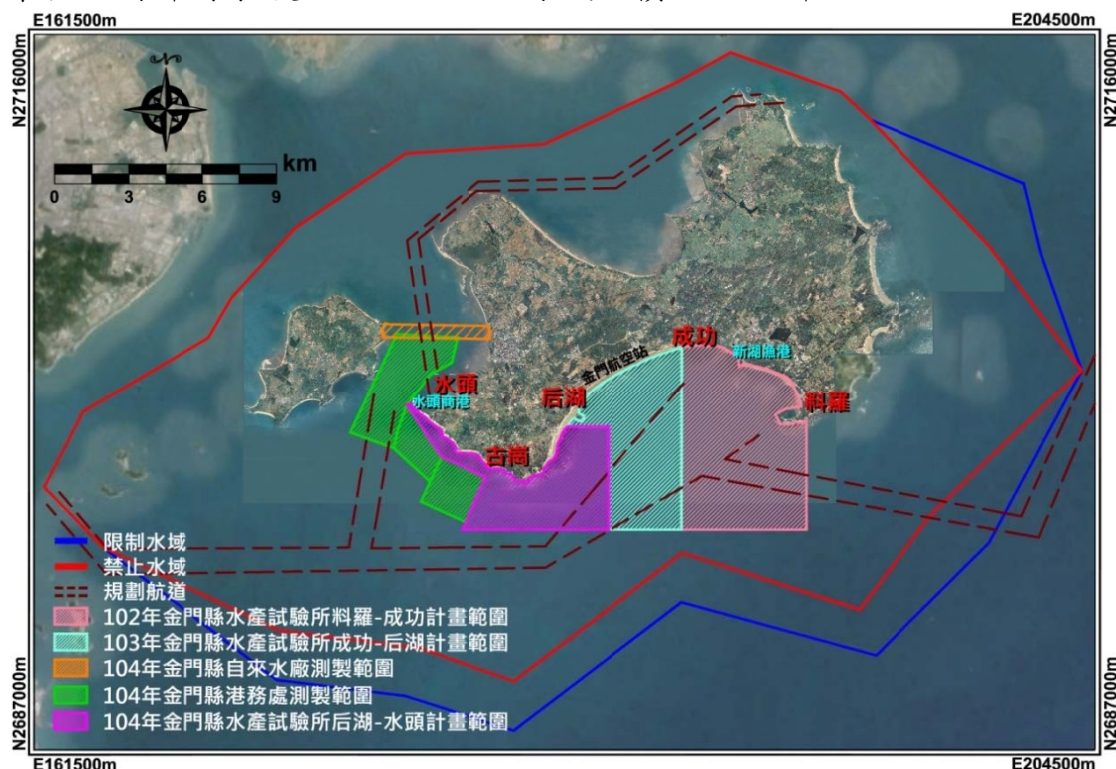
金門地區產業正加速轉型當中，內外環境壓力交相影響，漁業景氣低迷之際，除積極投放人工魚礁培育資源，另引進臺灣最傳統且高技術性、高生產力，且與漁村生活息息相關之沿岸定置網漁業與海洋箱網養殖業及海洋觀光休閒平台，活絡地方經濟，使傳統及觀光休閒產業均能兼容並進，俾能再造金門漁業發展之新契機。



金門地區往年曾辦理過田浦、營山（田墩）、馬山至山后等區之海域環境調查，並於 102 年及 103 年辦理料羅至成功及成功至后湖海域環境調查，已完成大金門東北角、東南角及南側之海岸海域環境調查。本計畫目的為補充金門地區西南側海域環境之基本地形資料蒐集，以健全地區之海域地形，故金門縣水產試驗所（以下簡稱 貴所）委託金門縣採購招標所代為辦理「金門縣后湖至水頭海域環境測定調查」委託技術服務（以下簡稱本計畫），提供 貴所了解海域地形變化，而辦理之海域水深測量工作。

## 1-2 計畫位置及範圍

本計畫作業測定範圍如圖 1-1 桃紅色斜線區域所示，主要以大金門西南側海岸—后湖至水頭連線涵蓋之海域（至水域禁限止範圍，詳註 1、註 2）為主，計畫範圍包含后湖至水頭等海岸以及周邊所測定海域連接彙整，海岸線長度約 9.5 公里、海域面積約 19.5 平方公里。



註 1：限制水域範圍：大金門地區低潮線向外延伸東方海面四千至六千公尺、南方海面八千至一萬公尺、北碇以東海面四千公尺、大、二膽南海面二千公尺一線以內海域。

註 2：禁止水域範圍：大金門地區低潮線向外延伸東方海面四千公尺、南方海面八千公尺、馬山北方一千五百公尺、北碇以東海面四千公尺、大、二膽北、西、南海面二千公尺、小金門西海面以檳榔嶼、三腳礁、牛心礁、赤角礁一線以內海域。

圖 1-1 金門縣后湖至水頭海域環境測定調查作業範圍圖



### 1-3 計畫依據

金門縣大金門已完成東北、東南及南側地區之海域環境地形調查，為補充金門地區西南側海域環境之基本地形資料收集，故辦理本計畫，以健全金門地區之海域地形，過去相關計畫整理於表 1-1 所示。

表 1-1 歷年相關計畫列表

| 年度  | 計畫名稱              | 主辦機關     |
|-----|-------------------|----------|
| 94  | 金門田浦海域環境調查委託技術服務案 | 金門縣自來水廠  |
| 97  | 金門營山海域環境調查委託技術服務案 | 金門縣自來水廠  |
| 102 | 金門縣馬山至山后海域環境測定調查  | 金門縣水產試驗所 |
| 102 | 金門縣料羅至成功海域環境測定調查  | 金門縣水產試驗所 |
| 103 | 金門縣成功至后湖海域環境測定調查  | 金門縣水產試驗所 |

### 1-4 工作項目

本計畫需執行之工作項目如下：

- (一)、控制系統檢測及引測。
- (二)、潮位站架設及高程引測。
- (三)、海岸地形測量。
- (四)、海域水深測量（單音束）。
- (五)、資料整理 3D 地形成果編印。
- (六)、結合原先已調查完成之料羅至后湖海域環境測定調查，資料由 貴所提供。

### 1-5 工作規範

#### 1-5-1 控制系統檢測及引測

##### 1.控制系統：

※平面坐標系統：採用內政部金門地區 TWD97 坐標系統。

※高程坐標系統：採用內政部金門地區一等水準高程系統。

##### 2.已知控制點檢測：

- (1)引用內政部二等衛星控制點、三等控制點及一等水準點為基準，



但引用之前必須對原有點位進行檢測，檢測證明該點位未經移動後，方得引用。如未通過檢測之點，必須通知機關，以免日後誤用。

(2)已知控制點之檢測以檢測相鄰三個點位間之夾角及距離為原則，將檢測值與已知值分別視為獨立不相關之變數，加以檢定，角度較差在 10 秒以內、距離較差在 1/20,000 以內者視為可用。

(3)水準點之檢測亦應以檢測相鄰二點位間之高程差為原則，高程差之較差應小於  $8\text{mm}\sqrt{K}$  ( $K$  表公里數)，檢定通過後方得引用。

(4)內政部於 91 年中以後陸續公告一等水準測量成果，本計畫應以最新公告成果應用之。

### 1-5-2 潮位站架設及高程引測

須與陸域岸線地形測量採用相同的控制基準，達到全區一致且海、陸域同系統的目的，以直接水準引測高程至潮位設置點，水深測量前需進行潮位站架設及觀測做水深量測改正之依據。其潮位觀測頻率以中央氣象局之資料格式至少每六分鐘一筆觀測資料，於進行水深測量時進行觀測至水深測量外業結束時止。

### 1-5-3 海岸地形測量

#### 1.測量範圍：

以海岸自高潮線往內陸 100 公尺範圍內，測繪至岸線特徵物為止，範圍涵蓋潮間帶與濱海陸地區域，並涵蓋沿岸各級漁、商港區（港區陸、海範圍需全部納入），測量製圖比例尺 1/1,000。

2.岸線地形測量可用施測方式：傳統平面測量、航空攝影測量、GPS 測量、空載或地面光達測繪（LIDAR）。

3.等高線測繪間隔在地形平坦地區為 1 公尺，在山區或地形陡峭變化急遽區域間距為 5 公尺，以便於圖上清楚展示為主；於不便使用等高線顯示之地區，得以圖式或標高點表示之。

4.作業時應儘量利用漲退潮時間加大測量範圍，以能與海域測量資料重疊銜接，避免產生間隙。





#### 1-5-4 海域水深測量（單音束）

1.採用單音束測深儀可同時輸出數值及感應紙圖面成果，其測深精度至少為 0.01 公尺 $\pm$ 0.25% depth（測深值）。為提高測深精度，減低測深值因波浪起伏所造成之誤差，須架設湧浪補償器（Heave Compensator）輔助之。每次測量前將於適當地點風浪影響較小處利用檢校盤（BarCheck）檢測聲速設定值，並調整感應桿入水深。其架設儀器時其 DGPS 天線與音鼓架設位置應在同一軸上且湧浪補償器應擺設在測深音鼓桿旁。

#### 2.定位測量：

採 DGPS 系統即時定位，定位精度在 $\pm$ 1m 之內。觀測同時即記錄各個測點的實際觀測原始資料（WGS84 坐標系統），資料內容有觀測時間，經緯度坐標值等數據。並立即將 WGS84 坐標系統之成果利用坐標轉換方式轉換成 TWD97 坐標系統。

#### 3.導航系統：

在觀測時須有適當的導航系統將船隻行駛路線與規劃測線做即時展示，便於測量成果品質掌控。因此在導航部份，須符合以下條件：

- (1)可即時整合 DGPS 定位資料及測深成果，成為具有三度空間資料的成果格式。
- (2)事前規劃測線，將規劃測線與實際測線一併展示。
- (3)經由系統所提供之水深斷面圖可監視水深變化情形，以利進行水深資料品質管制。
- (4)海上註記功能：船隻航行到礁石、浮筒、定置漁網等之物件旁時，啟動本功能可將相關物件名稱、坐標及時間記錄下來，以利後續作業時可將相關物件註記於圖上。

#### 4.測線規劃：

水深測量測線規劃方式是採測線垂直岸邊，而測線彼此間以相互平行排列，測線密度間距依使用目的進行規劃，一般測線規劃以 50m 一條測線，測量間距每 5 公尺一點，另外在測線之垂直方向以每 500



公尺規劃檢核測線，以檢核施測成果。

- 5.調查船舶可使用機關試驗船與人員配合其承商海上進行調查作業，其油料費承商負責。

#### 1-5-5 資料整理 3D 地形成果編印

- 1.水深測量成果報告書 10 份。
- 2.1/1000 原始測線軌跡圖及電子檔 5 片。
- 3.1/1000 水深地形成果圖及電子檔。成果圖採 TM2 坐標並以 AutoCAD 格式存檔，測量點網格化（40m）、等深線及岸線地形三圖層 5 片。
- 4.3D 水深地形色階圖 10 份。

### 1-6 執行進度

本案工作期程自簽約日（104 年 5 月 14 日）起至 150 日曆天須完成所有作業並提送成果報告書及相關成果資料。

本案已完成所有作業：控制系統檢測及引測；潮位站架設及高程引測；海岸地形測量；海域水深測量(單音束)等外業作業，再進行海陸域地形圖檔繪製，並於本階段提送成果報告書供審核。

整體工作進度整理如表 1-2 與圖 1-2 所示，各階段完成之工作項目如下：

#### 1.期初階段：

決標日（104 年 5 月 14 日）起 15 天內（104 年 5 月 29 日）提送專業責任險及委託技術服務執行計畫書至 貴所審查。

#### 2.期中階段：

簽約日起 120 個日曆天（104 年 9 月 11 日）內完成后湖至古崗海域段調查，並提送期中報告至 貴所審查。

#### 3.成果階段：

簽約日起 150 個日曆天（104 年 10 月 11 日）內完成后湖至水頭海域段所有工作事項，並交付成果期末報告書。

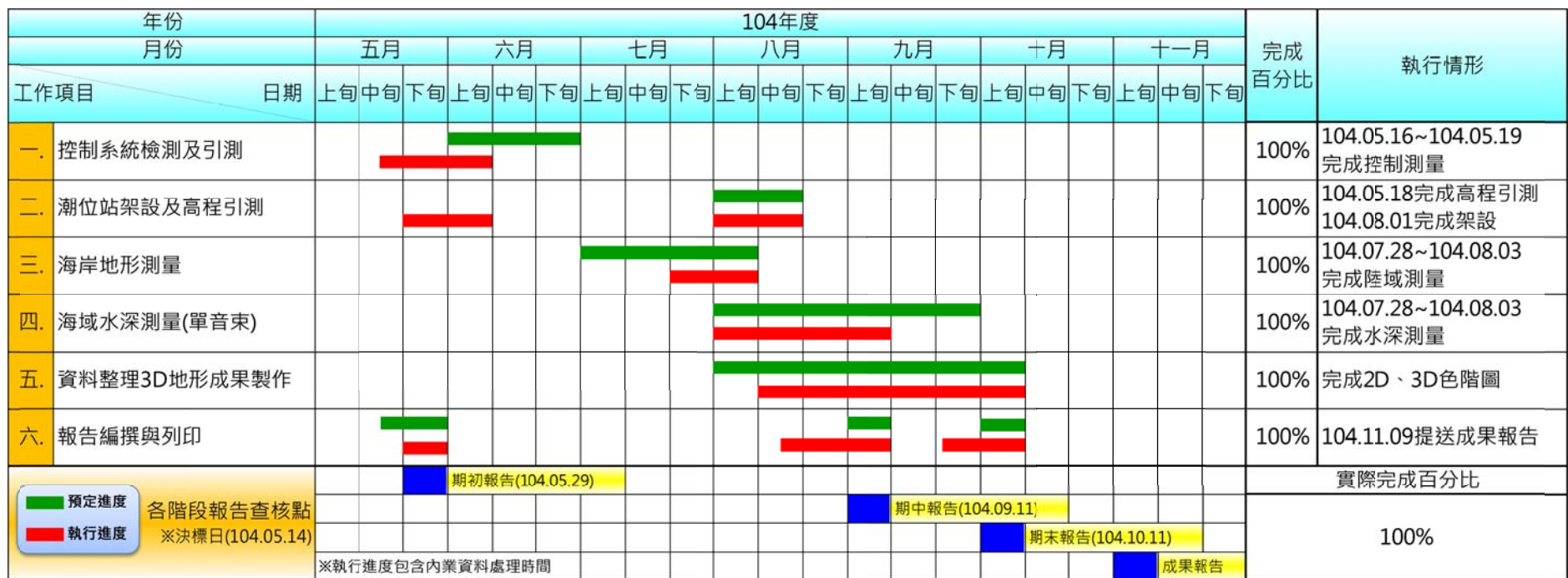


圖 1-2 進度甘特圖 (Gantt Chart)



表 1-2 各項工作執行進度表

| 項次 | 工作項目            |             | 作業時程                                                   | 備註 |
|----|-----------------|-------------|--------------------------------------------------------|----|
| 1  | 工作規劃            |             | 104.05.14決標日                                           |    |
|    |                 |             | 104.05.29前提送工作執行計畫書                                    |    |
|    |                 |             | 104.05.29前提送初期調查成果                                     |    |
|    |                 |             | 104.09.11前提送期中報告書                                      |    |
|    |                 |             | 104.10.11前提送期末報告書                                      |    |
| 2  | 準備工作            | 儀器檢核校驗      | 已完成校驗，詳校驗報告                                            |    |
|    |                 | 職業安全教育訓練    | 104.05.21                                              |    |
| 3  | 控制系統<br>檢測及引測   | 新設控制點埋設     | 104.05.16~104.05.17                                    |    |
|    |                 | 平面控制測量(含檢測) | 104.05.17、104.05.20~21                                 |    |
|    |                 | 高程控制測量(含檢測) | 104.05.18~104.05.19                                    |    |
| 4  | 潮位站架設<br>及高程引測  | 潮位站架設       | 104.08.01                                              |    |
|    |                 | 潮位站高程引測     | 104.05.18                                              |    |
| 5  | 海岸地形測量          | 地面光達測量      | 104.07.28~104.08.03                                    |    |
|    |                 |             | 104.07.28~104.08.03                                    |    |
| 6  | 海域水深測量<br>(單音束) | 出海申請        | 104.04.16已向海巡署提出申請並核可<br>【核可文號：岸檢字第A10404160005-4051號】 |    |
|    |                 | 測線規劃        | 已規劃                                                    |    |
|    |                 | 潮位觀測        | 104.08.01~104.08.18                                    |    |
|    |                 | 海域水深測量      | 104.08.02、03、04、05、06、<br>11、12、13、17                  |    |
| 7  | 報告製作            | 工作執行計畫書撰寫   | 104.05.18~104.05.26                                    |    |
|    |                 | 初期調查成果撰寫    | 104.05.20~104.05.27                                    |    |
|    |                 | 期中報告書撰寫     | 104.08.13~104.09.08                                    |    |
|    |                 | 期末報告書撰寫     | 104.09.25~104.10.06                                    |    |
|    |                 | 成果報告書撰寫     | 104.10.26~104.11.06                                    |    |

## 1-7 作業流程

本計畫相關作業之聯繫、作業進度管理與協調、水深測量時間的掌握及成果資料彙整與圖檔製作等方面，皆為工作能順利進行與否的重要環節。故針對本計畫各項工作做一詳實規劃，其整體作業流程如圖 1-3 所示。

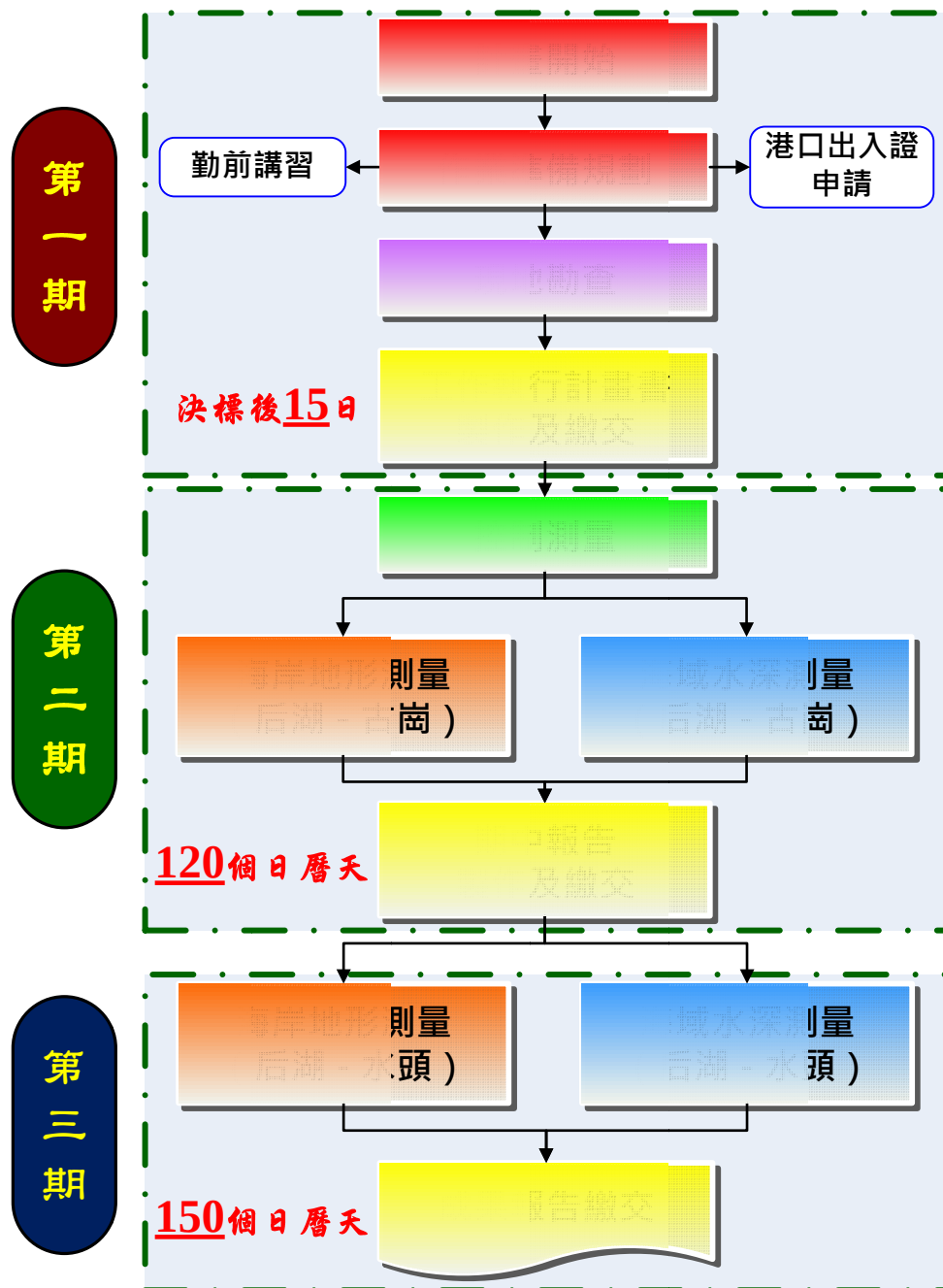


圖 1-3 作業流程圖



## 1-8 海陸域地形調查

有關海域地形成果圖依規範要求以比例尺 1/1,000 進行水下地形測繪作業，於測區海域範圍內使用單音束測深系統，約每 5m 可得到一實測水深資料；海岸地形測量則以地面光達施作（如圖 1-4）。相關工作項目及精度要求則符合招標文件「工作計畫書」規定，彙整如表 1-3 所示，各項作業方式及其原理介紹則詳述於後。

表 1-3 各項工作測量精度規範表

| 工作項目   | 工 作 規 範                                                                                           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 控制系統   | 1.平面系統：採用內政部公告之金門地區 TWD97 坐標系統                                                                    |
|        | 2.高程系統：採用內政部公告之金門地區一等水準高程系統                                                                       |
| 平面控制測量 | 已知控制點之檢測以檢測相鄰三個點位間之夾角及距離為原則，角度較差需在 $\pm 10$ 秒以內、距離較差需在 $\pm 1/20,000$ 以內                          |
| 高程控制測量 | 水準點之檢測應以檢測相鄰二點位間之高程差為原則，高程差之較差應小於 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ （K 表公里數）                               |
| 海岸地形測量 | 測量製圖比例尺 1/1,000，等高線測繪間隔在地形平坦地區為 1 公尺，在山區或地形陡峭變化急遽區域間距為 5 公尺，以便於圖上清楚展示為主；於不便使用等高線顯示之地區，得以圖式或標高點表示之 |
| 海域水深測量 | 水深測量測線規劃方式是採測線垂直岸邊，而測線彼此間以相互平行排列，測線規劃以 50m 一條測線，測量間距每 5 公尺一點，另外在測線之垂直方向以每 500 公尺規劃檢核測線            |

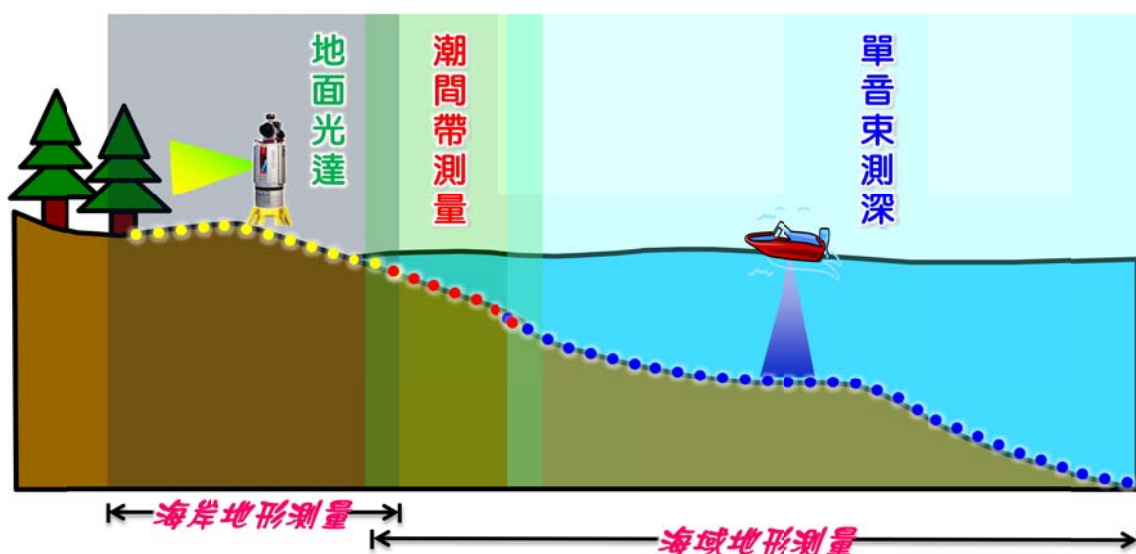


圖 1-4 作業方式示意圖

## 第二章 控制測量

### 2-1 控制系統

為求本計畫全區一致且海、陸域同系統之目的，且各項測量資料能完整接合，故本計畫統一採用之坐標系統如下所述（量度單位則以公尺為基準）：

- ◆平面控制系統：內政部公告之金門地區 TWD97 坐標系統。
- ◆高程控制系統：內政部公告之金門地區一等水準高程系統。
- ◆投影坐標系統：採用經差二度分帶橫麥卡托（Transverse Mercator）坐標系統（TM2°），中央子午線 119°。

### 2-2 已知控制點資料

在作業進行前，先蒐集計畫範圍附近內政部公告之控制點資料，經考量點位分佈狀況，本計畫選用一等水準點 KM25、KM26、KM27；二等控制點 W902 及三等控制點 WX28、WX45 等 6 點作為本計畫之平面及高程控制點，其控制點點號及點位分佈如圖 2-1 所示。

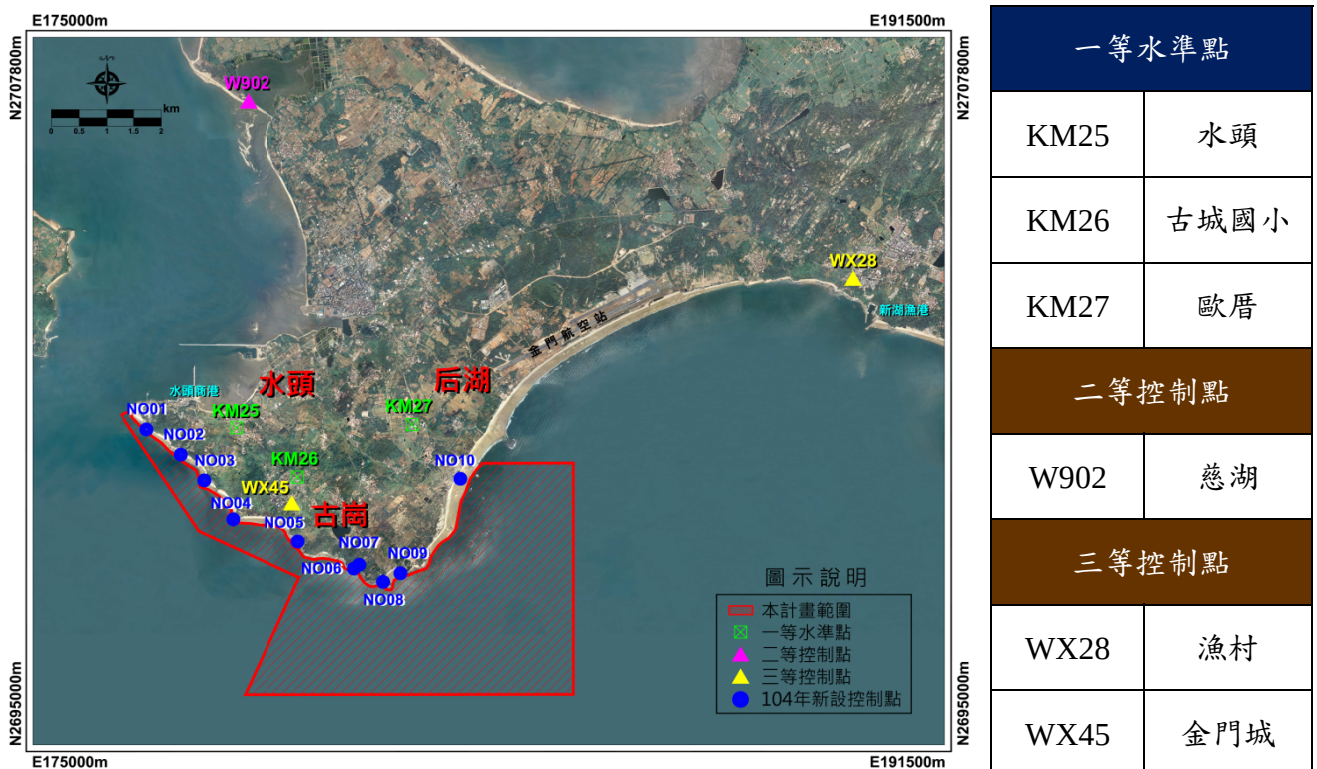


圖 2-1 控制點相關位置及說明

## 2-3 新設控制點佈設

### 2-3-1 新設控制點選點

本計畫海岸線長約 9.5 公里，為增加測量精度及後續海岸地形測量應用方便性，沿岸線約每 1.5~2 公里佈設 1 組控制點（採點對方式），並視需求選定適當位置埋設控制點，再由檢測合格之已知平面控制點及一等水準點引測至新設控制點，選點原則說明如下。

- 1.點位需均勻分佈於測區內，持地圖實地選點，注意地上情況與地圖是否相似。
- 2.控制點選定後，應在地上埋設固定樁（臨時控制點可用木樁，樁頂中心釘鐵釘，表示點位），埋樁規格如圖 2-2 所示，並製作樁位點誌記，如附件三及圖 2-4 所示。
- 3.控制點應選擇展望良好，可供日後測量使用之點，以設置於地質穩固、無局部滑動之未登錄地及公有地為原則。
- 4.點位之設置不得影響人、車交通安全，避免直接埋設於道路路面，並以交通便捷易於到達為佳。
- 5.對空通視需良好，點位仰角遮蔽在 360 度之水平角度中至少有 60% 以上應小於 40 度為原則。
- 6.遠離廣播電台、電視轉播站、雷達站、微波站、高壓電線及其他電磁波源，避免干擾衛星訊號之接收。

本計畫因岸線崎嶇蜿蜒，鄰近已知控制點位間距離較遠且大多已遺失，為使地面光達完整覆蓋區域，改以約 0.5~1km 佈設 1 組控制點，共計新設 10 點控制點（點號 NO01 至 NO10），樣式如圖 2-2 所示。

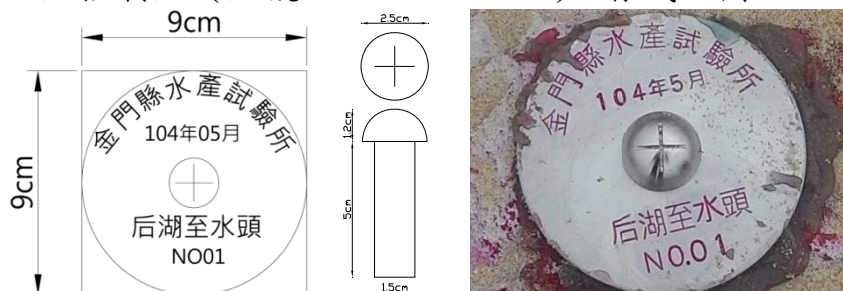


圖 2-2 控制樁鋼標樣式圖（右圖現場樁位近照）



### 2-3-2 埋樁作業日期

本計畫已於 104 年 5 月 16 日至 5 月 17 日進行新設控制點樁位選點作業，完成 10 點樁位埋設工作，工作照如圖 2-3 所示。

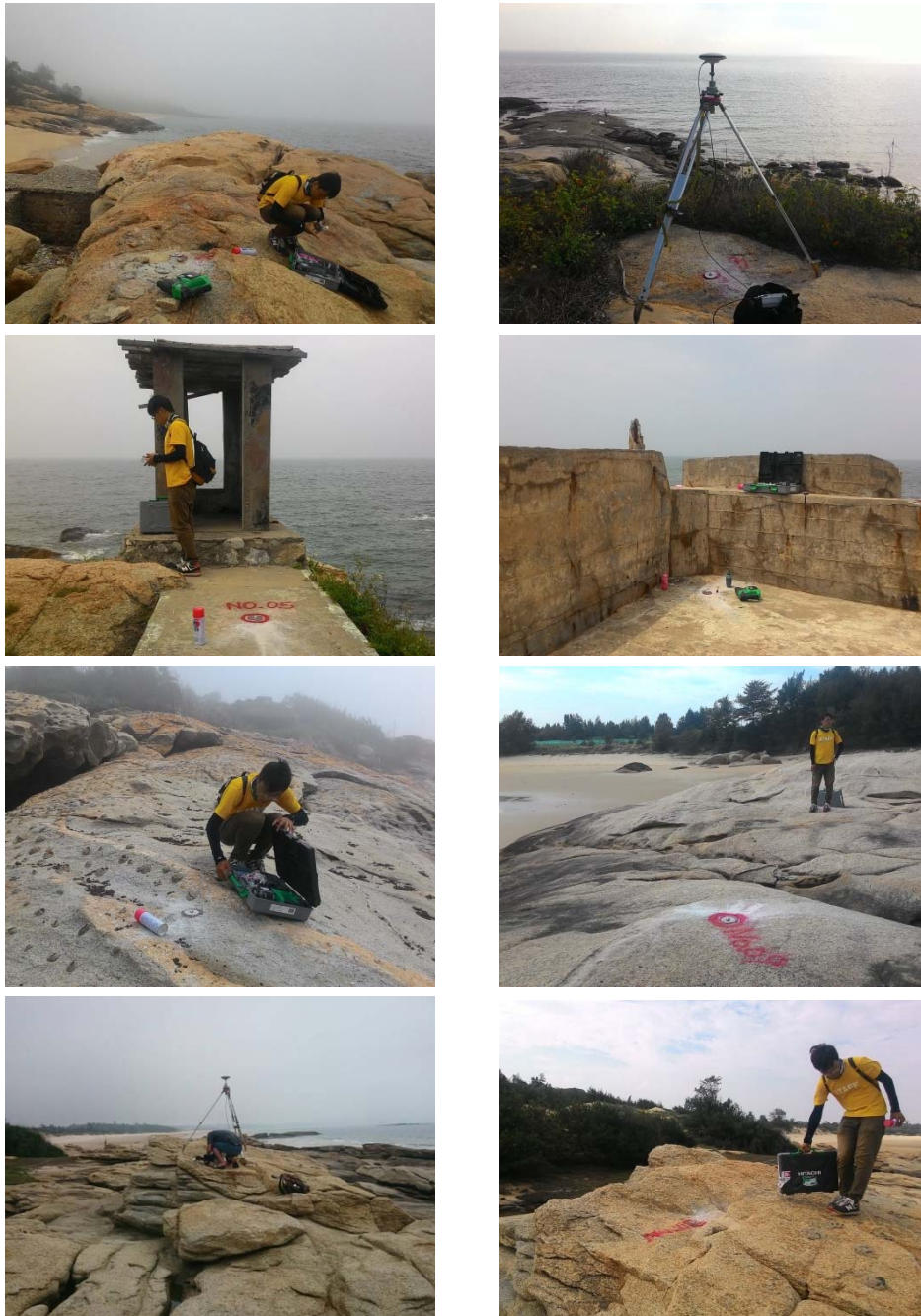


圖 2-3 新設控制點位埋設工作照



### 2-3-3 新設控制點佈設成果

表 2-1 新設控制點相關位置

| 點號   | 縱坐標(N)(m)   | 橫坐標(N)(m)  | 點位說明                                                                                            |
|------|-------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NO01 | 2700705.699 | 177061.369 | 由金城往水頭方向行西海路經稚暉公園續行 356m 遇叉路往左續行 465m 至電廠左轉再行 250 下車，沿小徑步行約 100m 至一碉堡，點位於碉堡右側岩石上。               |
|      | 118.2808    | 24.4108    |                                                                                                 |
| NO02 | 2700249.698 | 177679.651 | 由金城往水頭方向行西海路至茅山塔路口左轉續行 485m 遇路口左轉再行 700m 下車，步行約 270m 即達點位。                                      |
|      | 118.2869    | 24.4067    |                                                                                                 |
| NO03 | 2699783.719 | 178102.898 | 由金城往水頭方向行西海路至珠水路交叉口往金水國小方向直行過國小後續行 860m 下車沿右側小徑步行約 155m 即達點位。                                   |
|      | 118.2911    | 24.4025    |                                                                                                 |
| NO04 | 2699079.954 | 178624.808 | 由金城往水頭方向行西海路至珠水路交叉口左轉珠水路續行 212m 至路口右轉再行 927m 左轉行 35m 後右轉行至廢棄營區下車，往海邊步行約 100m 即達點位。              |
|      | 118.2963    | 24.3962    |                                                                                                 |
| NO05 | 2698678.938 | 179802.521 | 由金城往水頭方向行西海路至珠水路交叉口左轉珠水路續行 1560m 至路口右轉續行 190m 左轉在行 567m 後右轉 530m 至海邊，點位於右側哨所旁。                  |
|      | 118.3079    | 24.3926    |                                                                                                 |
| NO06 | 2698189.721 | 180814.352 | 由金城往水頭方向行西海路至珠水路交叉口左轉珠水路續行 254m 交叉口左轉珠水路續行 1560m 右轉續行 930m 至翟山坑道，岩坑道旁小徑步行 356m，點即在堤上。           |
|      | 118.3179    | 24.3882    |                                                                                                 |
| NO07 | 2698258.515 | 180912.317 | 由金城往水頭方向行西海路至珠水路交叉口左轉珠水路續行 254m 交叉口左轉珠水路續行 1560m 右轉續行 930m 至翟山坑道，岩坑道旁小徑步行 242m，點在右側岩石上。         |
|      | 118.3189    | 24.3889    |                                                                                                 |
| NO08 | 2697949.115 | 181337.157 | 由金城往水頭方向行西海路至珠水路交叉口左轉珠水路續行 254m 交叉口左轉珠水路續行 1895m 至路口再直行 110m 下車，往右步行沙灘約 100m 點位於岩石上。            |
|      | 118.3231    | 24.3861    |                                                                                                 |
| NO09 | 2698104.865 | 181649.634 | 由金城往水頭方向行西海路至珠水路交叉口左轉珠水路續行 254m 交叉口左轉珠水路續行 1895m 至路口再直行 110m 下車，往左步行沙灘約 400m 點位於岩石上。            |
|      | 118.3262    | 24.3875    |                                                                                                 |
| NO10 | 2699813.489 | 182737.993 | 由金城往水頭方向行西海路至珠水路交叉口左轉珠水路續行 254m 交叉口左轉珠水路續行 1895m 至路口左轉行約 2610m 右轉行 440m 至海邊，往左步行沙灘 140m 點位於岩石上。 |
|      | 118.3368    | 24.4030    |                                                                                                 |





## 新設控制點點誌記

計畫名稱：金門縣后湖至水頭海域環境測定調查

|                                                                                                      |       |                           |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------|-------------|
| 點 名<br>STATION NAME                                                                                  | NO01  | 日 期<br>DATE               | 104 年 05 月  |
| 等 級<br>ORDER                                                                                         | 新設控制點 | TWD97 縱坐標<br>(N) (Y) (m)  | 2700705.699 |
| 樁 號<br>STATION NO.                                                                                   | NO01  | TWD97 橫坐標<br>(E) (X) (m)  | 177061.369  |
| 樁 別<br>REMARKS                                                                                       | 鋼片樁   | TWVD2001 高程<br>HEIGHT (m) | 5.764 m     |
| 詳 圖：                                                                                                 |       | 略 圖：                      |             |
|                                                                                                      |       |                           |             |
| <p>說明：</p> <p>由金城往水頭方向行西海路經稚暉公園續行 356m 遇叉路往左續行 465m 至電廠左轉再行 250m 下車，沿小徑步行約 100m 至一碉堡，點位於碉堡右側岩石上。</p> |       |                           |             |
| 近照：                                                                                                  |       | 遠照：                       |             |
|                                                                                                      |       |                           |             |

NO01

圖 2-4 新設控制點點誌記

## 2-4 平面控制測量

### 2-4-1 平面控制系統檢測

本項工作主要係檢測現存之已知控制點，藉由 GPS 靜態觀測檢核各已知控制點相關位置是否變動（位移），以避免引用錯誤之已知點造成坐標誤差，並由檢測合格之已知控制點引測平面坐標至新設控制樁位，作為後續測量使用。

#### 1. 測量設備：

公分級之雙頻 GPS 衛星定位儀，可進行靜態、快速靜態及動態測量，儀器精度達 $\pm 5\text{mm} + 1\text{ppm} \times L$ （ $L$  為單一基線之長度），其儀器照如圖 2-5 所示。



Leica System 500 系列



Trimble 5700 型

圖 2-5 GPS 衛星定位儀器照

#### 2. 作業流程：

選定測區內已知控制點



使用雙頻 GPS 接收儀採蛙跳式測量  
以雙測站重覆基線觀測原則  
成果須符合已知點檢測精度

#### 3. 觀測方法：

- (1) 採用公分級雙頻 GPS 衛星定位儀以靜態觀測方式 40 分鐘以上。
- (2) 同時使用多台雙頻衛星接收儀，採蛙跳方式進行測量。
- (3) 各測站對空通視皆良好，施測時有效角應設定為 15 度，每間隔 15 秒記錄一次衛星資料。
- (4) 施測時 PDOP 值應小於 10 始可進行施測。
- (5) 所有觀測量皆經過週波脫落之偵測與改正及平差計算。



#### 4.觀測品質管制：

- (1)外業觀測檢核：觀測時間是否超過 40 分鐘、衛星顆數是否大於 4 顆、PDOP 值是否小於 10、仰角設定是否大於 15 度。
- (2)原始觀測資料檢核：GPS 訊號是否連續觀測、儀器高及點名輸入是否正確。

#### 5.檢測精度要求：

已知控制點之檢測以檢測相鄰三個點位間之夾角及距離為原則，將檢測值與已知值分別視為獨立不相關之變數，加以檢定，角度較差在 $\pm 10$  秒以內、距離較差在 $\pm 1/20,000$  以內者視為可用。

#### 6.已知點檢測成果：

本計畫採用 GPS 進行平面控制系統檢測，以靜態觀測檢測已知二等控制點 W902、三等控制點 WX28 及 WX45 共 3 點平面控制點，其檢測成果如下所示（相關 GPS 平差計算成果詳附件四）：

- (1)GPS 觀測後經週波脫落改正、基線解算及最小約制平差，剔除不合格之基線，再經由強制套合平差計算出正確之坐標值。原坐標成果與最小約制平差計算坐標成果比較其差值如表 2-2 所示，其中 W902 為計算時採用之固定點，故其差值為 0。

表 2-2 已知控制點檢測坐標比較表

| 點號   | 最小約制網坐標(m)  |            | 已知點坐標(m)    |            | 坐標差值(m) |        | 距離(m) |
|------|-------------|------------|-------------|------------|---------|--------|-------|
|      | 縱坐標(N)      | 橫坐標(E)     | 縱坐標(N)      | 橫坐標(E)     | 縱坐標(N)  | 橫坐標(E) | 差值    |
| W902 | 2706647.885 | 178903.308 | 2706647.885 | 178903.308 | 0.000   | 0.000  | 0.000 |
| WX28 | 2703441.616 | 189856.866 | 2703441.570 | 189856.874 | 0.046   | -0.008 | 0.047 |
| WX45 | 2699379.269 | 179698.001 | 2699379.192 | 179697.984 | 0.077   | 0.017  | 0.079 |

- (2)距離檢核各基線長與原坐標成果反算距離，其差值精度如表 2-3，已知點檢核總計 3 條基線，檢核成果其距離差值精度皆小於  $1/20,000$ ，符合檢測精度要求，可作為後續坐標套合平差計算使用。



(3)經方位角檢核各基線之方位角與原坐標成果反算之方位角差值比較如表 2-4 所示，檢核成果其方位角差值精度皆小於 10 秒，符合檢測精度要求，可作為後續坐標套合平差計算使用。

表 2-3 已知控制點檢測坐標反算距離較差表

| 起點   | 終點   | 反算距離<br>[1] | 檢測距離<br>[2] | 距離較差<br>([1]-[2]) | 距離較差<br>檢測精度 | 精度規範 1/20000<br>容許誤差 | 備註 |
|------|------|-------------|-------------|-------------------|--------------|----------------------|----|
|      |      | (m)         | (m)         | (m)               |              | (m)                  |    |
| W902 | WX28 | 11413.176   | 11413.197   | -0.021            | 1/-551361    | 0.571                | 合格 |
| W902 | WX45 | 7311.93     | 7312.004    | -0.075            | 1/-97884     | 0.366                | 合格 |
| WX28 | WX45 | 10940.987   | 10941.022   | -0.035            | 1/-314396    | 0.547                | 合格 |

表 2-4 已知控制點檢測坐標反算方位角較差表

| 起點   | 終點   | 反算角度<br>[1] | 檢測角度<br>[2] | 角度較差<br>([1]-[2]) | 精度規範<br>±10 秒 | 備註 |
|------|------|-------------|-------------|-------------------|---------------|----|
|      |      | (度-分-秒)     | (度-分-秒)     | (秒)               | (秒)           |    |
| W902 | WX28 | 286-18-55.9 | 286-18-56.7 | -0.8              | 10.0          | 合格 |
| W902 | WX45 | 353-45-37.8 | 353-45-38.5 | -0.7              | 10.0          | 合格 |
| WX28 | WX45 | 68-12-15.9  | 68-12-15.5  | 0.4               | 10.0          | 合格 |

(4)綜合上述檢測成果得知所有已知點位均符合檢測精度要求，故 W902、WX28 及 WX45 等 3 點可作為後續測量使用。

## 2-4-2 平面控制測量

平面控制測量主要採用 GPS 衛星定位測量方式執行，由檢測合格之已知平面控制點，引測至新設控制點，利用 GPS 接收儀靜態觀測蒐集衛星訊號，藉由 GPS 套裝軟體解算各基線分量，再進行 3D 坐標網形平差，解算出各點之坐標值。

### 1.作業內容：

- (1)應在測區周圍與測區內佈設足夠之控制點，始能進行後續之測量作業。
- (2)平面控制測量應採用檢測合於精度之控制點進行測量。
- (3)施行 GPS 衛星定位測量時，應同時填寫觀測記錄表，記錄施測點名、點號、量測之天線高、儀器接收之起迄時間、衛星訊號接收



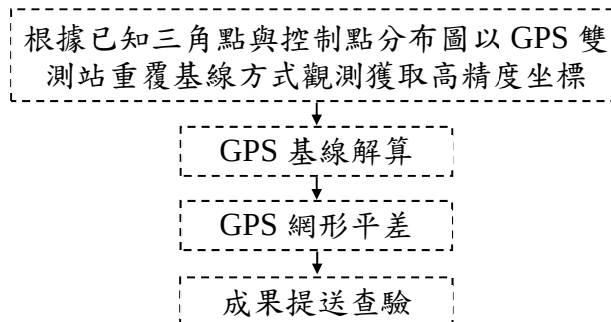


狀況、點位透空情況及點位周遭環境(是否有廣播電臺、雷達站、微波站、高壓電塔等)。

## 2.測量設備：

公分級之雙頻 GPS 衛星定位儀，儀器精度達 $\pm 5\text{mm} + 1\text{ppm} \times L$  (L 為單一基線之長度)。

## 3.作業流程：



## 4.GPS 資料處理：

- (1)GPS 觀測資料進行格式轉檔，基線計算採用 Trimble Business Center V2.5 套裝軟體，逐一配對同時觀測之測點組成基線並解算基線長度及各分量長度 (dx, dy, dz)。
- (2)基線解算後得各測段所有基線，利用網形平差 GPS 套裝軟體，將每測段觀測之 GPS 網經最小約制平差後剔除解算不合基線。
- (3)由每時段最小約制平差後確定無解算錯誤之基線，再逐一加入整網平差，得一最終之 GPS 最小約制平差成果。
- (4)GPS 衛星測量基線計算、平差、偵錯作業流程如圖 2-6 所示。

## 5.平面控制測量成果：

本計畫平面控制測量觀測工作照如圖 2-7，GPS 觀測網形成果如圖 2-8 所示，於 104 年 5 月 17、20、21 日同一時段分別以 8 台、7 台及 6 台 GPS 同時進行觀測，共解算出 45 條基線，最小約制網平差成果無基線剔除，剔除率為 0%。



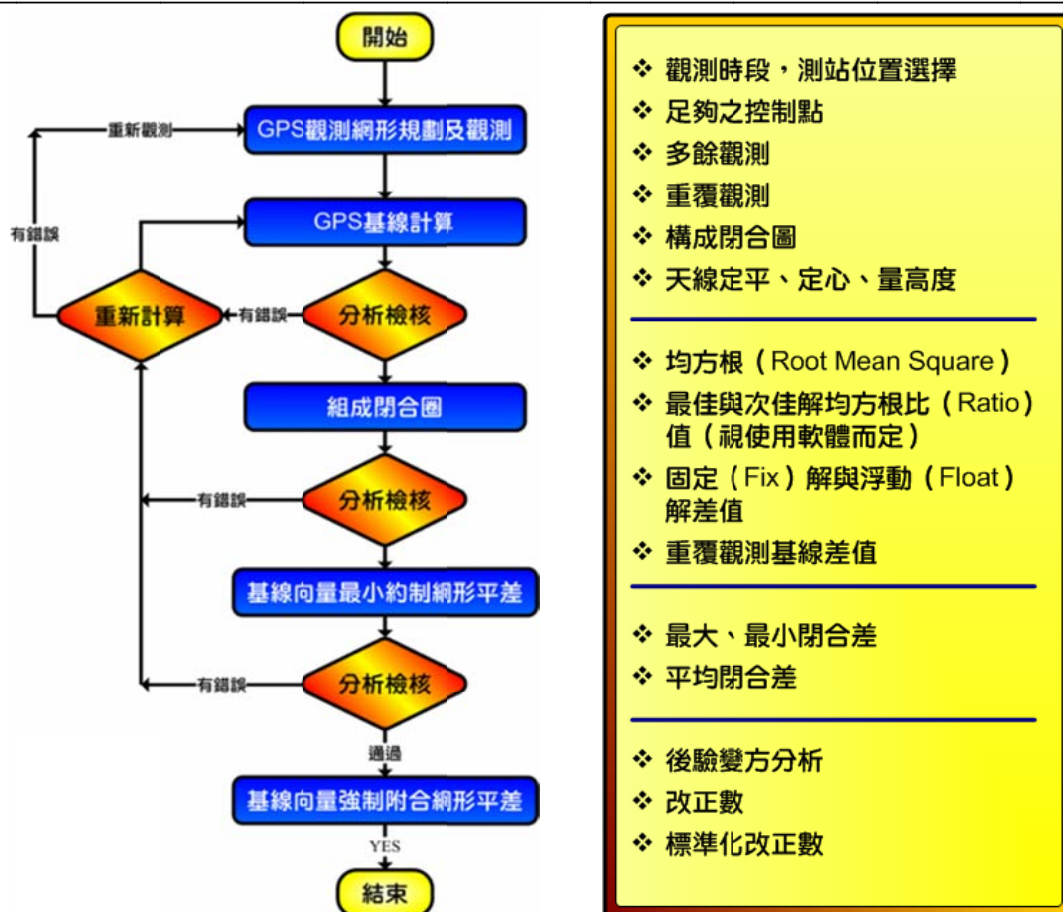


圖 2-6 GPS 衛星測量基線計算、平差、偵錯作業流程



W902



WX28



WX45



NO04



NO08



NO10

圖 2-7 GPS 觀測工作照

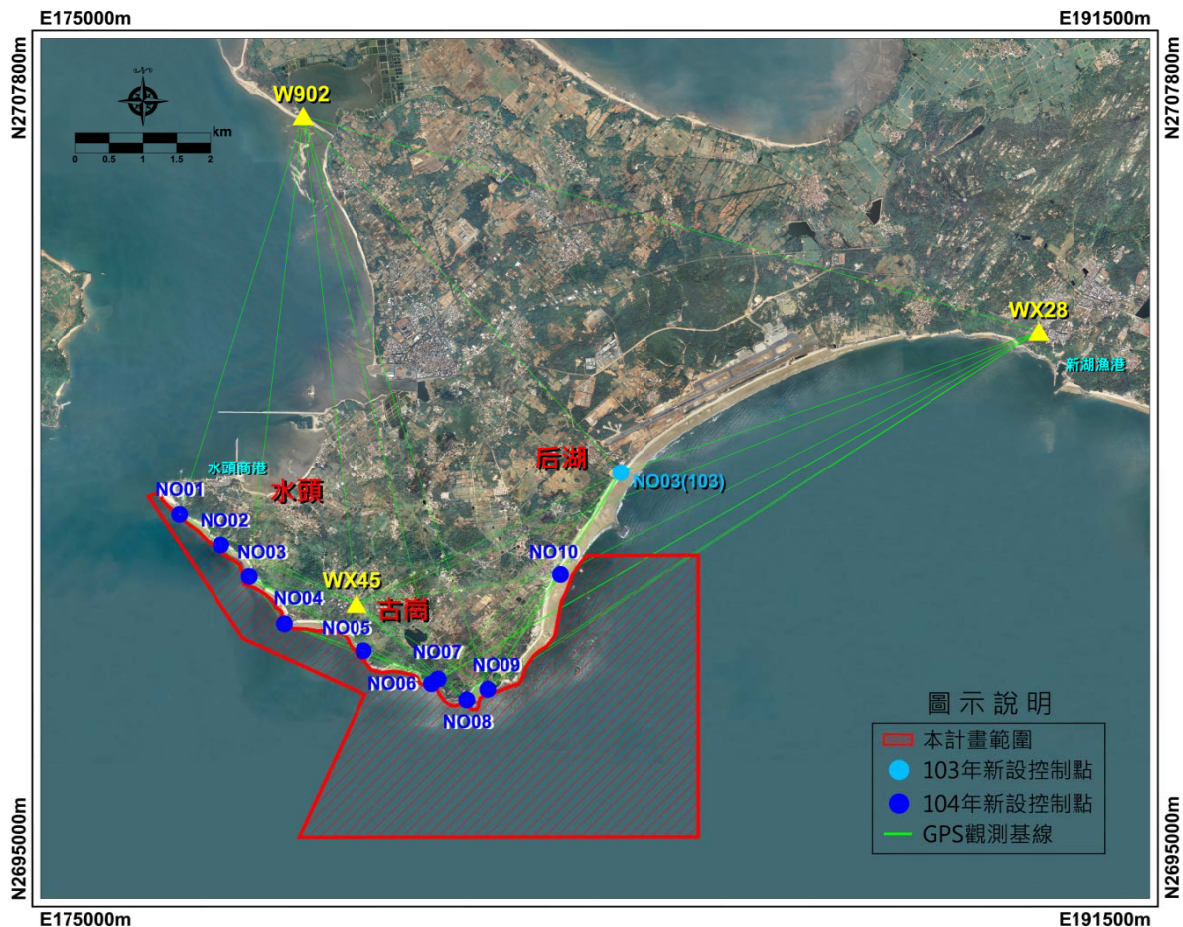


圖 2-8 GPS 觀測網形圖

## 2-5 高程控制測量

### 2-5-1 高程控制系統檢測

本項工作為檢測內政部公告之已知一等水準點，採用條碼式精密水準儀對已知水準點進行直接水準測量，以檢測其高程是否有變動，確定水準點高程無變動後再引測新設控制點，作為高程控制使用。選定測區附近之內政部一等水準點 KM25、KM26、KM27 共 3 點進行檢測，其點位分佈位置如前圖 2-1 所示。直接水準相關作業說明如下：

#### 1. 測量設備：

儀器採用精密自動記錄水準儀 Leica DNA03 搭配條碼尺進行觀測，儀器照如圖 2-9 所示。





圖 2-9 精密自動記錄水準儀儀器照

## 2. 觀測方法：

- (1) 豎立水準尺：將甲尺置於起點上，取前後視約相等距離（不得大於 60m）後，將乙尺置於尺墊上，調整水準尺上氣泡，使其居中。
- (2) 將水準儀置於二根水準尺的中間，調整儀器使氣泡居中後，觀測甲尺的讀數並記錄。
- (3) 將水準儀轉向乙尺，不可轉動踵定螺旋，若氣泡偏離容許範圍，則儀器須重做檢定。若在容許範圍內，對準乙尺讀取讀數並記錄。
- (4) 觀測完畢後，後視尺及儀器往行進方向移動，前視尺則轉動尺面，並確保尺墊位置不動，此時，前視尺變成後視尺，重覆上述之步驟，直至終點的水準點上。
- (5) 於接近終點時，調整前後視距離，使每一測段的測站數為偶數，即保證同一支尺（甲尺）放在起點與終點之點位上，如此可避免水準尺零點不在尺底部的誤差。

## 3. 觀測品質管制：

- (1) 同一測段之往返觀測，應由同一觀測者使用同一類型之儀器及設備，沿同一道路進行。
- (2) 施測外業應儘量避免於中午進行，以避免強光及高溫之影響，另應配備較長遮陽罩，以減少雜散光之影響。
- (3) 施測時扶尺員應隨時注意並確保水準尺與尺墊垂直性及穩定性。
- (4) 除轉彎處，每一測站儀器與二水準尺之三個位置，盡量成一直線。
- (5) 當觀測水準點時，須仔細查對該點之位置、編號及名稱是否相符。
- (6) 施測時，應儘量避免隨意設置臨時轉點，但得依實際需要，於二



水準點之間設置臨時轉點。遇長橋梁及隧道，可於其間設置數個臨時轉點，切成數個小測段分組同時施測。

#### 4. 檢測精度要求：

水準點之檢測亦應以檢測相鄰二點位間之高程差為原則，高程差之較差應小於 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ （K 表公里數），檢定通過後方得引用。

#### 5. 水準點檢測成果：

本次採用全自動電子水準儀搭配條碼尺進行高程控制點檢測作業，檢測測區附近內政部公告之一等水準點 KM25、KM26、KM27 共 3 點，檢測水準路線總長約 17.34 km，測段水準精度統計如表 2-5 所示，由表可知本計畫已知水準點檢測水準精度皆符合規範規定（精度優於 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ ），檢測之一等水準點（3 點）高程均未變動，可作為後續水準高程引測使用，水準計算表詳參附件五，檢測之高程成果詳參附件二所示。

表 2-5 水準點檢測精度表

【備註】水準閉合精度 =  $\frac{\text{較差}}{\sqrt{\text{測段距離}}}$

| 起點   |          | 終點                |          | 資料高差     | 檢測高差      | 較差    | 測段距離 | 閉合精度          | 誤差規範          | 備註 |
|------|----------|-------------------|----------|----------|-----------|-------|------|---------------|---------------|----|
| 點號   | 高程值(m)   | 點號                | 高程值(m)   | (m)      | (m)       | (mm)  | (km) | mm $\sqrt{K}$ | mm $\sqrt{K}$ |    |
| KM26 | 44.20521 | KM25              | 22.68760 | 21.51761 | -21.52230 | -4.69 | 8.56 | 1.60          | 8             | 合格 |
| KM27 | 22.89086 | M182 <sup>註</sup> | 15.62525 | 7.26561  | -7.25880  | 6.81  | 4.69 | 3.14          | 8             | 合格 |
| KM25 | 22.68760 | KM25              | 22.68760 | 0.00000  | -0.00265  | -2.65 | 4.09 | 1.31          | 8             | 合格 |

註：M182 為高程控制測量所設之轉點。

### 2-5-2 高程控制測量

經由檢測合格之一等水準點以直接水準方式進行測區新設控制點高程引測，作為測區高程控制之依據。

1. 測量設備：採用精密自動記錄水準儀 Leica DNA03。

2. 作業要求：

- (1) 以直接水準方式往返觀測，閉合於不同之兩已知點上，並加讀視距，距離以不超過 70m 為原則。
- (2) 直接水準觀測之往返閉合差不得超過  $12\text{mm}\sqrt{K}$ （K 為水準路線之公里數）。





### 3.水準資料處理：

於外業測量完成後，必須對觀測資料加以整理、檢查，以確定資料是否合乎規範要求，其檢核主要分為如下二部份：

- (1)檢查單一測站之觀測資料：內容包括前後視距差、最長視距、最低與最高讀數、前後視距累積差等項目；此檢查項目中部份可直接於儀器內設定，在測量過程隨時提出警告訊息，避免重測而浪費時間。但為確定觀測資料之有效性，會利用程式自動對觀測資料進行檢查工作，若有不符情形，會自動提示，並退回外業重測。
- (2)檢查單一測段之觀測資料：內容包括往返閉合差精度、測段中每測站之視距累積誤差、起終點號是否相符等項目，同樣用程式自動對單一測段往返觀測資料進行檢查工作，若有不符情形，會自動提示，並退回外業重測。

### 4.高程控制測量成果：

經高程檢測無誤之已知一等水準點引測至測區新設控制點，引測水準路線總長約 21.39km，其水準精度統計如下表 2-6 所示，水準閉合精度介於  $0.18 \sim 3.14 \text{ mm} \sqrt{K}$ ，引測精度符合規範規定（小於  $12 \text{ mm} \sqrt{K}$ ，其中 K 為路線長公里數）。



表 2-6 水準點引測精度表

| 起點                |          | 終點                |          | 資料高差     | 檢測高差      | 較差    | 測段距離 | 閉合精度                 | 誤差規範                 | 備註 |
|-------------------|----------|-------------------|----------|----------|-----------|-------|------|----------------------|----------------------|----|
| 點號                | 高程值(m)   | 點號                | 高程值(m)   | (m)      | (m)       | (mm)  | (km) | $\text{mm} \sqrt{K}$ | $\text{mm} \sqrt{K}$ |    |
| KM26              | 44.20521 | KM25              | 22.68760 | 21.51761 | -21.52230 | -4.69 | 8.56 | 1.60                 | 12                   | 合格 |
| KM27              | 22.89086 | M182 <sup>註</sup> | 15.62525 | 7.26561  | -7.25880  | 6.81  | 4.69 | 3.14                 | 12                   | 合格 |
| M069 <sup>註</sup> | 14.41384 | M069 <sup>註</sup> | 14.41384 | 0.00000  | 0.00061   | 0.61  | 1.12 | 0.58                 | 12                   | 合格 |
| TP04 <sup>註</sup> | 14.60965 | TP04 <sup>註</sup> | 14.60965 | 0.00000  | 0.00025   | 0.25  | 2.04 | 0.18                 | 12                   | 合格 |
| TP05 <sup>註</sup> | 14.46590 | TP05 <sup>註</sup> | 14.46590 | 0.00000  | 0.00035   | 0.35  | 0.89 | 0.37                 | 12                   | 合格 |
| KM25              | 22.68760 | KM25              | 22.68760 | 0.00000  | -0.00265  | -2.65 | 4.09 | 1.31                 | 12                   | 合格 |

註：M182、M069、TP04、TP05 為高程控制測量所設之轉點。

### 第三章 海岸地形測量

本計畫海岸地形測量主要針對地形特徵點及地物點進行測量，測量範圍自高潮線往內陸 100 公尺測繪或至岸線特徵物為止，範圍涵蓋潮間帶與濱海陸地區域，並涵蓋沿岸各級漁、商港區（港區陸、海範圍需全部納入），全面採用 3D 雷射掃描測量（簡稱地面光達）方式進行海岸地形測繪，在遮蔽嚴重或地面光達無法測繪處（如水下）則輔以傳統三次元平面測量進行補測以求得數值地形測量資料之完整性。

地面光達掃描以自動記錄方式施測測區特徵點（高程點），其作業流程如圖 3-1，並繪製等高線間距 1.0m 之等高線圖（如遇地形起伏劇烈區域等高線間距改以 5.0m），測量製圖比例尺 1/1,000，於不便使用等高線顯示之地區，得以圖式或標高點表示之。

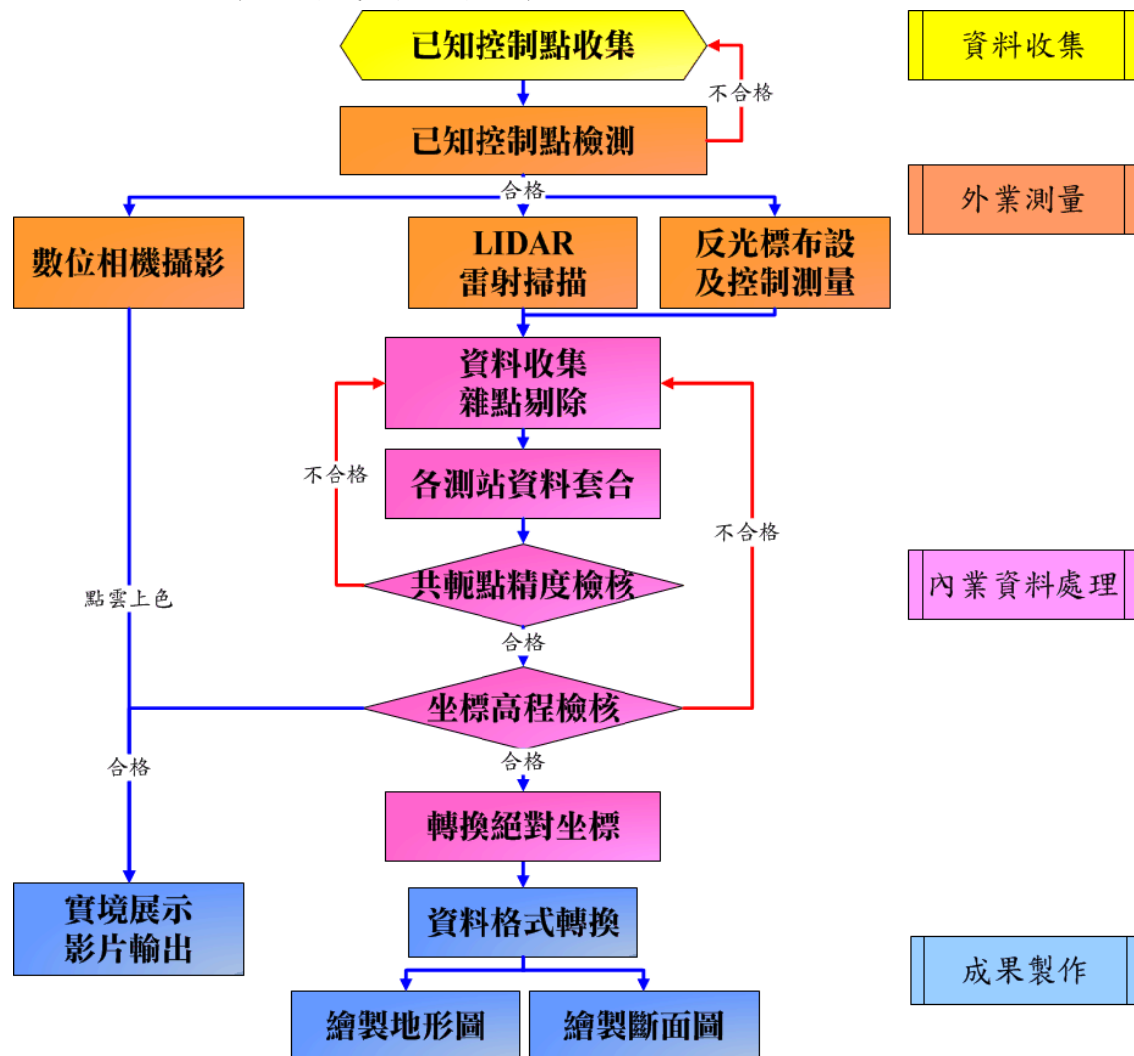


圖 3-1 地面光達作業流程圖

### 3-1 地面光達作業說明

#### 3-1-1 地面光達系統

##### 1.地面光達：

本計畫使用奧地利製 RIEGL LMS VZ-1000 型 3D 地面雷射掃描儀器，搭配 Nikon D700 數位相機(1,200 萬畫素)，掃描速度每秒達 125,000 點，掃描方式為縱向掃描，雷射波長 1,500nm，水平視角 360 度，垂直視角 100 度，單點精度 10mm，平均精度 5mm，測距最遠達 1,200m，其儀器規格與儀器照如表 3-1 所示。

表 3-1 RIEGL LMS VZ-1000 主要規格

|  | 項 目   | 規 格                                              |
|--|-------|--------------------------------------------------|
|  | 測量範圍  | up to 1,200 m (反射率 90%)<br>up to 560 m (反射率 20%) |
|  | 測距精度  | 8mm (單次); 5mm (平均)                               |
|  | 光束參數  | 光束散度 0.3 mrad (30mm/100m)                        |
|  | 測量速率  | 125,000 點/秒                                      |
|  | 掃描範圍  | 0 to 100 度 (垂直); 0 to 360 度 (水平)                 |
|  | 掃描解析度 | 14"                                              |
|  | 內 建   | 傾角計、同步計時器                                        |
|  | 相 機   | 外接式高階數位相機 Nikon D700                             |

##### 2.反光規標：

規標點為標的物週遭預先建立的控制點體系，作為雷射掃描校正及轉測站共軛用，規標設置以每次掃描作業能夠同時抓取至少三點為原則，於測區依地形變化規劃佈設反光規標，作為各測站連結以及坐標轉換之依據。掃描作業完成時，將點雲資料與規標點坐標進行套合演算，完成 3D 點雲模型製作，反光標樣式如圖 3-2。

| 稜鏡反光標 | 照片 | 2D 點雲 | 3D 點雲 | 圓筒反光標 | 照片 | 2D 點雲 | 3D 點雲 |
|-------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|
|       |    |       |       |       |    |       |       |

圖 3-2 反光標樣式



### 3-1-2 地面光達作業

地面光達系統係利用雷射測距儀發射雷射光，並同時接收目標物反射的訊號以測量儀器至目標物的距離；而藉由有效距離或標準範圍內之測站至掃描點的斜距，結合掃描的水平與垂直方向，即可推求掃描點與測站的三度空間相對坐標差，並結合專業數位相機，透過攝影影像及雷射掃描儀互補技術賦予每一個向量掃描點顏色屬性，製作成彩色點雲圖。

**1.作業方法：**全面採用地面光達進行海岸地形測量，地面光達無法施測區域以傳統經緯儀補測之。

(1)依據地形變化於測區規劃佈設三個以上反光覘標。

(2)由控制點以導線及水準測量方式施測覘標平面坐標及高程（作為平面及高程控制）。

(3)開始進行全區域陸域地形特徵點（高程點）掃描。

(4)內業資料處理，非地形資料雜點濾除。

(5)資料處理輸入覘標點平面坐標及高程，並以軟體進行整體坐標高程平差轉換。

**2.作業優勢：**

(1)測點較傳統經緯儀測量密度高，更能完整呈現地貌。

(2)雷射掃描以多個導線點為平面高程控制平差之依據，測點精度高且平均。

(3)作業範圍大、資料收集速度快，更能掌握作業時效。

(4)非接觸式與非破壞性量測，避免作業人員處於危險環境，保護人員作業安全。

(5)作業時自動拍攝 360 度環景照片可茲比對現地地貌變化。

### 3-1-3 地面光達定位原理

地面光達點雲資料依資料處理階段不同可分為以下 4 種坐標系統，坐標系統示意如圖 3-3 所示，須將坐標統一整合為專案坐標系統，並依據施測之已知點及共軛點於不同測站套疊進行坐標高程平差校正。



### 1.Camera Coordinate System (CMCS)：

每個測站像機之獨立坐標系統。

### 2.Scanner's Own Coordinate System (SOCS)：

每測站掃描器都有其獨立的坐標系統。

### 3.Project Coordinate System (PRCS)：

專案的坐標系統，將每個測站的坐標系統進行結合。

### 4.TWD97 TM2°：

將專案的坐標系統轉換至 TWD97 TM 二度分帶坐標系統(中央子午線  $119^{\circ}$ )及金門一等水準高程控制。

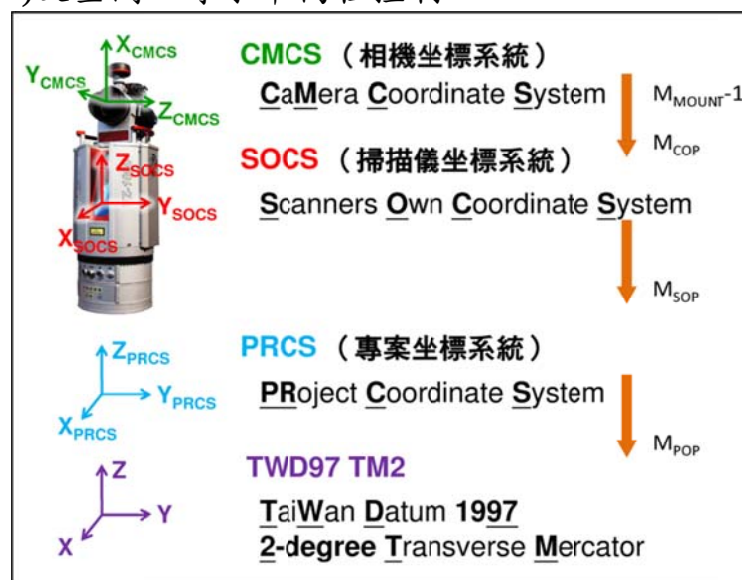


圖 3-3 掃描儀坐標系統示意圖

## 3-1-4 地面光達資料套疊

地面光達的各個掃描站會建立獨立 SOCS (掃描儀坐標系統)，不同掃描站的點雲資料分屬不同坐標系統，必須將掃描坐標轉換到統一坐標系，並依照地形變化規劃佈設反光規標或選取共軛點位置，以便於不同測站套疊及測掃資料坐標高程平差校正。套疊步驟如下：

1. 資料套疊先選取掃描站與掃描站間點雲資料重疊區域 (Overlap) 裡共軛點 (反光標) 進行套疊，如圖 3-4 步驟所示。
2. 運用共軛點 (反光標) 套合後，將掃描站與掃描站之間重疊區域選出進行 Multi Station Adjustment (MSA) 點雲拼接匹配動作，此拼接

方法是運用三角網資料進行點雲套疊動作，拼接完後產生拼接標準差，透此套疊關係將提出精度指標，並彙整點雲套疊精度表。兩站套疊完後需要再次檢查點雲重疊區資料情況，其餘掃描站都運用此方式進行資料套疊。

3.完成上述點雲資料整理流程後，經精度檢查無誤後，即可將點雲資料作後續運用。

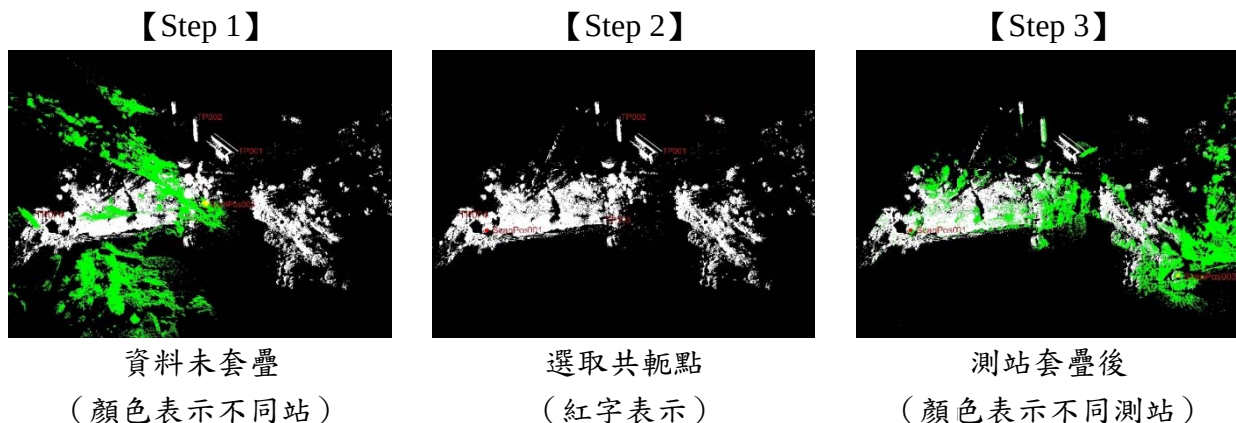


圖 3-4 地面光達資料套疊過程

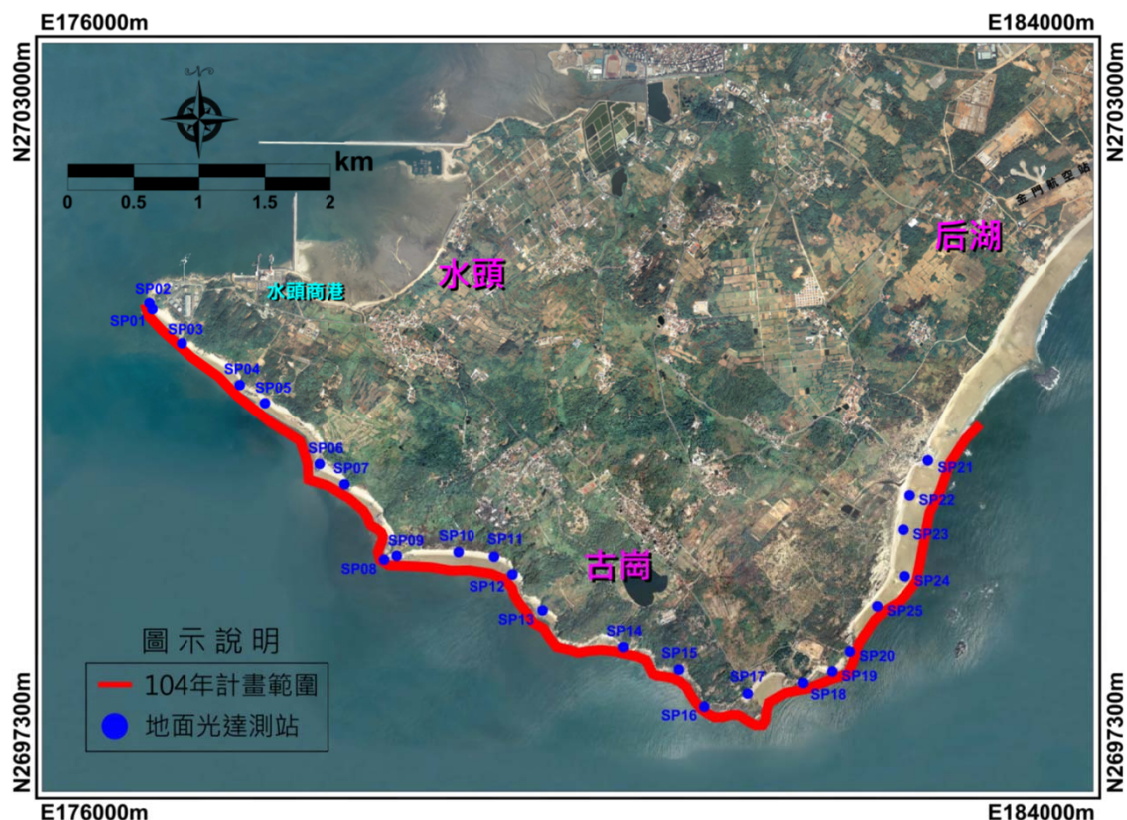


圖 3-5 地面光達測站分布圖

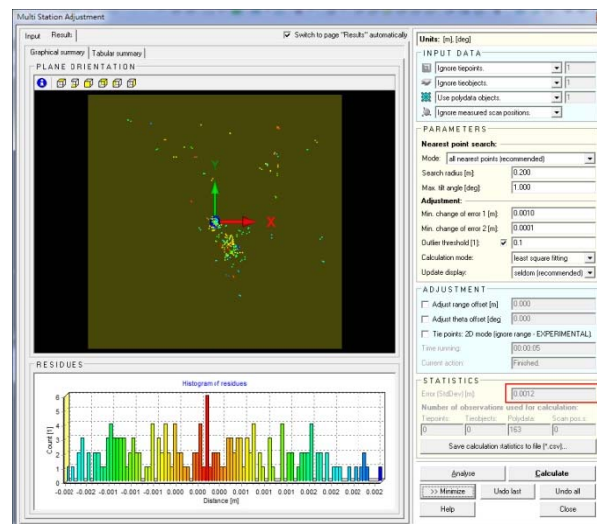


圖 3-6 拼接匹配計算表

表 3-2 點雲套疊精度表

案名：金門縣后湖至水頭海域環境測定調查

| 測站                                                                                             | 測站1        | 測站2    | 測站3    | 測站4    | 測站5    | 測站6    | 測站7    | 測站8    | 測站9    | 測站10   | 測站11   | 測站12   | 測站13   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 測站                                                                                             | 套疊站(匹配點數量) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站1                                                                                            |            | ✓      | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站2                                                                                            |            | 925    | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站3                                                                                            |            |        | 1854   | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站4                                                                                            |            |        |        | 746    | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站5                                                                                            |            |        |        |        | 2465   | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站6                                                                                            |            |        |        |        |        | 1184   | ✓      |        |        |        |        |        |        |
| 測站7                                                                                            |            |        |        |        |        |        | 4218   | ✓      |        |        |        |        |        |
| 測站8                                                                                            |            |        |        |        |        |        |        | 923    | ✓      | ✓      | ✓      |        |        |
| 測站9                                                                                            |            |        |        |        |        |        |        |        | 1427   | ✓      | ✓      |        |        |
| 測站10                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        |        | 1852   | ✓      |        | ✓      |
| 測站11                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 2694   | ✓      |        |
| 測站12                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 4166   | ✓      |
| 測站13                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 573    |
| 測站14                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 精度(m)                                                                                          | -          | 0.0016 | 0.0027 | 0.0010 | 0.0026 | 0.0018 | 0.0033 | 0.0017 | 0.0029 | 0.0037 | 0.0014 | 0.0023 | 0.0008 |
| 測站                                                                                             | 測站21       | 測站22   | 測站23   | 測站24   | 測站25   | 測站20   | 測站19   | 測站18   | 測站17   | 測站16   | 測站15   | 測站14   |        |
| 測站                                                                                             | 套疊站(匹配點數量) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站21                                                                                           |            | ✓      | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站22                                                                                           |            | 3691   | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站23                                                                                           |            |        | 3118   | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站24                                                                                           |            |        |        | 2145   | ✓      | ✓      |        |        |        |        |        |        |        |
| 測站25                                                                                           |            |        |        |        | 2581   | ✓      | ✓      |        |        |        |        |        |        |
| 測站20                                                                                           |            |        |        |        |        | 2394   | ✓      | ✓      |        |        |        |        |        |
| 測站19                                                                                           |            |        |        |        |        |        | 1614   | ✓      | ✓      |        |        |        |        |
| 測站18                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        | 3812   | ✓      |        |        |        |        |
| 測站17                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        | 3452   | ✓      |        |        |        |
| 測站16                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        |        | 1145   | ✓      |        |        |
| 測站15                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 4633   | ✓      |        |
| 測站14                                                                                           |            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 647    |        |
| 精度(m)                                                                                          | -          | 0.0022 | 0.0017 | 0.0008 | 0.0036 | 0.0015 | 0.0011 | 0.0028 | 0.0016 | 0.0012 | 0.0024 | 0.0021 |        |
| 註：1.『✓』為套疊所用基準站<br>2.精度為上述所有測站匹配點雲計算後之誤差值<br>3.精度不可大於0.005m<br>4.精度規範參考「國防部軍備局生產製造中心」規範。       |            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 例：測站2(925)套疊為例，以測站1為基準站，選取測站1,2重疊之點雲進行三角網計算，計算出測站2與測站1之間共同明確三角網數量為925，經兩站三角網匹配後求得誤差值=0.0016(m) |            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |



### 3-1-5 地面光達成果

本計畫已於 104 年 7 月 28 日至 8 月 3 日完成后湖至水頭潮間帶地面光達掃描，其掃描點雲成果如圖 3-7 所示，並擷取 360 度環景照及工作照如圖 3-8 及圖 3-9 所示。

現場照

點雲照

CAD圖

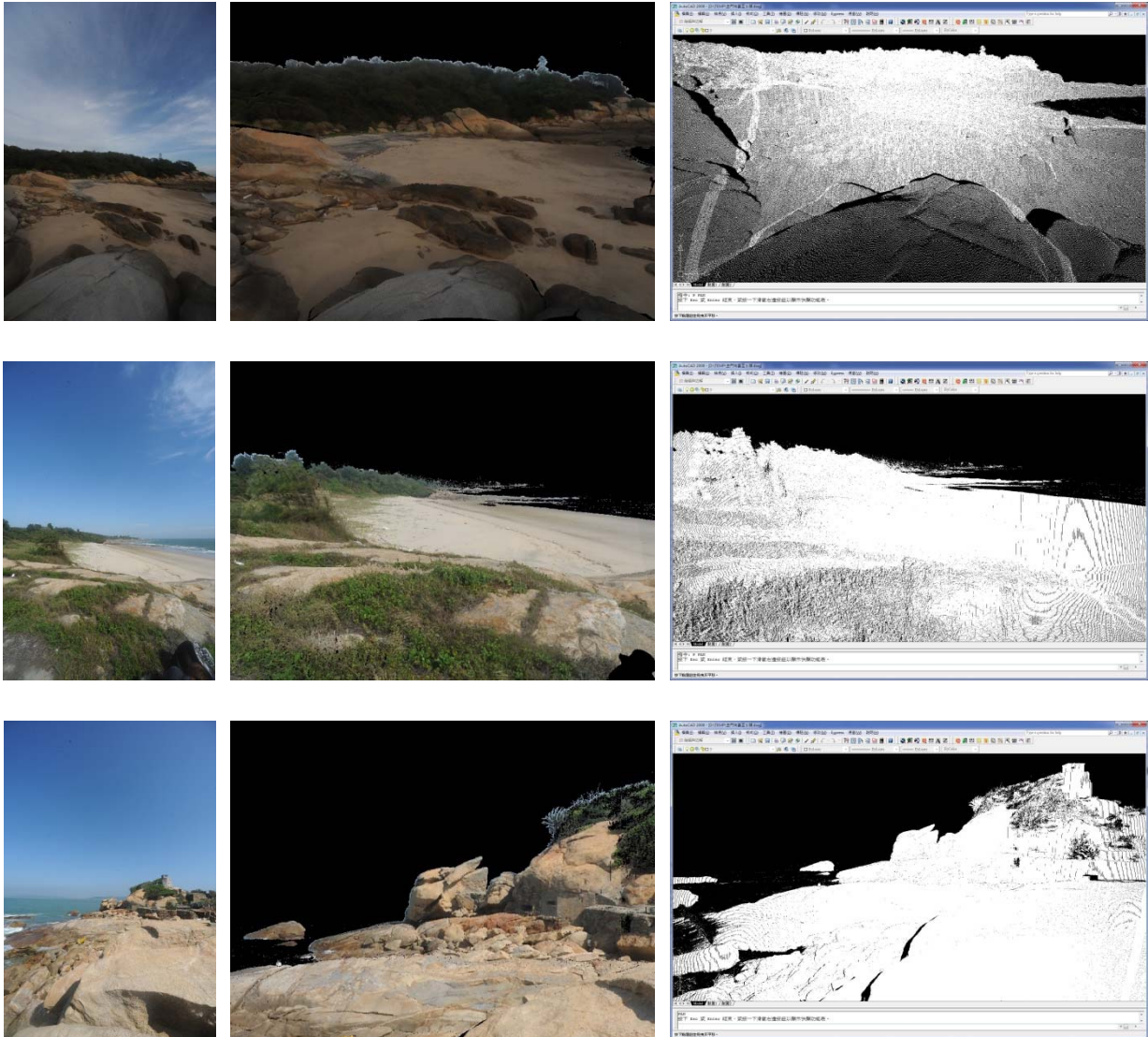


圖 3-7 3D 點雲成果比對圖





圖 3-8 地面光達掃描 360 度環景圖

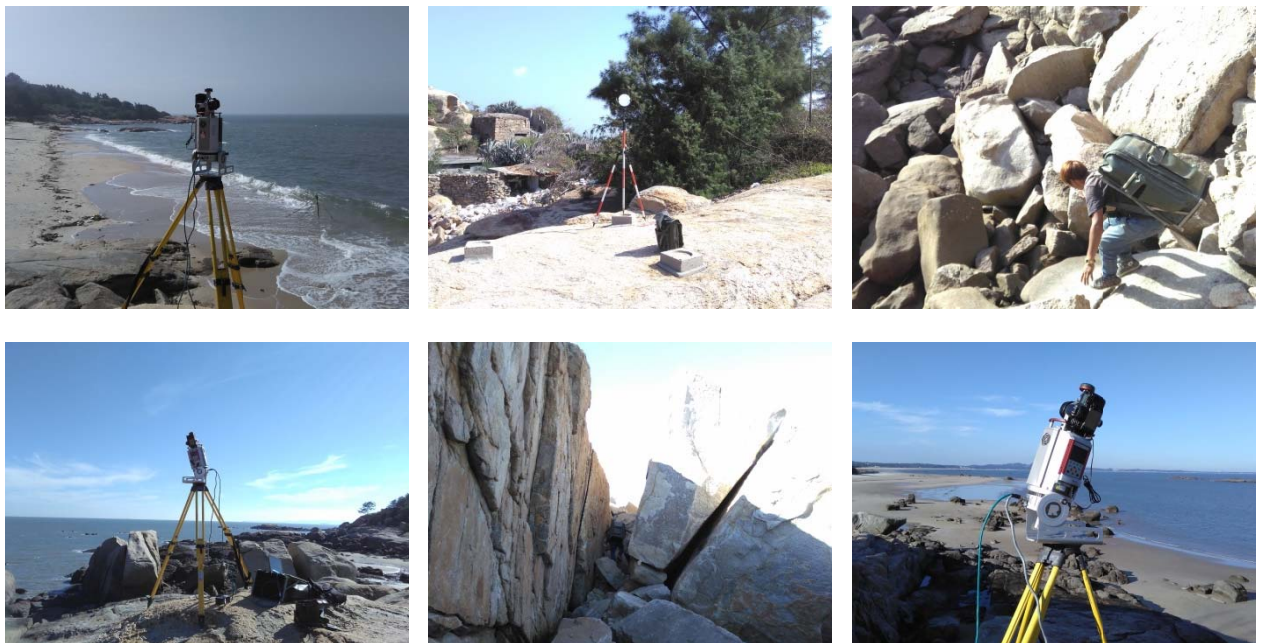


圖 3-9 地面光達工作照

## 3-2 傳統三次元測量

在潮間帶測量部分，因地面光達無法穿透水面，故在退潮時改以傳統三次元測量方式進行潮間帶地形測量，並在人員安全情況下盡可能涉水以加大測量範圍，使其與海域測量重疊銜接以避免產生間隙。

另外由於金門地形測量範圍多為海濱植物，鑒於地面光達作業因地形限制或遮蔽嚴重而無法繪製地形圖之處，則對該處地形進行傳統三次元光線法測量及調繪，作業原則如下：

- ★調繪時針對地面光達作業無法測繪處，應補測地物、地貌。
- ★遮蔽嚴重處需補測獨立標高點以利等高線繪製。
- ★針對雷射掃描成果無法清楚辨識處，需詳加以調繪。
- ★道路、重要機關、港口或其他重要地標應加以調查名稱。

1.作業流程：如圖 3-10 所示。

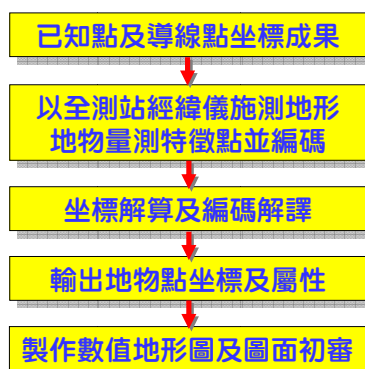


圖 3-10 三次元地形測量作業流程

2.測量設備：全測站經緯儀，如下圖 3-11 所示。



圖 3-11 Leica 1205 全測站經緯儀

3.製圖要求：依據雷射掃描資料，3D 向量點雲資料轉繪製平面圖，進行平面地形圖製作，並需符合下列相關事項：

- (1)圖例、圖層、顏色、線型規格，依內政部最新版「基本地形圖資料庫圖式規格表」規範辦理。
- (2)地形、地物之取捨均按一千分之一比例尺地形圖作業規定辦理。
- (3)等高線繪製間隔在地形平坦地區為 1 公尺，在山區或地形陡峭變化急遽區域間距為 5 公尺，以圖上清楚展示為主；於不便使用等高線顯示之地區，得以圖式或標高點表示之。

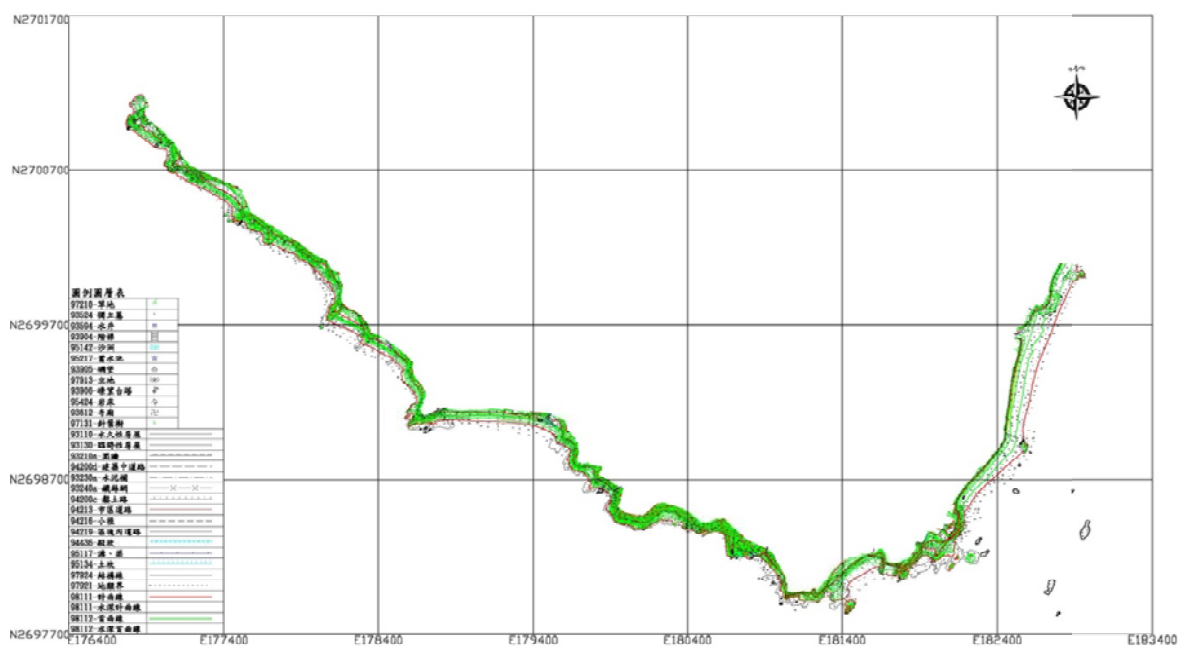


圖 3-12 陸域地形測量成果圖（縮繪）



圖 3-13 三次元地形測量工作照





## 第四章 海域水深測量（單音束）

本計畫水深地形測量範圍如前圖 1-1 桃紅色斜線所示，其海域測量面積約 19.5 平方公里，測量方式規劃以單音束測深系統施測，其相關儀器規格及作業方式說明如下：

### 4-1 潮位觀測

金門位於臺灣海峽西側中部，緊鄰大陸，其潮汐屬於半日潮汐，每一潮汐日有兩次高潮，兩次低潮，主要受太平洋之潮汐影響，漲潮時海水從太平洋經海峽兩端流入臺灣海峽內，退潮時，由海峽兩端流出，漲退潮流向不同，而金門地區除受臺灣海峽之潮流影響，有明顯的變化外，更由於金門地區鄰近九龍江口，受其鄰近水域影響亦甚大。水深測量作業所收集的水深值為水面至海床相對距離，要計算海床實際高程，需得知水面絕對高程，因此測深作業時必須同步觀測潮位高程。

#### 4-1-1 潮位站架設

由於金門潮差可達 5 公尺以上，為精確處理水深資料，本計畫驗潮站架設於水頭商港內之港口處，位置如圖 4-1 所示，以作為水深測量期間之潮位修正依據。

#### 4-1-2 潮位站高程引測

驗潮站之高程以直接水準往返觀測方式從檢測合格之一等水準點 KM25 引測推算，求得水頭 BM 驗潮站（概略坐標 N：2701864.727m；E：177841.993m）高程為 4.129m，其計算式摘要如表 4-1 所示（完整過程詳參附件五），水準路線距離約 4.09km，水準高程閉合差為 -2.65mm，閉合精度為  $1.31\text{mm}\sqrt{K}$ ，符合精度規範（小於  $12\text{mm}\sqrt{K}$ ，其中 K 為路線長公里數）。





近照



遠照

圖 4-1 潮位觀測站位置圖

表 4-1 驗潮站高程引測計算表

| 工程名稱：金門縣后湖至水頭海域環境測定調查                                   |       |       |                   |    |         |             |            |              |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------------------|----|---------|-------------|------------|--------------|
| 測量人員：游勝宇                                                |       |       | 測量期間：104/05/18~19 |    |         | 測量儀器：DNA03  |            |              |
| 點 號                                                     | 距 離   |       | 標 尺 讀 數           |    |         | 配賦值<br>(mm) | 高 程<br>(m) | 備 註<br>(平均值) |
|                                                         | 後視    | 前視    | 後視                | 間視 | 前視      |             |            |              |
| KM25                                                    | 43.86 |       | 1.09659           |    | 往程觀測    |             | 22.68760   |              |
| 水頭BM                                                    | 11.94 | 13.05 | 1.35168           |    | 1.36825 | 0.02        | 4.12876    |              |
| KM25                                                    |       | 44.95 |                   |    | 1.15427 | 0.06        | 22.68760   |              |
| KM25                                                    | 44.17 |       | 0.98292           |    | 返程觀測    |             | 22.68760   |              |
| 水頭BM                                                    | 12.29 | 12.30 | 1.52803           |    | 1.52799 | -0.01       | 4.12863    | 4.12869      |
| KM25                                                    | 0.00  | 44.14 | 0.00000           |    | 0.98685 | -0.04       | 22.68760   |              |
| 往程觀測高差 = -0.00324m 返程觀測高差 = 0.00207m 平均觀測高差 = -0.00265m |       |       |                   |    |         |             |            |              |
| 觀測平均距離 = 4.09 Km 觀測精度 = 0.58 mm √K 已知點高程差 = 0.00000m    |       |       |                   |    |         |             |            |              |
| 閉合差 = -2.65mm 閉合精度 = 1.31 mm √K                         |       |       |                   |    |         |             |            |              |

#### 4-1-3 潮位資料蒐集

1. 本計畫潮位觀測使用 Sea-Bird SBE 39 型自記式潮位儀(如圖 4-2)，此乃高精度溫度、壓力感測之潮位觀測記錄儀器，利用儀器本身內建程式將水中壓力換算成水深值，壓力感測器解析度 0.002 %、精確度 0.1%，同時搭載 4M byte 記憶體，可連續記錄 466,000 筆資料。



圖 4-2 自記式潮位儀

2. 潮位站設置完成後即進行每日 24 小時連續水位觀測記錄，並於水深測量時段以每隔 6 分鐘一筆連續記錄水位變化，進行連續觀測與資料蒐集，俟水深量測作業結束後將潮位儀取出，並下載潮位資料繪製成潮位曲線圖（如圖 4-3 所示），檢視潮位量測的正確性，查看是否有奇異值，以獲得當地潮位變化狀況。
3. 金門潮汐型態屬半日潮型（潮汐週期約十二小時又二十五分），本次測深作業期間 104 年 8 月 2、3、4、5、6、11、12、13、17 日，共 9 天，自 8 月 2 日至 8 月 17 日期間，最大潮位變化約 5.095m 出現於 104 年 8 月 3 日 2 時 12 分至 8 時 18 分左右。

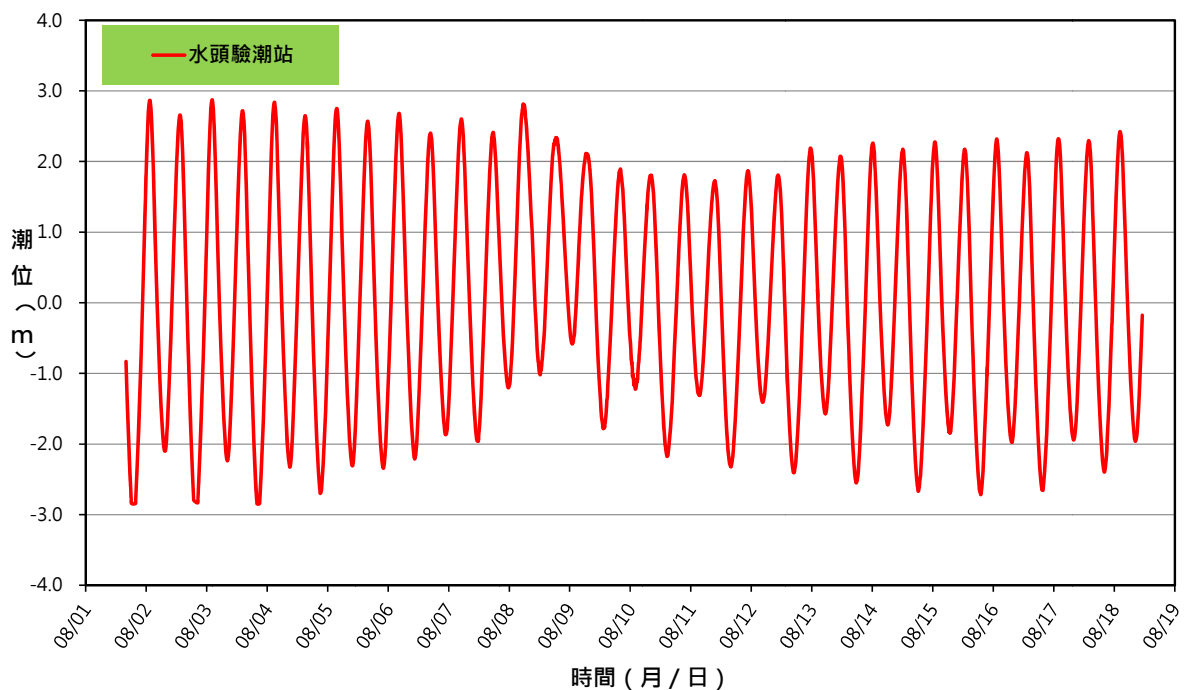


圖 4-3 潮位資料曲線圖

## 4-2 單音束測深系統 (Single-Beam Echo Sounder System)

水深測量藉由聲納感應器發射及接收聲波，利用聲波在水中來回傳遞速度與時間換算成底床至感應器距離，即是水深測值。本計畫以單音束測深系統進行海域水深測量，該系統包括單音束測深儀、DGPS 及湧浪補償儀等儀器所組成之測深系統，各項儀器設備及作業說明如后。

### 4-2-1 單音束作業流程

本計畫使用單音束水深測量，作業流程可約略分成①測量前準備、②儀器檢校測試、③水深資料收集、④水深資料檢核及⑤水深成果製作等五大項，其流程圖如圖 4-4 所示。

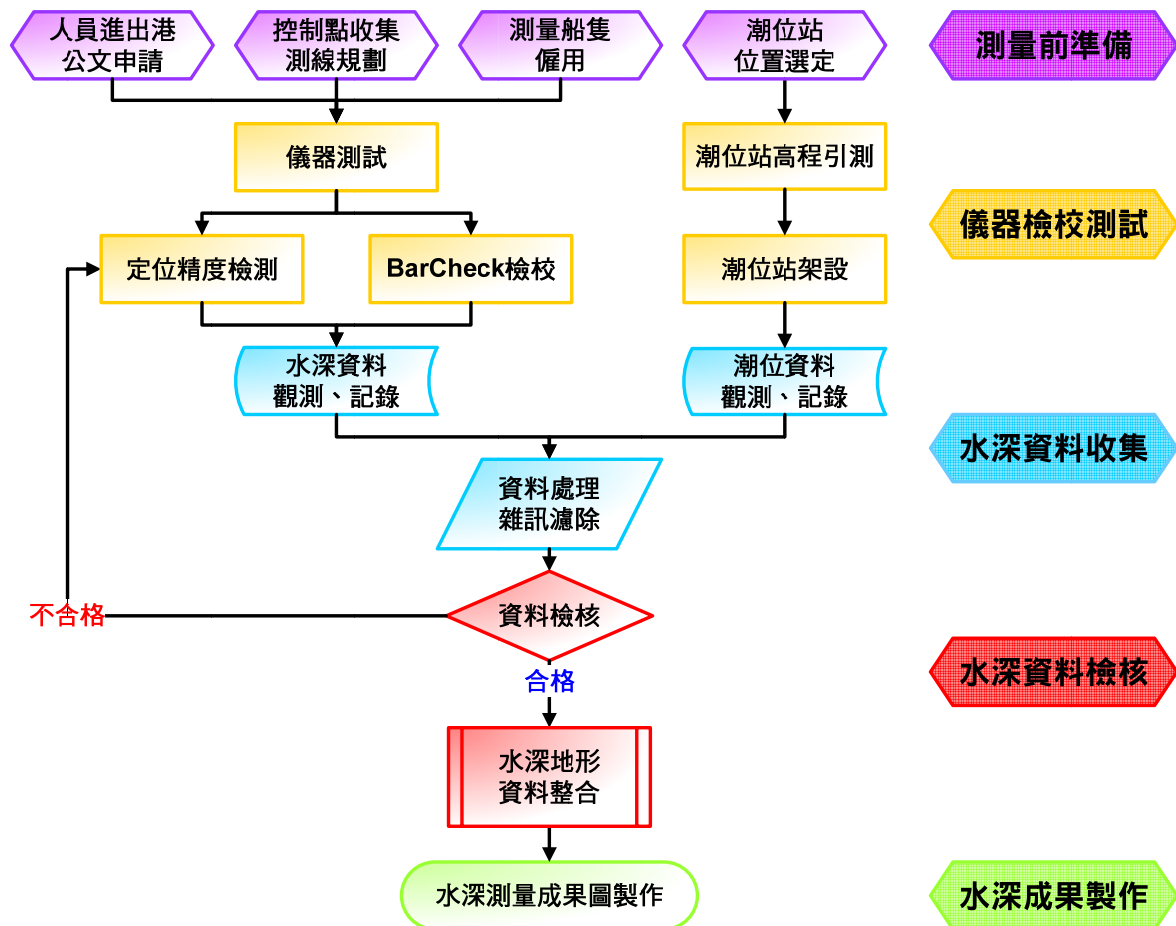


圖 4-4 單音束水深測量作業流程圖

## 4-2-2 單音束儀器設備

### 1. 作業船舶：

現場水深測量船隻租用當地適合作業之船舶(金豐 99 號)進行海域水深測量作業，船艙內空間適合放置單音束測深儀等相關儀器，如下圖 4-5。



圖 4-5 水深測量船隻照一金豐 99 號

### 2. 單音束測深音鼓：

採用儀器為美國 ODOM 公司出產 Hydrotrac 200KHz 攜帶式測深儀（如圖 4-6）。儀器具防水功能且攜帶方便，適用範圍自淺灘到大陸棚。其測深精度為  $0.01\text{m} \pm 0.1\% \text{ depth}$ （測深值），音鼓測深範圍 0~200 m，可同時輸出數值及類比（熱感紙）圖面資料成果。測深儀具備內部時鐘，可固定時間（以秒為單位）繪製水深標記線，以作為類比及數位水深測值資料比對使用，並且搭配 TSS 湧浪補償器進行波浪高差修正。若發現訊號品質不佳或異常的水深值，即可利用此測深圖紙檢核有問題的水深資料，藉以修正水深值。



圖 4-6 單音束水深量測系統（ODOM Hydrotrac）



### 3.定位系統：

採用美國 Trimble 公司 DGPS 衛星定位儀（型號 AgGPS 332），可接收由廣播基地站所發送之 DGPS 差分訊號即時修正定位，其定位精度達 50cm 以內（平面距離），其儀器規格如表 4-2 所示。

表 4-2 Trimble AgGPS 332 儀器規格表

| 項 目                             | 規 格                                        | 儀器照                                                                                 |
|---------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Receiver Type                | L1, C/A code, with carrier phase smoothing |  |
| 2. Channels                     | 12-channel, parallel tracking              |                                                                                     |
| 3. Update Rate                  | 1 Hz default, 5 Hz max                     |                                                                                     |
| 4. Horizontal Accuracy          | <1 m 95% confidence (DGPS*)                |                                                                                     |
| 5. Baud Rates                   | 4,800; 9,600; 19,200                       |                                                                                     |
| 6. Data Input / Output Protocol | NMEA 0183                                  |                                                                                     |
| 7. Timing Output:               | PPS (HCMOS, active high, rising edge sync) |                                                                                     |
| 8. Beacon frequency range       | 283.5 kHz - 325.0 kHz                      |                                                                                     |

### 4.聲速檢校：

單音束聲速以聲速檢校鈹（Bar check）校驗，如圖 4-7(A)，作業時由檢校鈹放置固定深度，調整測深儀聲速值使其測深儀讀數等於檢校鈹放置深度，檢視測深差異量是否在儀器精度合理範圍內。

### 5.湧浪補償儀：

由於實際海面會隨著風及潮流作用而有瞬間高低起伏的變化產生，湧浪補償器即為測量浪高起伏的單軸向感測器，本計畫採用 TSS HS-50 型湧浪補償儀（如圖 4-7(B)）來量測水面瞬間高低變化量，其測量精度為 5cm RMS，主要應用陀螺儀穩定時受外力作用（慣性作用）產生加速度，藉由時間與加速度大小積分求出高程變化量，以修正水深測量時波浪造成的測量誤差。



(A) 聲速檢校鈹（Bar check）



(B) TSS HS-50 湧浪補償器

圖 4-7 聲速檢校鈹與湧浪補償器儀器照

## 6. 船隻導航：

以自行研發測量船隻導航系統『Lead Survey』（如圖 4-8），同步結合 DGPS 定位資料及測深成果，本系統具有三度空間資料的成果格式，同時具備事前與現場規劃測線能力，可引導船隻沿規劃測線行進，並將實際測深軌跡與規劃測線同步展示，使作業人員在船隻偏離測線時可即時修正行駛方向，保持水深測量作業在規劃測線上。除此之外，『Lead Survey』軟體可即時顯示水深斷面圖及具有海上註記能力，讓作業人員可監視水深變化情形外，在作業進行中如遇到礁石、浮筒或定置漁網等，並可將相關名稱、坐標及時間記錄下來，以利後續製作成果圖時可將相關物件標示於圖上。

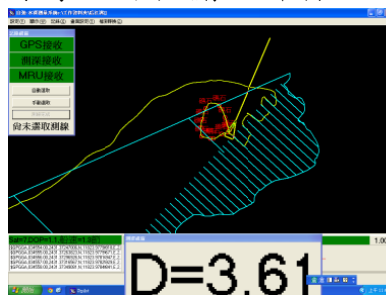


圖 4-8 Lead Survey 船隻導航系統

### 4-2-3 單音束作業方法

#### 1. 作業時程：

本計畫單音束水深測量於 104 年 8 月 2、3、4、5、6、11、12、13、17 日，總計 9 天，於當日最高潮位進場執行單音束水深作業，以獲得最大海域覆蓋率，隨後進行水深資料處理工作。

#### 2. 測線規劃與軌跡：

- (1) 單音束水深測量測線規劃採用測線垂直岸邊，而測線彼此間以相互平行排列，測線密度間距規劃以 50m 一條測線（如圖 4-9 圖綠色線），測量間距每 5 公尺一點，另外在測線之垂直方向以每 500 公尺規劃檢核測線（如圖 4-9 圖藍色線），以檢核施測成果。
- (2) 本計畫單音束實測軌跡如圖 4-10 所示，總測線為 366.5km，檢核線共 37.7km，總計測線 404.2km，總面積為 19.5km<sup>2</sup>。



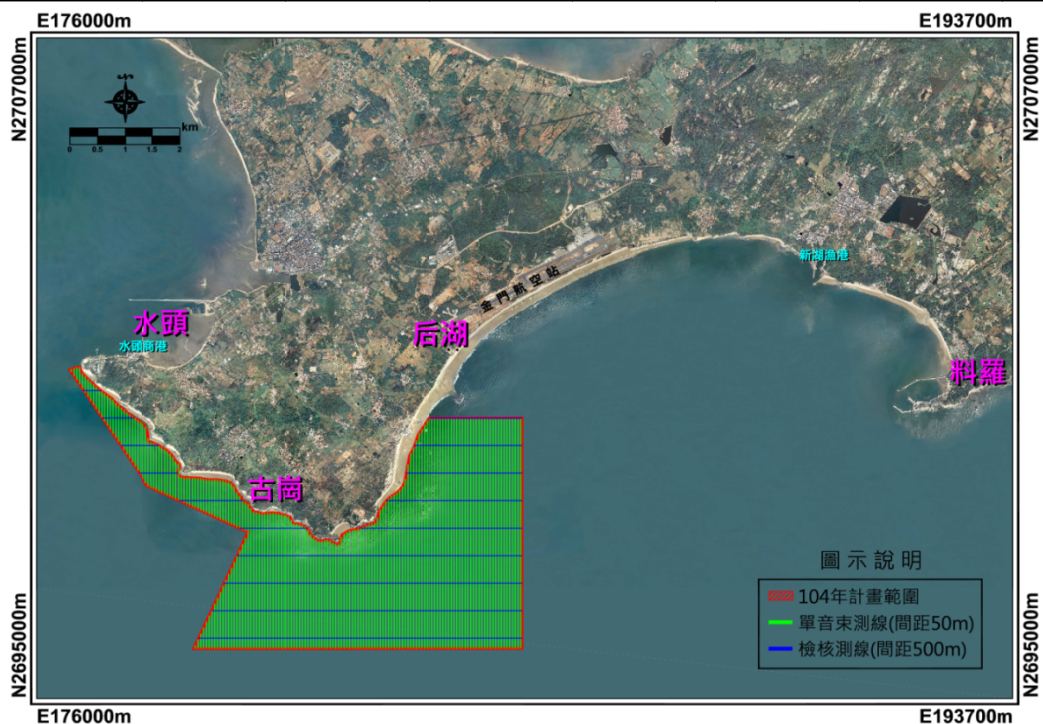


圖 4-9 單音束測線規劃圖

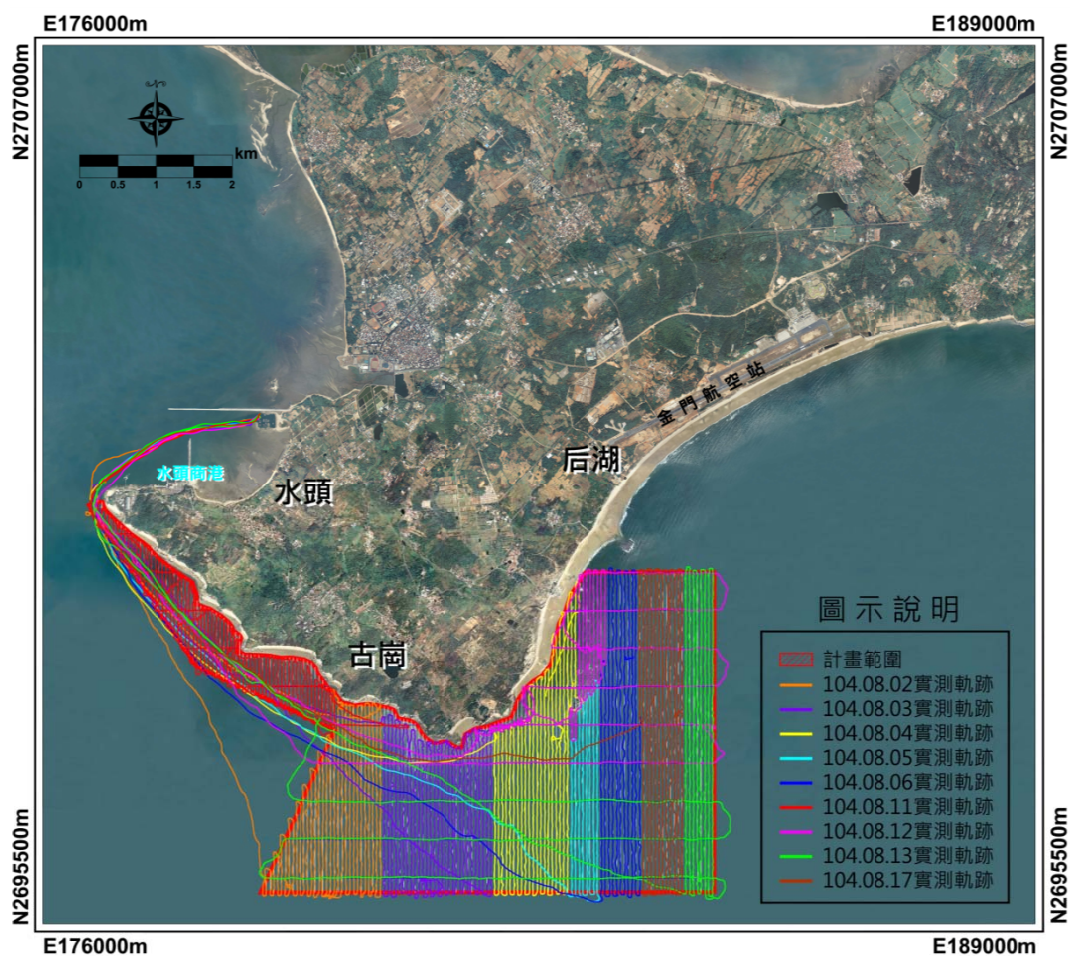


圖 4-10 單音束實測軌跡圖

## 2.定位系統檢測：

定位系統之穩定性關係到測深精度，施測前於岸上檢測定位誤差，其平面定位誤差小於±1m 方可繼續進行水深測量工作，若不合，在排除控制點本身精度、周遭接收環境及儀器架設缺失的問題後仍未達要求精度時，則更換設備重新進行檢測。此外，水深測量軟體於外業資料蒐集時，會將 DGPS 訊號不佳之測點自動刪除，避免使用偏差較大之定位點資料。

## 3.測深儀器架設：

DGPS 天線盤與單音束音鼓架設位置在同一軸上，湧浪補償器則擺設在測深音鼓桿旁，如圖 4-11 所示。



圖 4-11 儀器架設示意圖

## 4.水中聲速率定：

測深儀利用聲波在水中傳遞時間來計算水下深度，利用水下音鼓感測器，由主機送出固定頻率、速度的聲波，藉由聲波離開感測器到接收到同一組反射聲波所需時間（聲波來回所需時間），計算出感測器至水底的距離（如下公式），因此在水深測量正式作業前，必須先進行水中聲速率定，以便後續水深計算時進行修正。

$$D = V \times T \div 2 \quad (\text{公式})$$

其中 D：距離；V：聲速；T：時間



每次測量前將於適當地點風浪影響較小處利用水深 Bar Check 檢校鈹檢測聲速設定值，並調整感應桿入水深。

#### 5.湧浪參數修正：

水深測量過程中，波浪及船隻行進所造成之上下起伏，影響水深測量的成果，因此輔以湧浪補償儀（Motion Sensor），以記錄船隻上下起伏高度（heave），以作為波浪影響之修正，並盡量避免在風力 3 級及示性波高（有義波高）0.5 公尺以上時作業。

#### 6.潮位參數改正：

所測得之水深測量值均需經潮位改正，以求得實際水底高（與陸域一致高程系統），故於水深測量前需先架設潮位站進行潮位觀測，以坐標權重進行測區潮位高程計算。

#### 7.資料處理：

單音束水深測量資料細分為定位資料、測深資料、湧浪資料與潮位資料等四大項，於外業完成後進行資料整理，資料處理時需先瞭解資料品質是否可用，處理項目主要有資料篩選、潮位修正、檢核線查核、網格繪製及等深線繪製。

#### 8.海陸接合區：

於測量前須先進行測區潮汐狀況之瞭解，陸域地形（地面光達）測量時程選定\*退潮\*時間進行潮間帶地形掃描，且臨水線以下由測量人員在安全情況下涉水施測，藉以測得最大灘線之範圍；極近岸水深（單音束）測量時程選定\*漲潮\*時間進行施測，兩者藉由漲退潮之潮間帶重疊區域進行成果區段連結。



圖 4-12 漲退潮之潮間帶重疊區域示意圖

### 9.水深作業實錄：

本計畫作業完成金門縣成功至后湖海域測區之單音束測深，圖 4-13 為現場作業之相關照片，包含：單音束系統、ODOM 主機、GPS 定位系統及資料蒐集…等工作實況。



TSS 湧浪補償儀



BarCheck



DGPS 天線盤



單音束 ODOM 主機



船艙內部-資料蒐集



近岸處航行避免觸礁



圖 4-13 單音束水深作業現場情形

#### 4-2-4 單音束水深資料處理

單音束水深測量資料細分為定位資料、測深資料、湧浪資料與潮位資料等四大項，於外業完成後進行資料整理（流程如圖 4-14 所示），資料處理時需先瞭解資料品質是否可用，處理項目主要有資料篩選、潮位修正、檢核線查核及等深線繪製，以下就水深資料處理步驟進行說明：

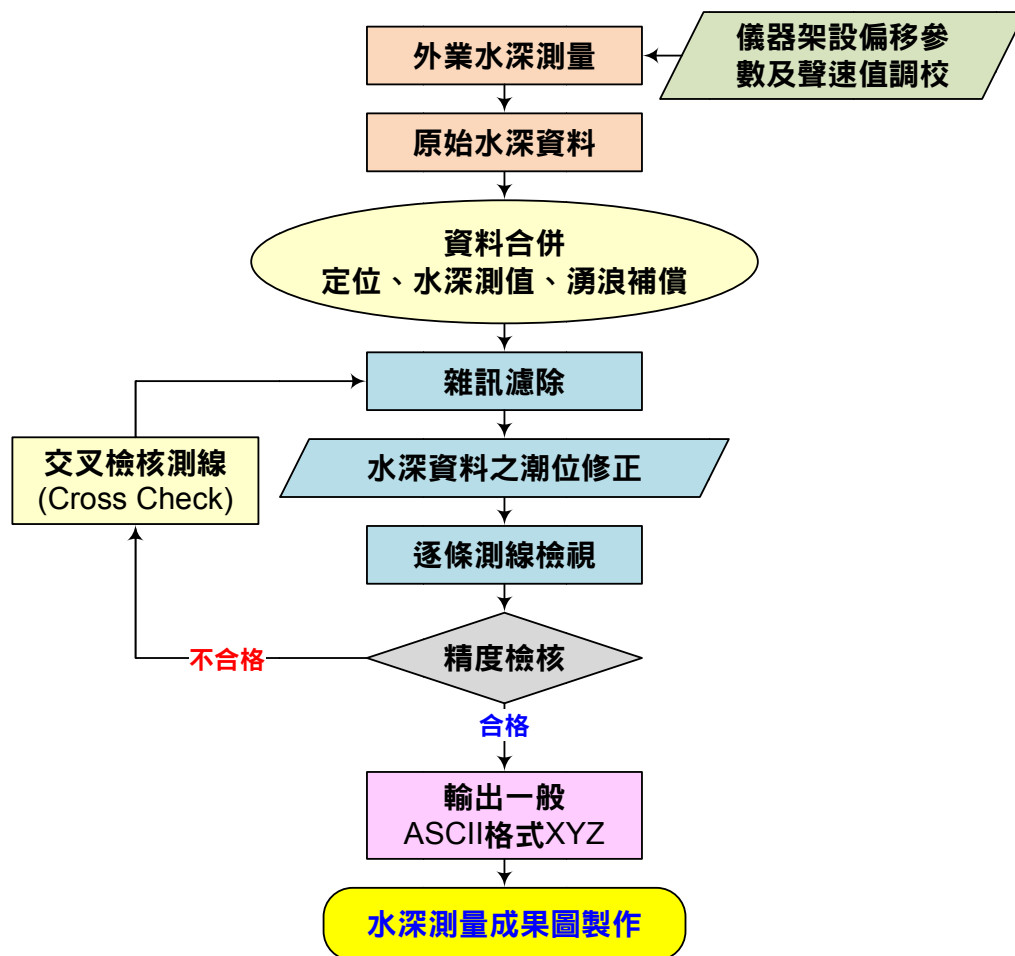


圖 4-14 單音束水深資料處理流程圖

##### 1. 資料合併：

先將單音束水深測量所蒐集之定位資料、測深資料及湧浪資料做合併整理。首先讀入 GPS 定位資料，再依據 GPS 定位時間找出該時間之測深值及湧浪補償值，依序將 GPS 定位資料、測深資料及湧浪資料整合成一筆有 X，Y（GPS 定位值）及 D（潮位未修正之測深值）之水深點。





## 2. 資料篩選：

水深測量過程中常有許多無法避免之誤差產生，例如 GPS 差分資料接收不正常、測深儀儀器穩定度不佳...等種種狀況，利用自動及人工篩選將錯誤之資料數據刪除或修正。

(1)DGPS 資料修正：可將測點展繪於圖上，觀察測量軌跡走向，發現有跳點或明顯的位置偏離軌跡即可進行資料修正。

(2)測深資料修正：透過標示日期、時間及水深值之測深儀類比資料圖紙，比對問題點之水深數據，藉以修正測深資料。

## 3. 潮位修正：

水深測量作業時船隻會隨著當地潮汐而有高低變化之情形，因此水深資料在作潮位修正時為得到真正的海床高度，須採用接近當地潮汐變化之潮區劃分，若無潮區劃分，於不同時間內蒐集之水深資料，再採用不同潮位資料來修正時，將會造成水深重疊區之水深數值無法銜接，類似會有二個海床面上下錯開不吻合之情形發生。

## 4. 水深計算：

依據雜訊濾除後的水深測點，計算內插出該位置、時間之潮位值後，再由潮位將其化算至中潮位系統之實際海床高程。水深測值修正計算式如下：

水深資料計算式如下（t 表示時間）：

水深值( $D_t$ )=原始水深測值( $D_p$ )－湧浪補償器測值( $W_h$ )

潮位高程( $T_t$ )= $T_{t1} + [(T_{t2} - T_{t1}) \times (t_x - t_1) \div (t_2 - t_1)]$

海床高程( $Z$ )=潮位高程( $T_{tx}$ )－水深值( $D_t$ )

$= T_{t1} + [(T_{t2} - T_{t1}) \times (t_x - t_1) \div (t_2 - t_1)] - (D_p - W_h)$

### 【註】

$D_t$ ：時間為 t 時之水深測值； $D_p$ ：原始水深測值； $W_h$ ：湧浪補償器測值

$T_t$ ：為潮位高程係以前後時段進行內差計算而得； $T_{t1}$ ： $t_x$  前一時刻之潮位高程；

$T_{t2}$ ： $t_x$  後一時刻之潮位高程； $t_x$ ：某一時刻； $t_1$ ： $t_x$  前一時刻； $t_2$ ： $t_x$  後一時刻

$Z$ ：海床高程； $T_{tx}$ ：時間為  $t_x$  時之潮位高程（以實際測值內插計算）



#### 4-2-5 單音束測深精度分析

本計畫以單音束測深系統進行水深地形施測並加入潮位及聲速等資料修正，修正資料展繪於 AutoCAD 繪圖軟體後，將單音束主測線與檢核線之測點分離，進行精度檢核分析，以檢核線測點為中心，搜尋半徑 5m 內鄰近之主測線水深測點，並統計兩者間之高程差異值，以求得本次水深施測精度。

依據經濟部水利署水利規劃試驗所「海岸防護規劃基本資料觀測調查作業參考手冊（一般性海堤），2014.11」規定說明，其水深精度要求為水深誤差（95%信賴區間）不得大於 $[a^2+(b \times d)^2]^{1/2}$ 公尺為原則，式中  $a=0.5$ 、 $b=0.013$ 、 $d$  為水深（公尺），其精度規範與 IHO（國際海測組織）S-44 規範標準之一等規範相同。

計算成果總檢核點數 4259 點，合格點數總計 4066 點，不合格點數總計 193 點，合格率为 95.47%，符合精度規範，並繪製水深精度檢核圖如圖 4-15 所示。

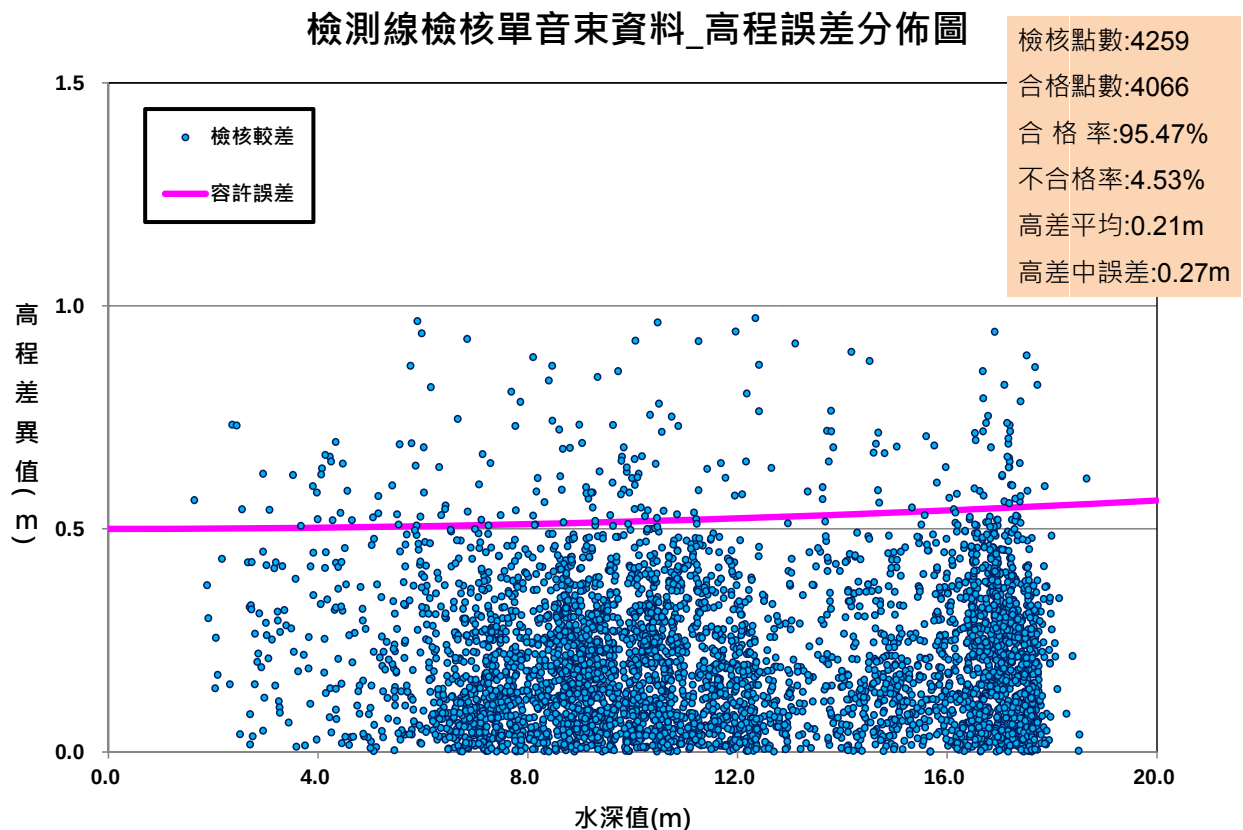


圖 4-15 單音束水深精度檢核圖



## 第五章 成果圖檔繪製

### 5-1 1/1000 原始測線軌跡圖

以自行研發之測量軟體 LeadSurvey 將水深原始定位檔展繪至 AutoCAD 繪圖軟體，製成比例尺 1/1000 之原始測線軌跡圖，如圖 5-1 所示。

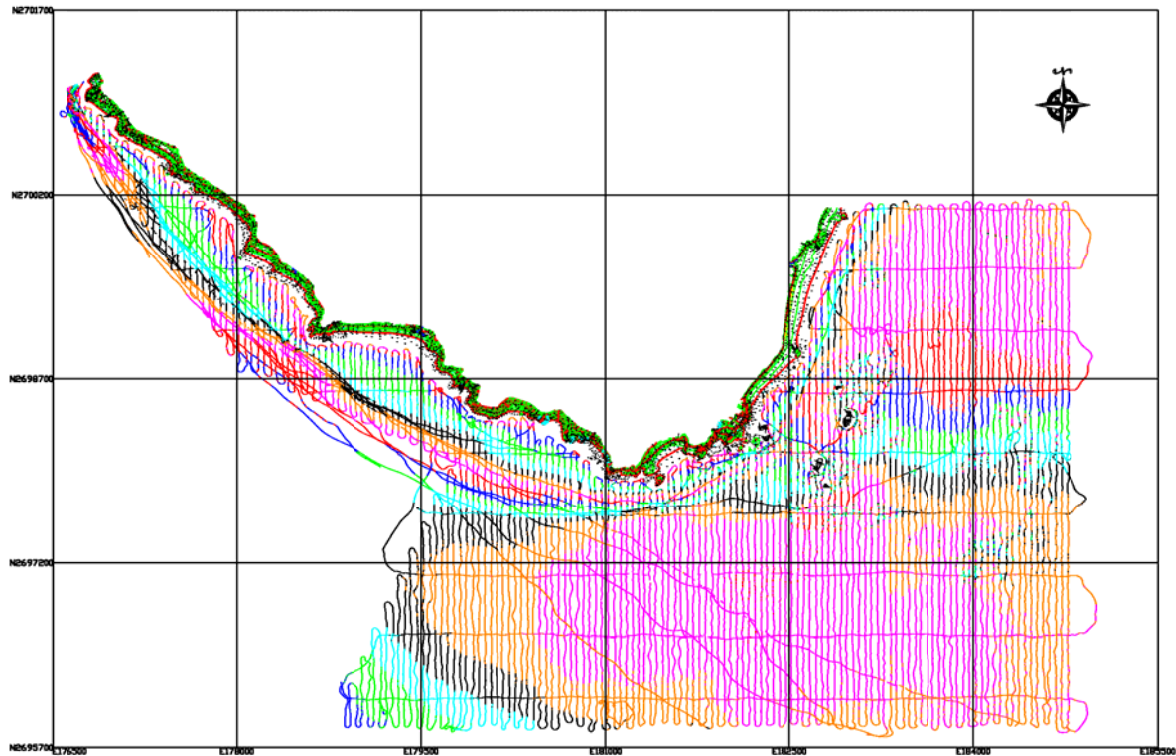


圖 5-1 原始測線軌跡圖

## 5-2 1/1000 水深地形成果圖

依水深測量範圍所測得之水深資料整合於 AutoCAD 繪圖軟體，繪製 1/1000 水深地形成果圖，利用程式採用不規則三角網（Triangulation Irregular Network, TIN）法產生 40M 網格(圖 5-2)後再進行等深線自動生成，再者，以人工逐條修繪方式檢查等深線繪製合理性，套疊陸域岸線測量成果。本次 1/1000 水深地形成果縮繪如圖 5-3 所示，圖上等深線間距為 1m，圖面上桃紅色實線為計曲線（間隔為 5m），水藍色實線為首曲線（間隔為 1m）。

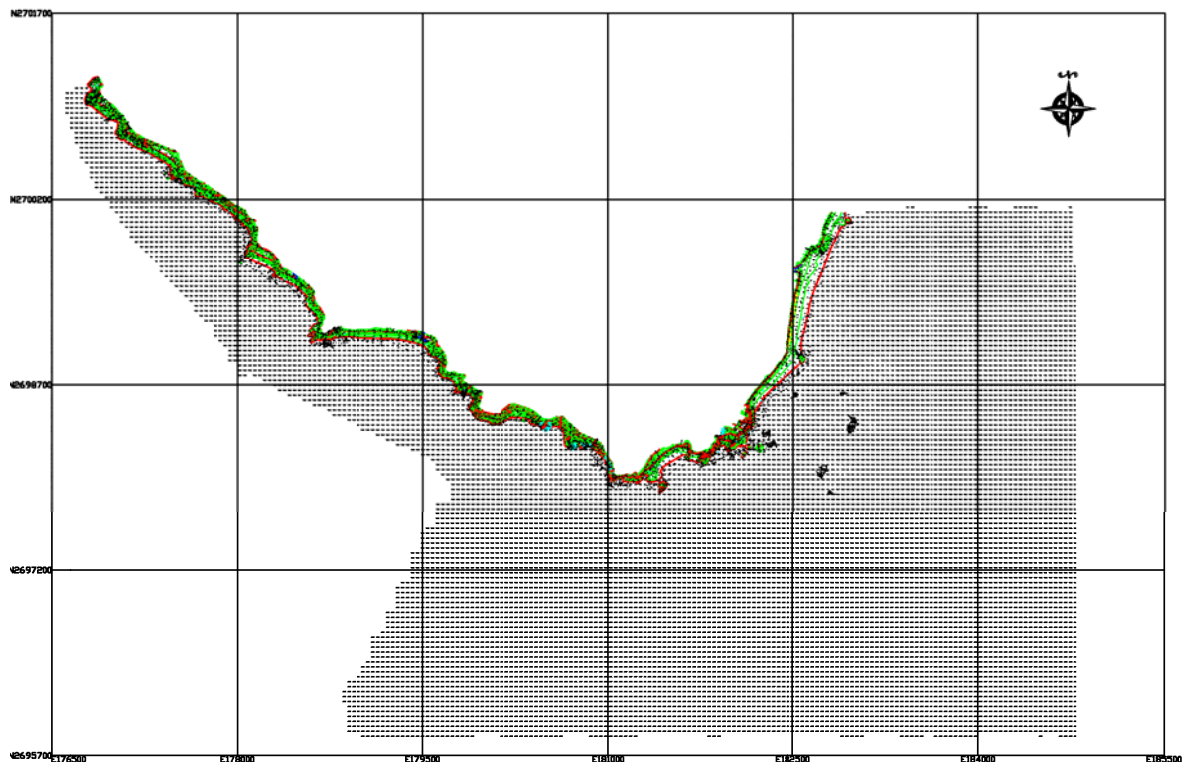


圖 5-2 網格 40m 測量成果圖

本次水深測量實際面積約 19.5 平方公里，如圖 5-3，並計算水深地形坡度變化，如圖 5-4 所示，潮間帶地區之等高線間隔緊密，地形較為陡峭，其水深最深位於古崗海岸離岸 1.2 公里處有一緩坡凹槽深約 18m。自古崗海岸以垂直岸線方式計算坡度，其水深 0m 至 -5m 約離岸 0.15 公里（坡度約 1/30，角度約  $1.9^{\circ}$ ）；水深 -5m 至 -10m 約離岸 0.3 公里（坡度約 1/60，角度約  $1.0^{\circ}$ ）；水深 -10m 至 -15m 約距離 0.25 公里（坡度約 1/50，角度約  $1.2^{\circ}$ ）；水深 -15m 至 -18m 約距離 0.9 公里（坡度約 1/300，角度約  $0.2^{\circ}$ ）；另，以網格進行坡度計算如圖 5-4，后湖至古崗海岸間離岸 300m（水深約 10m）起，坡度為 1/2~1/150（角度約  $0.4^{\circ}$ ~ $26.6^{\circ}$ ），可看出此處地形崎嶇且有許多暗礁，船隻航行此處須格外注意。

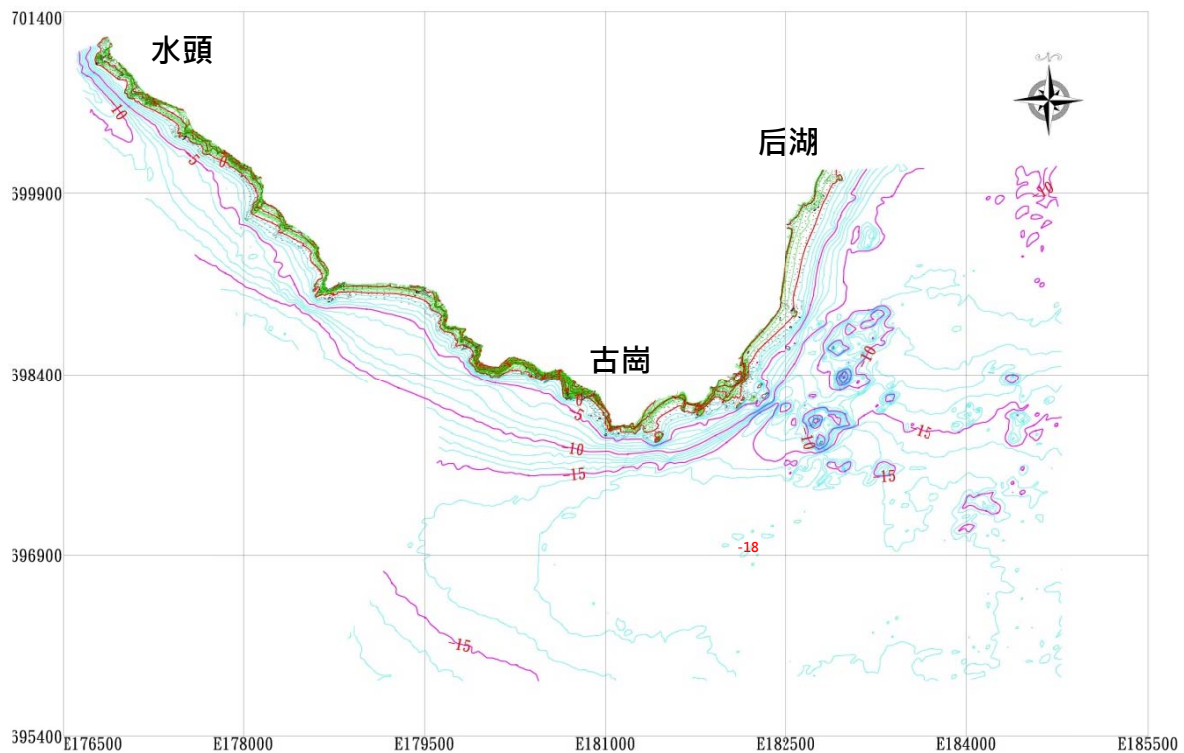


圖 5-3 水深地形等深線圖



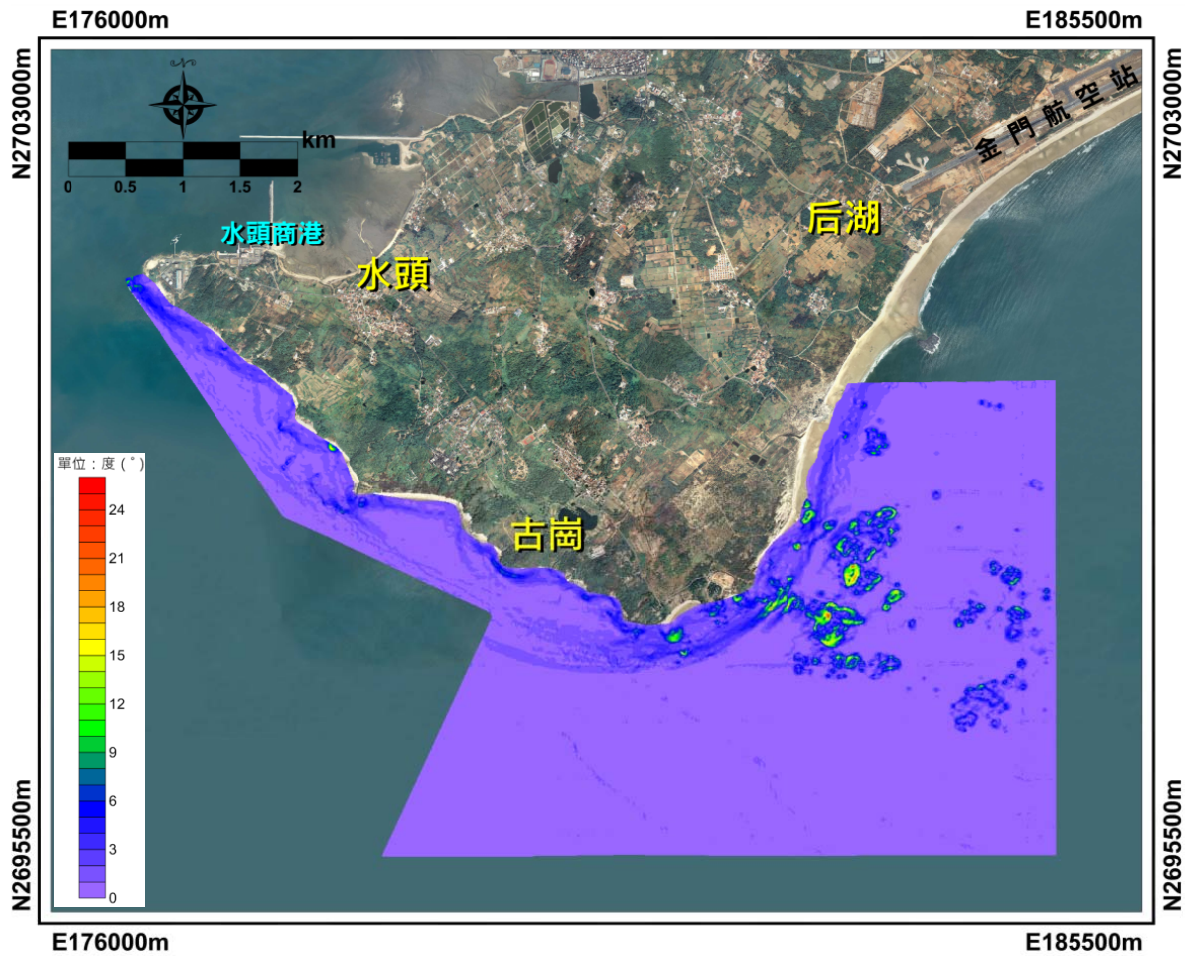


圖 5-4 水深地形坡度圖

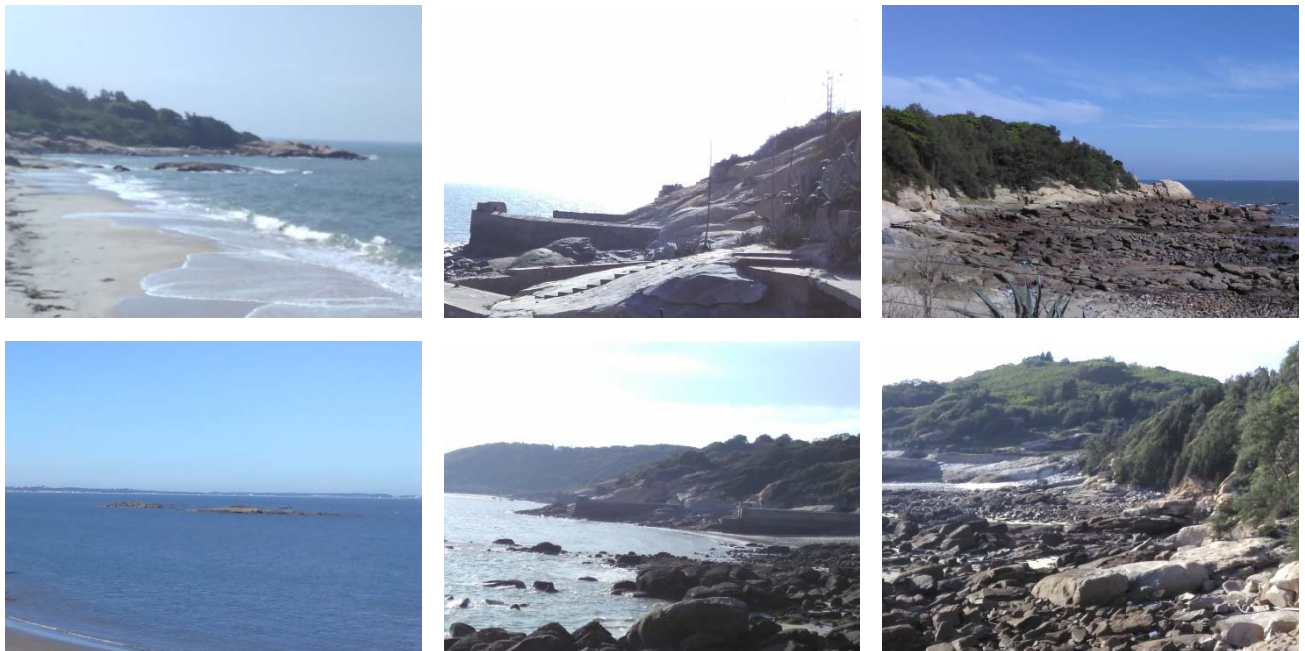


圖 5-5 計畫範圍海岸照

### 5-3 水深地形 2D 色階圖成果

利用 Golden Software Surfer 8 地形圖製作軟體，以克利金法(Krigin)採權重方式計算規則網格點，將水深資料製作成約 40m×40m 網格資料，再將其網格資料製作成本海岸區域之 2D 數值地形模型，如圖 5-6 所示，並套疊岸上正射影像如圖 5-7 所示。

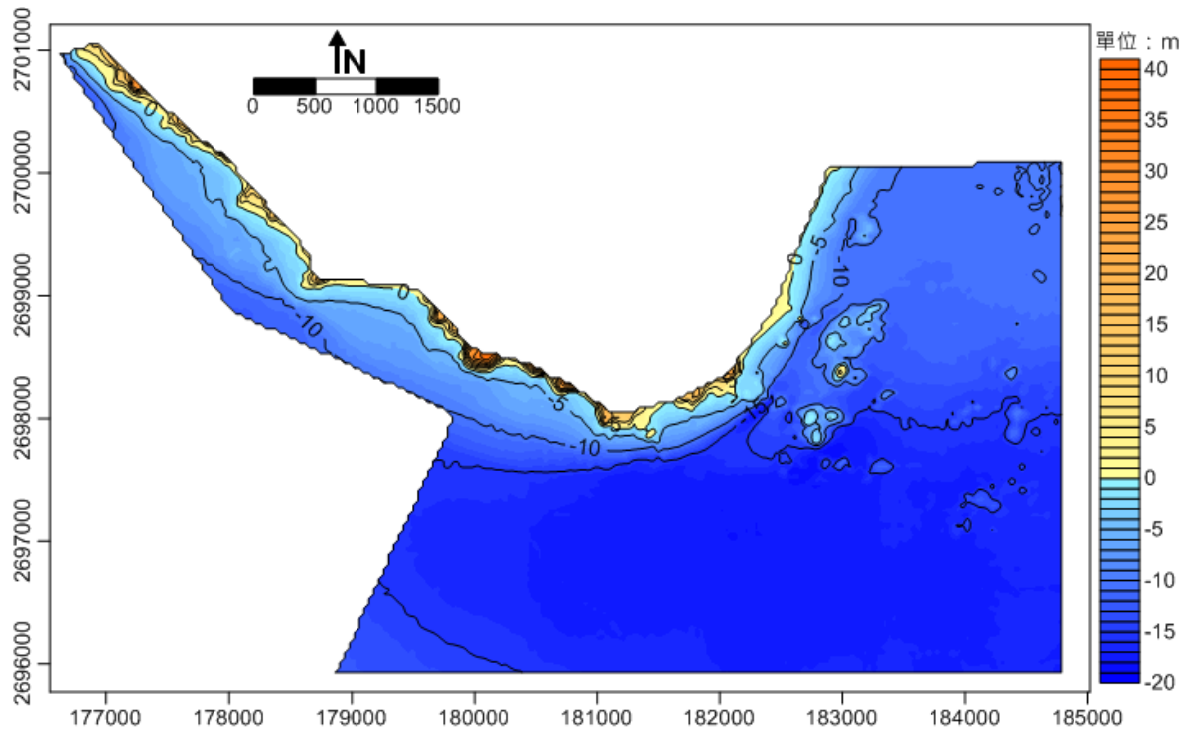


圖 5-6 水深地形 2D 色階圖

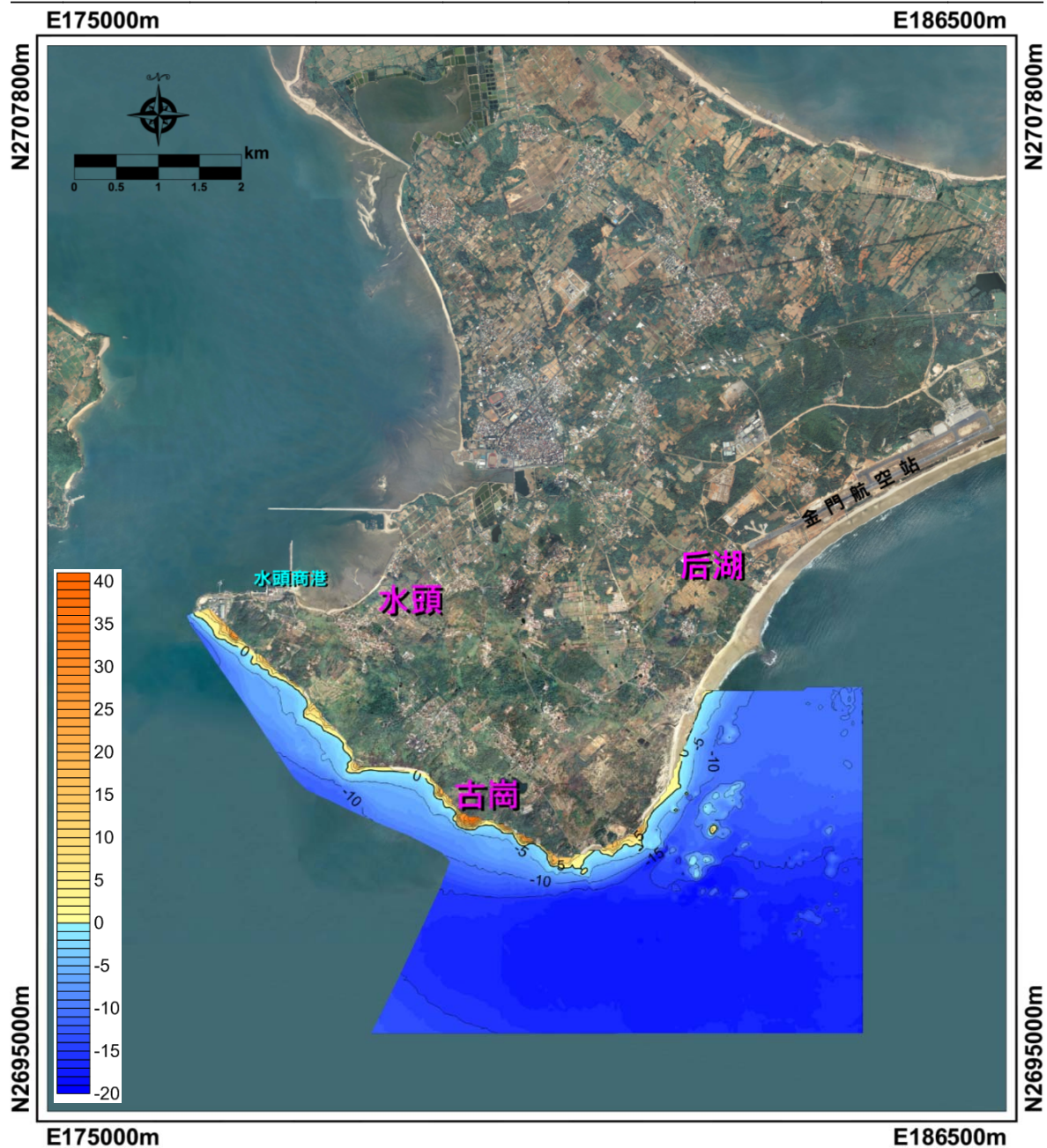


圖 5-7 水深地形 2D 色階套疊正射影像圖



## 5-4 水深地形 3D 色階圖成果

此外，利用 Fleadmaus 3D 套裝軟體將實測之數值地形資料(規則網格點)匯入，調整適當色階來呈現 3D 變化以製作成地形 3D 色階圖，如圖 5-9 所示。

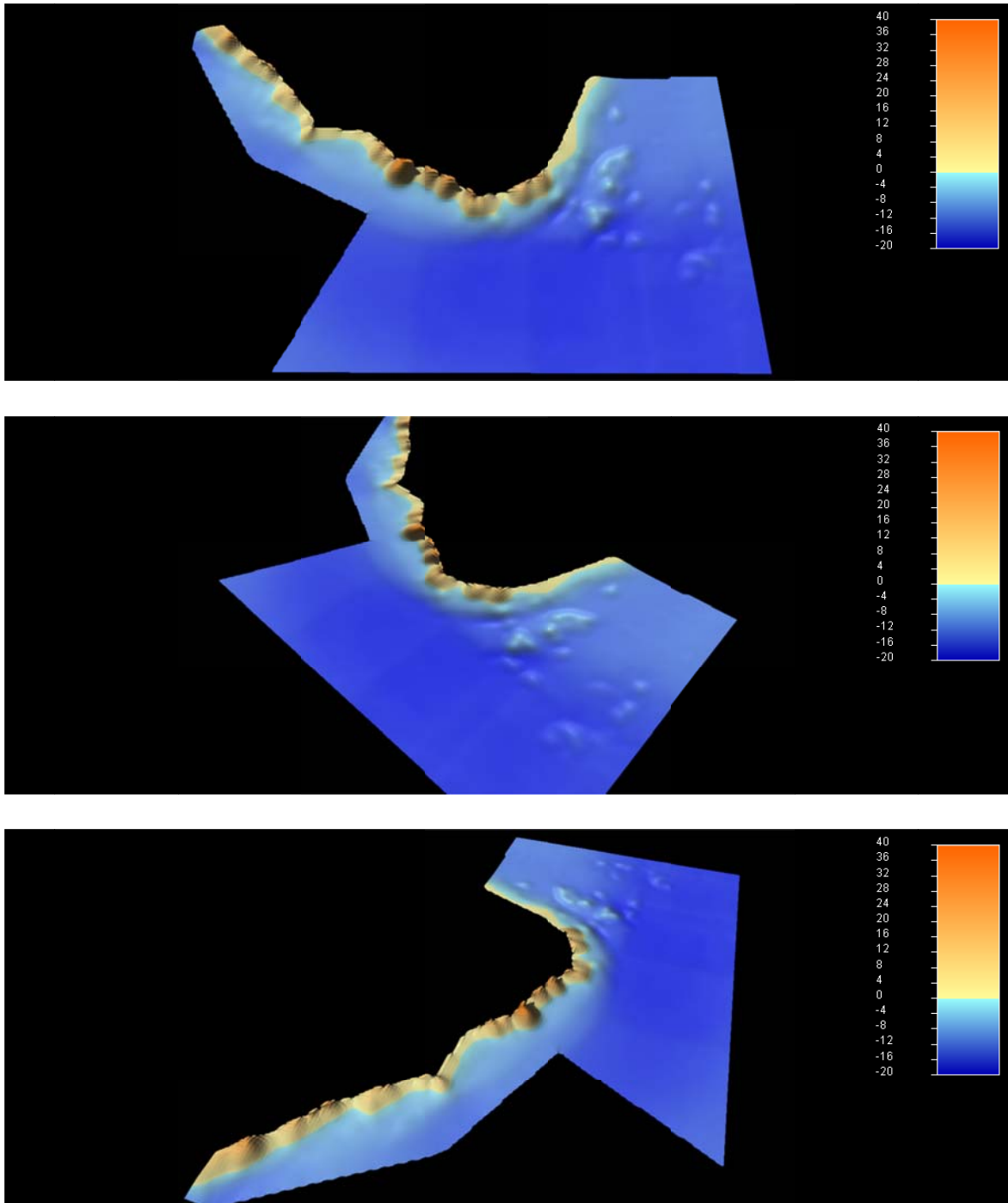


圖 5-8 水深地形 3D 色階圖



另以 Fleadmaus 3D 地形圖製作軟體將實測之數值地形資料匯入，以權重方式製作成地形 3D 色階圖，如圖 5-9 所示。

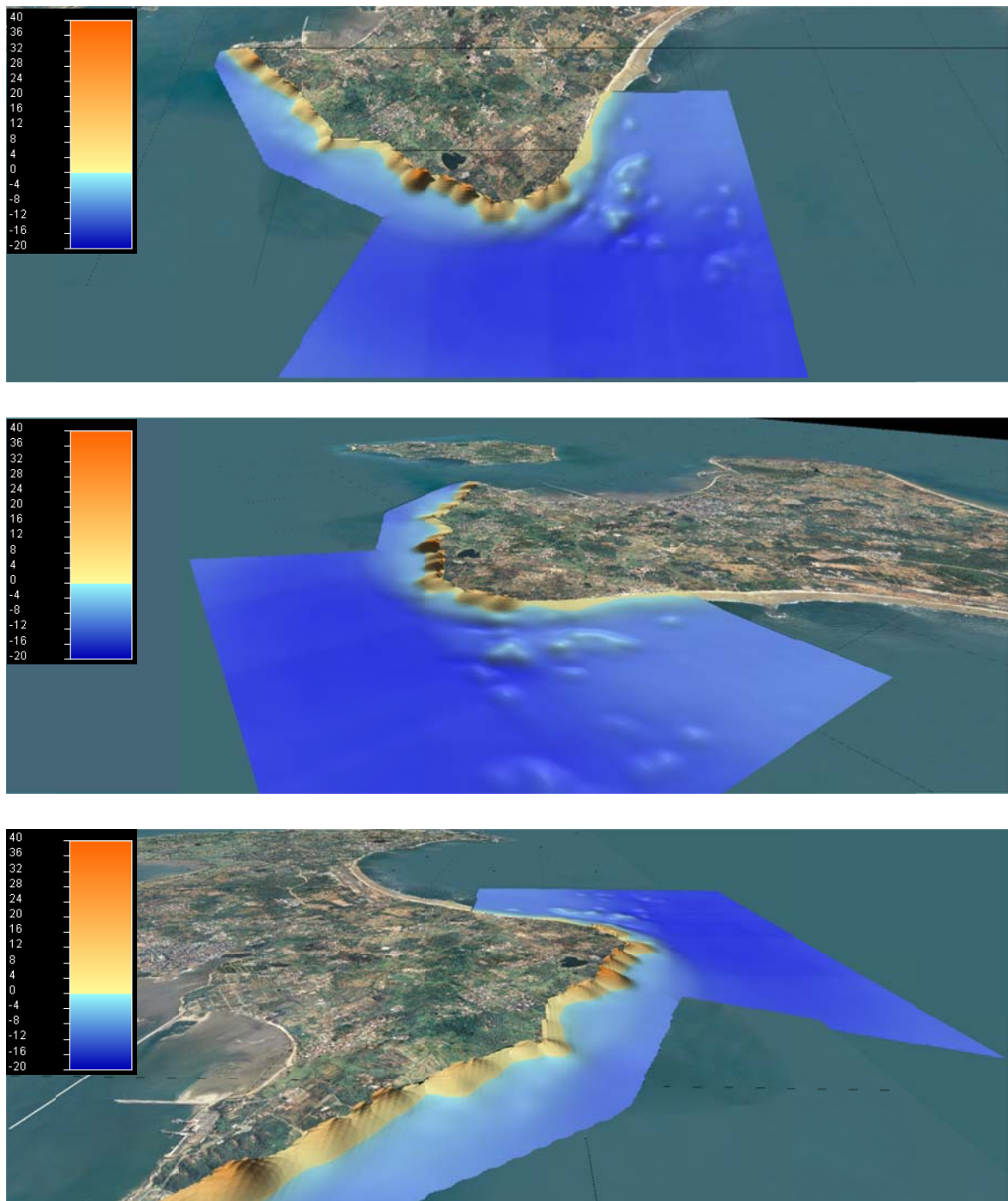


圖 5-9 水深地形 3D 色階套疊正射影像圖

## 5-5 大金門料羅至水頭水深地形成果

彙整 102 年料羅至成功海岸及 103 年成功至后湖海岸測定之地形資料進行連接，依水深測量範圍所測得之水深資料整合於 AutoCAD 繪圖軟體，繪製海陸域地形圖，成果如圖 5-8 所示，再將水深資料製作成 40m×40m 網格後，製作大金門料羅至水頭 2D 及 3D 色階圖，成果如圖 5-10 至圖 5-14 所示。

由下圖 5-10 綜整料羅至水頭水深地形圖清楚可知，其水深為 0m 至 -28m 左右，水深地形由西北向東南方漸深，而於古崗海岸外海處則有一緩坡凹槽。經測繪之水深地形圖顯示，其料羅港南側(大金門東南方)等深線較為密集陡峭，而相較於后湖及古崗海岸(大金門西南側)近岸水深約 10m 內之地形則有多處露岩及潛沒之礁岩(紅色方框及橘色圓圈處)，其中於后湖海岸處於水深約 -3m 處有一露出之顯礁(183645,2700437)(藍色方框處)，面積約為 0.01km<sup>2</sup>，船舶行進間須較為注意。

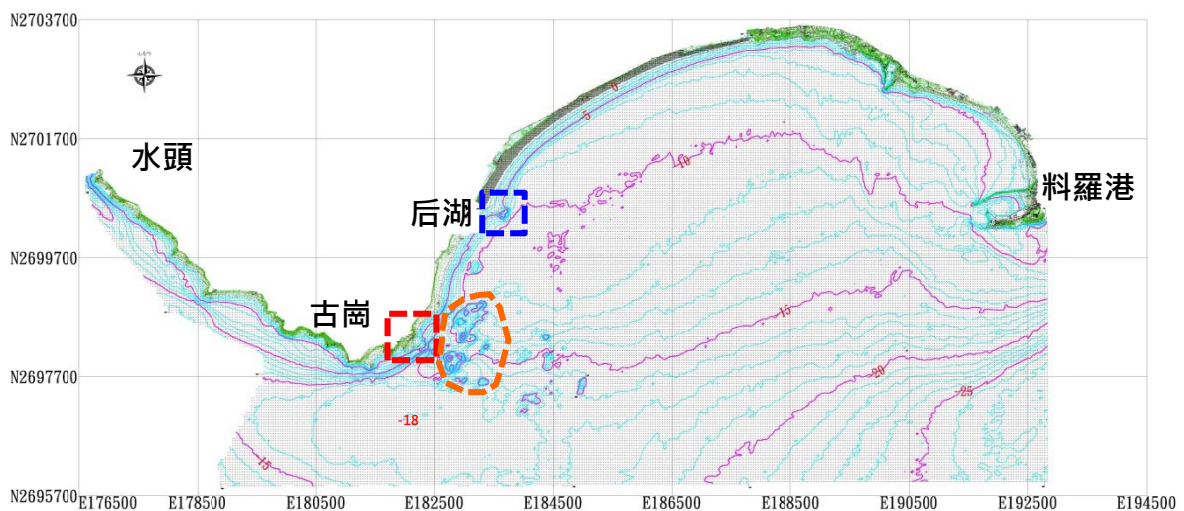


圖 5-10 水深地形等深線圖—料羅至水頭海域

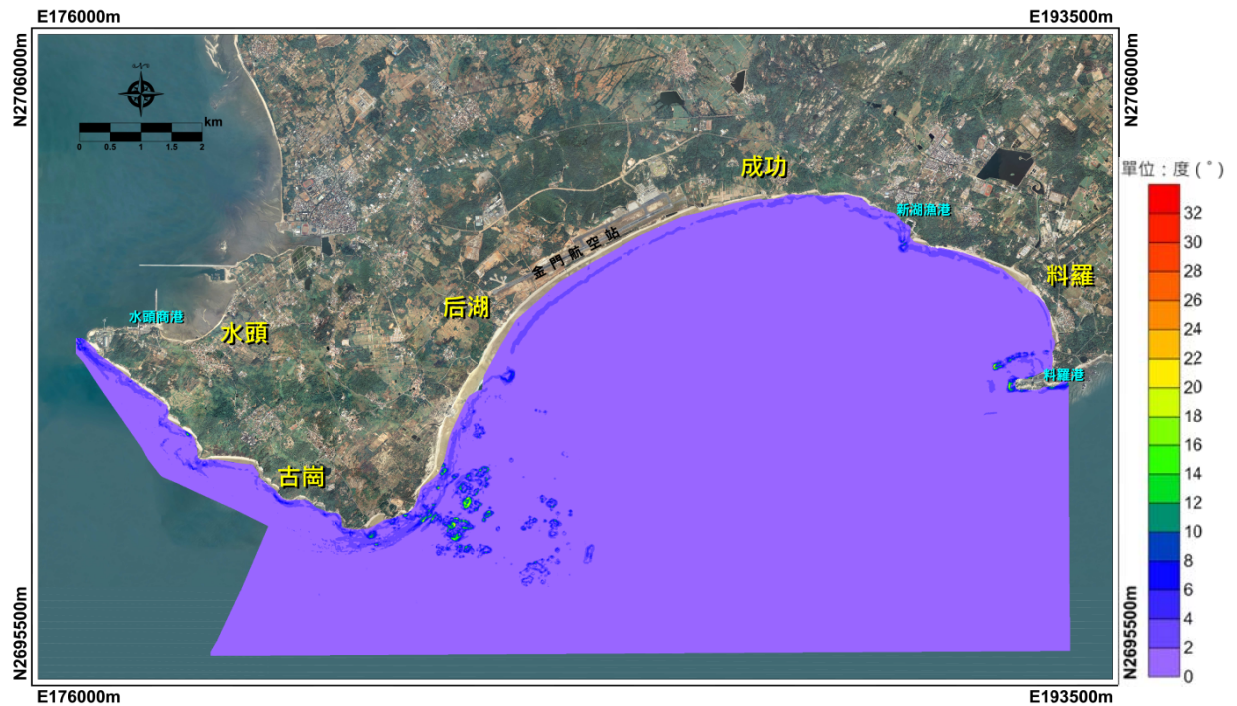


圖 5-11 水深地形坡度圖－料羅至水頭海域

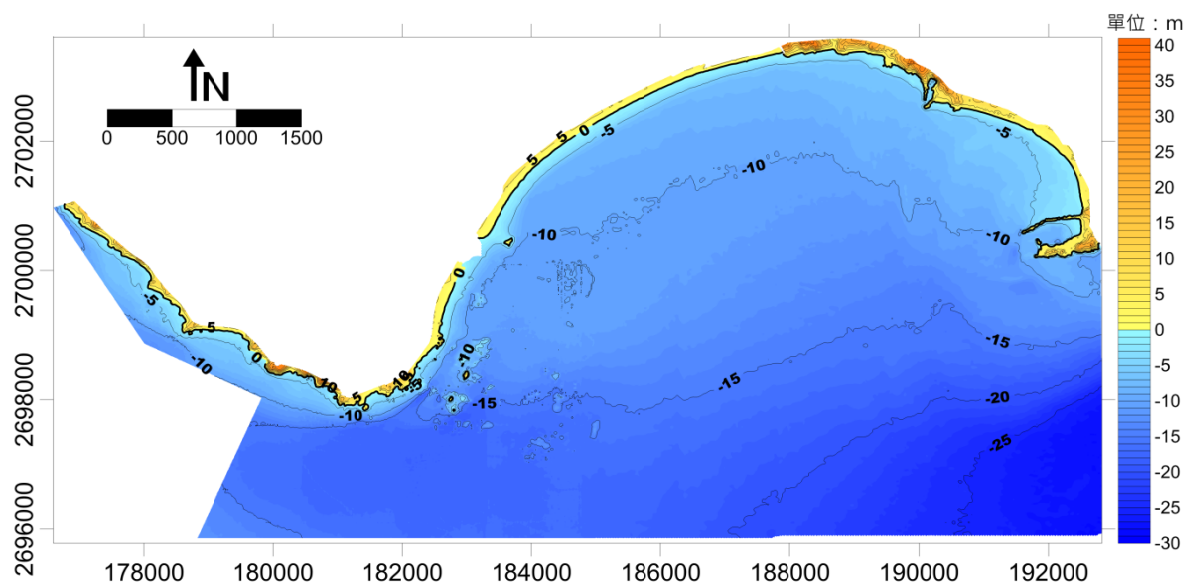


圖 5-12 水深地形 2D 色階圖－料羅至水頭海域



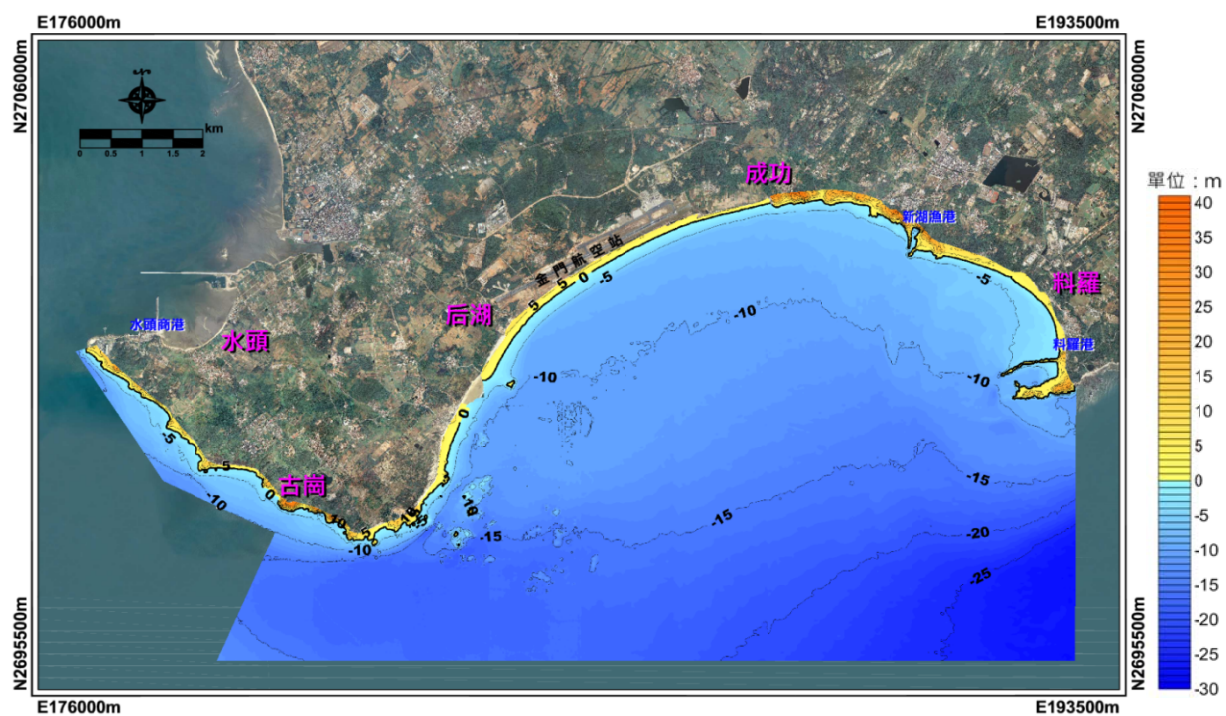


圖 5-13 水深地形 2D 色階套疊正射影像圖－料羅至水頭海域

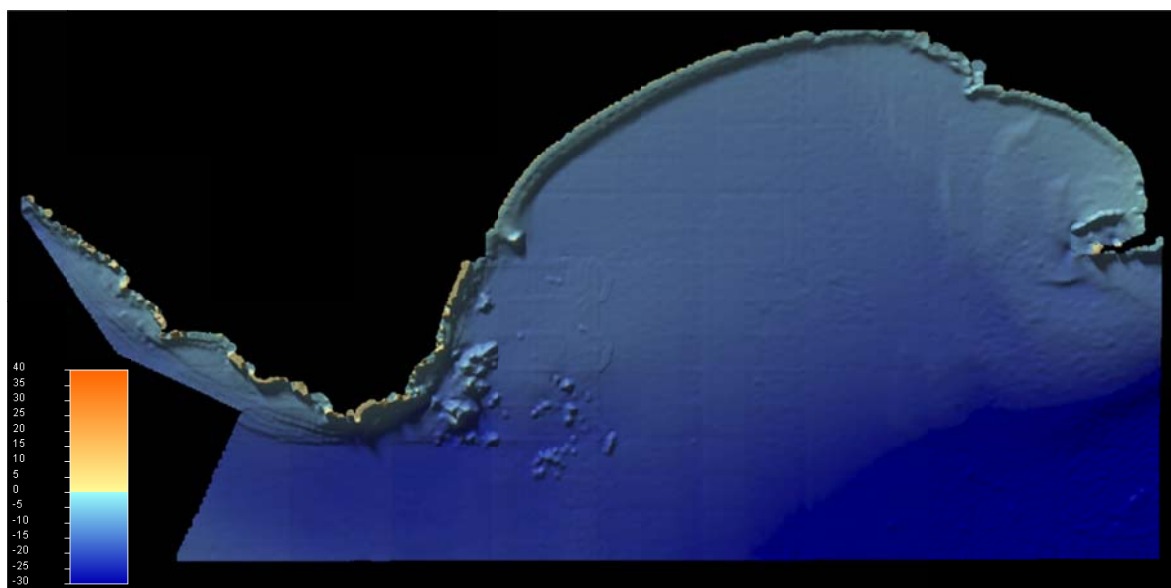


圖 5-14 水深地形 3D 色階圖－料羅至水頭海域



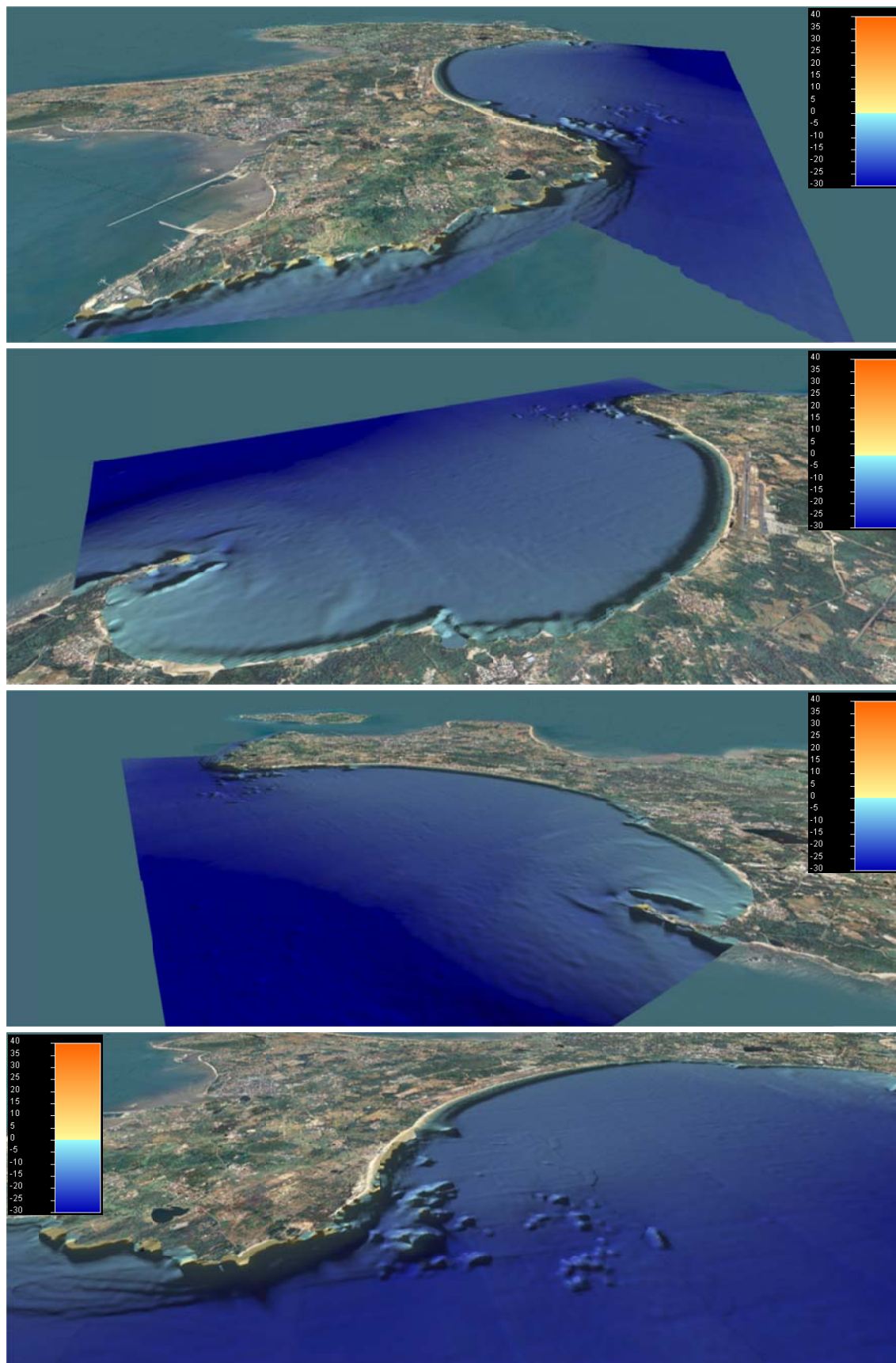


圖 5-15 水深地形 3D 色階套疊正射影像圖－料羅至水頭海域

## 5-6 金門海域歷年資料

### 5-6-1 歷年海域測量範圍

彙整歷年各機關於金門海域已測定之水深地形測量範圍，如圖 5-16 所示，至 104 年止所測定範圍可知，大金門海域已大致完成，僅餘東南方(田埔⇒料羅港)，小金門則僅完成青岐海域測定，其餘海域尚未規劃進行測量調查工作。

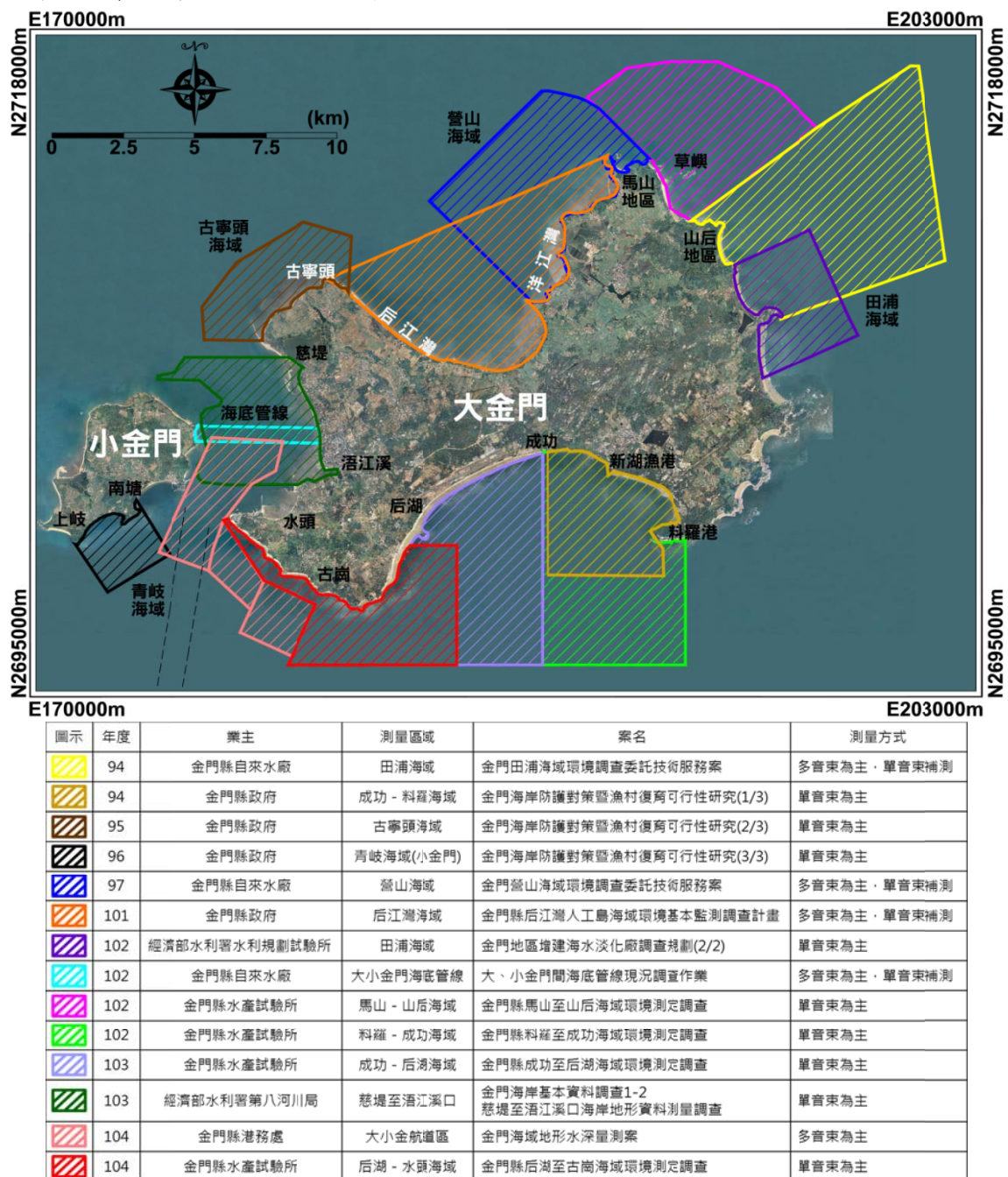


圖 5-16 歷年金門海域測量範圍圖

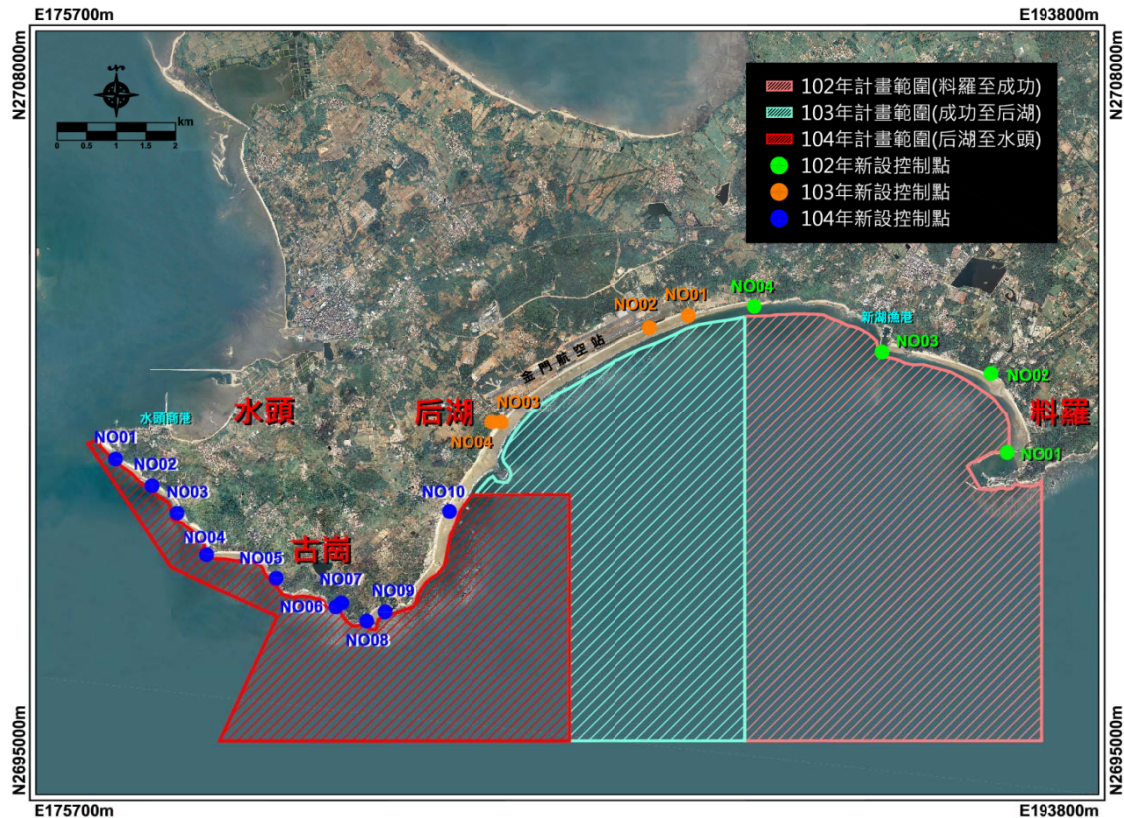




## 5-6-2 料羅至水頭歷年新設控制點

另，彙整本年度合併之大金門料羅至水頭歷年新設控制點並列表相關資訊如表 5-1 所示。

表 5-1 料羅至水頭海域歷年新設控制點相關資訊



| 計畫年度  | 點名         | 縱坐標(N)      | 橫坐標(E)     | 高程(Z)  |
|-------|------------|-------------|------------|--------|
| 102 年 | 料羅至成功 NO01 | 2700816.757 | 192237.070 | 4.522  |
| 102 年 | 料羅至成功 NO02 | 2702176.479 | 191964.640 | 8.392  |
| 102 年 | 料羅至成功 NO03 | 2702540.876 | 190113.246 | 10.326 |
| 102 年 | 料羅至成功 NO04 | 2703318.065 | 187935.871 | 4.897  |
| 103 年 | 成功至后湖 NO01 | 2703161.889 | 186821.195 | 4.605  |
| 103 年 | 成功至后湖 NO02 | 2702957.266 | 186163.888 | 4.040  |
| 103 年 | 成功至后湖 NO03 | 2701332.704 | 183632.407 | 8.476  |
| 103 年 | 成功至后湖 NO04 | 2701337.316 | 183478.238 | 10.724 |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO01 | 2700705.699 | 177061.369 | 5.764  |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO02 | 2700249.698 | 177679.651 | 3.970  |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO03 | 2699783.719 | 178102.898 | 9.923  |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO04 | 2699079.954 | 178624.808 | 4.877  |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO05 | 2698678.938 | 179802.521 | 8.523  |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO06 | 2698189.721 | 180814.352 | 6.035  |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO07 | 2698258.515 | 180912.317 | 18.466 |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO08 | 2697949.115 | 181337.157 | 2.836  |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO09 | 2698104.865 | 181649.634 | 4.234  |
| 104 年 | 后湖至水頭 NO10 | 2699813.489 | 182737.993 | 5.653  |



## 第六章 結論

本次執行 104 年度「金門縣后湖至水頭海域環境測定調查」乙案，歷時約五個月期間。本期末報告旨在提送控制系統檢測及引測；潮位站架設及高程引測；海岸地形測量；海域水深測量（單音束）；成果圖檔繪製及歷年資料彙整等成果，相關測量作業均於開工後陸續進場執行，並於時程控管內提前完成外業測量作業。

本計畫目的為補足大金門南側海域環境之基本地形資料蒐集，自 102 年起辦理「料羅至成功」、103 年「成功至后湖」及 104 年「后湖至水頭」海域環境測定調查，本次成果將料羅⇒水頭之海域地形進行彙整，並繪製 2D 及 3D 色階圖，使大金門南側地形能更一目瞭然。

### 6-1 結論

1. 已知控制點檢測成果，可知以衛星定位儀檢測測區附近內政部公告之二等控制點 W902、已知三等控制點 WX28 及 WX45，共 3 點平面控制點均符合檢測精度要求，可作為後續坐標套合平差及測量使用。
2. 已知水準點檢測成果，可知以電子水準儀檢測測區附近內政部公告之一等水準點 KM25、KM26、KM27 共 3 點高程控制點，其測段精度皆小於 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ ，符合規範要求，可供後續水準測量使用。
3. 本次水深測量實際面積約 19.5 平方公里，潮間帶地區之等高線間隔緊密，地形較為陡峭，其水深最深位於古崗海岸離岸 1.2 公里處有一緩坡凹槽深約 18m。自古崗海岸以垂直岸線方式計算坡度，其水深 0m 至-5m 約離岸 0.15 公里（坡度約 1/30）；水深-5m 至-10m 約離岸 0.3 公里（坡度約 1/60）；水深-10m 至-15m 約距離 0.25 公里（坡度約 1/50）；水深-15m 至-18m 約距離 0.9 公里（坡度約 1/300）；另，以網格進行坡度計算，后湖至古崗海岸間離岸 300m（水深約 10m）起，坡度為 1/2~1/150，由圖 5-4 可看出此處地形崎嶇且有許多暗礁，船隻航行此處須格外注意。
4. 綜整 102 年料羅至成功海岸、103 年成功至后湖海岸及今(104)年后





湖至水頭海岸測定之地形資料進行連接，繪製海陸域地形圖，清楚可知，其水深為 0m 至-28m 左右，水深地形由西北向東南方漸深，而於古崗海岸外海處則有一緩坡凹槽。經測繪之水深地形圖顯示，其料羅港南側(大金門東南方)等深線較為密集陡峭，而相較於后湖及古崗海岸(大金門西北側)近岸之地形則有多處露岩及潛沒之礁岩，其中於后湖海岸處於水深約 -3m 處有一露出之顯礁(183645,2700437)，面積約為 0.01km<sup>2</sup>；另一處為古崗海岸右側(銅牆山海灣)水深約 10m，有多座露岩及潛沒之礁岩，船舶行進間須較為注意。

## 6-2 建議

- 1.未來可持續監測料羅至水頭(大金門南側)之海域地形基本資料蒐集，其所測得之點雲資料可作為日後地形侵淤分析比對之重要依據。
- 2.後續可逐年施測大、小金門其它未測量區域之海域環境測定調查，以健全金門地區之海域地形，做為後續該地區相關規劃設計施作之參考基礎。
- 3.建議後續針對海域底質可辦理「側掃聲納調查」、「多音束測深調查」或「地層剖面調查」，以瞭解海底是否有沉艦、礁岩或其它障礙物。
- 4.建議未來可將目前已新設之斷面樁進行整合統一命名或列表管理，以利日後查詢。
- 5.經本計畫範圍后湖至水頭海陸域地形測量成果並彙整料羅至水頭海陸域地形測量成果，除可豐富金門地區南側海域環境基本地形資料蒐集外，其調查水深圖亦可作為資料庫，提供後續相關單位作為國土規劃利用及漁業航行安全之基礎圖資參考，並做為後續該地區相關規劃設計之依據。



## 第七章 參考文獻

- 1.內政部，2001，「一等水準測量作業規範」。
- 2.內政部，2003，「九十一年度三等控制點補建、新建作業工作報告書」。
- 3.金門縣自來水廠，2005，「金門田浦海域環境調查」委託技術服務案，自強工程顧問有限公司。
- 4.金門縣政府，2005，「金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(1/3)」，自強工程顧問有限公司。
- 5.內政部，2007，「基本地形資料分類編碼表及名詞定義」。
- 6.金門縣自來水廠，2009，「金門營山海域環境調查」委託技術服務案，自強工程顧問有限公司。
- 7.經濟部水利署水利規劃試驗所，2014，「海岸防護規劃基本資料觀測調查作業規範」。
- 8.金門縣水產試驗所，2013，「金門縣馬山至山后海域環境測定調查」，自強工程顧問有限公司。
- 9.金門縣水產試驗所，2013，「金門縣料羅至成功海域環境測定調查」，自強工程顧問有限公司。
- 10.金門縣水產試驗所，2014，「金門縣成功至后湖海域環境測定調查」，自強工程顧問有限公司。
- 11.「中央氣象局全球資訊網」網站，<http://www.cwb.gov.tw>
- 12.「金門縣水產試驗所」網站，[http://www.kinmen.gov.tw/Layout/sub\\_A/index](http://www.kinmen.gov.tw/Layout/sub_A/index)
- 13.「經濟部水利署全球資訊網」網站，<http://www.wra.gov.tw/>

