



# 大地測量課程

## 海道/水深測量 (Hydrographic/Bathymetric Surveys)

張嘉強

健行科技大學  
應用空間資訊系



# 水深測量概念

FIGURE 1  
Fixing a vessel's position offshore

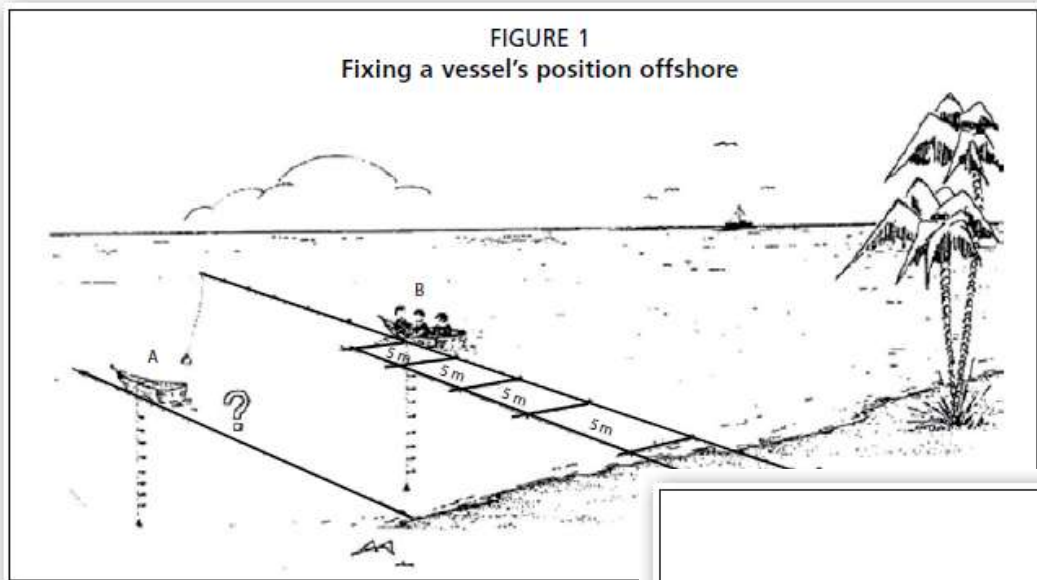
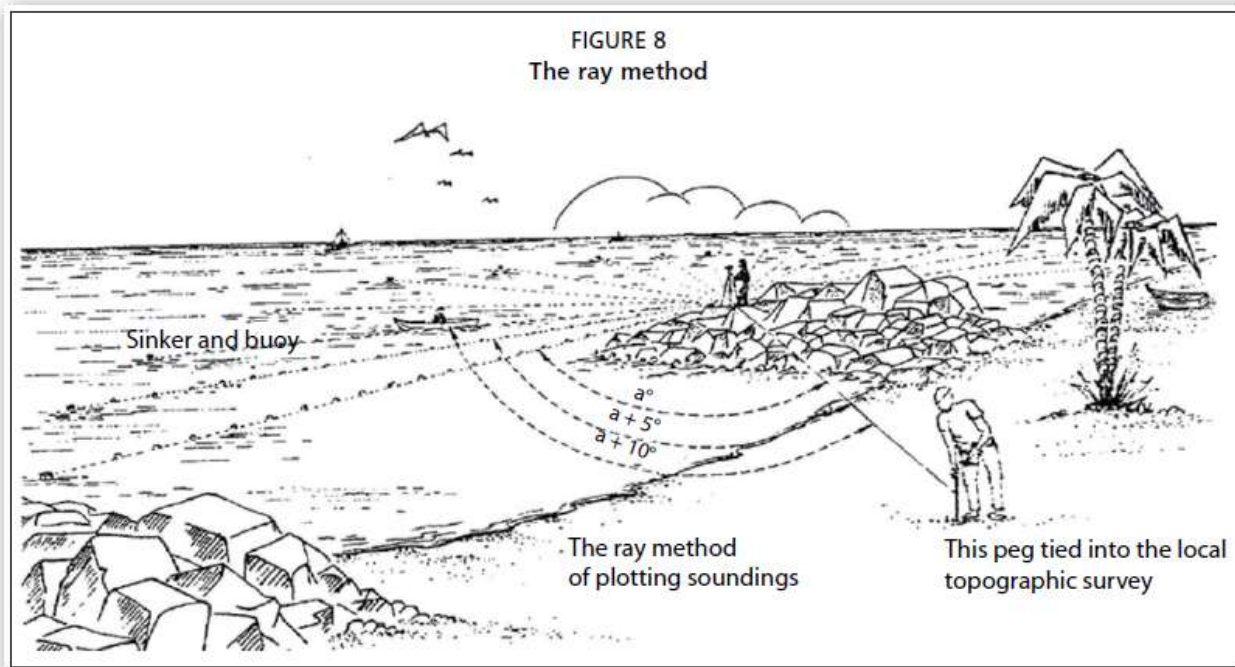
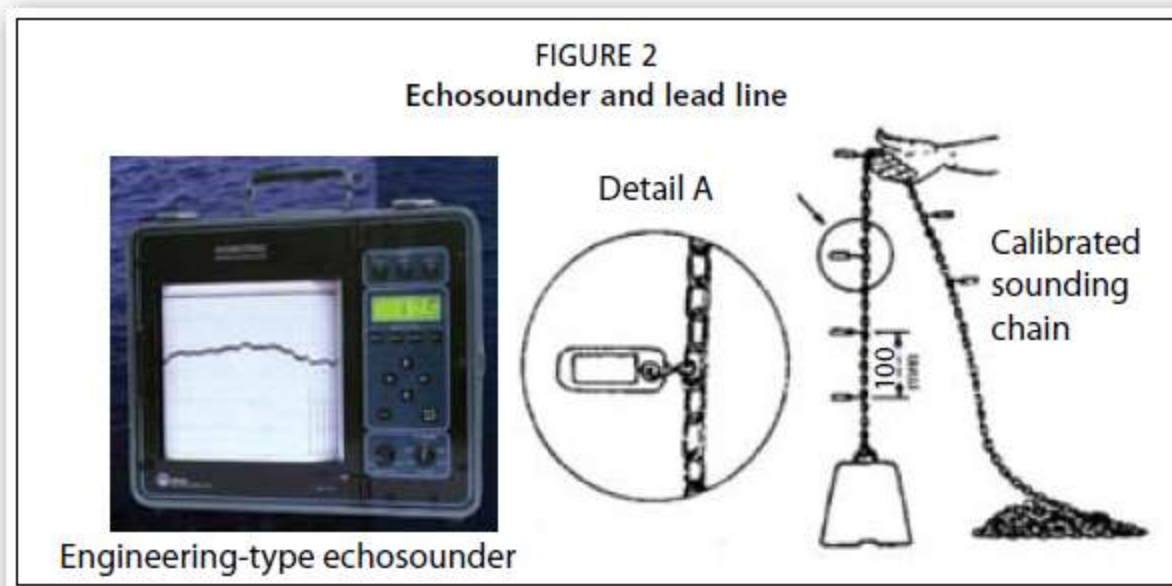
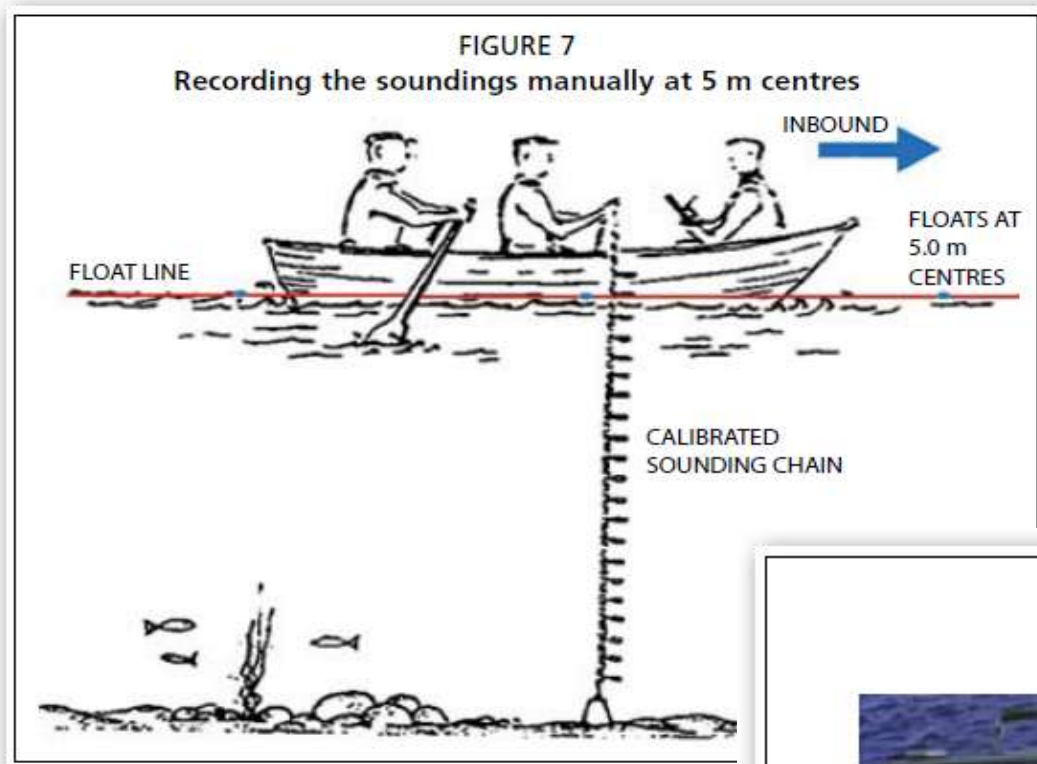


FIGURE 8  
The ray method





# 水深測量概念



# 水深測量概念

FIGURE 4  
Parallel line method

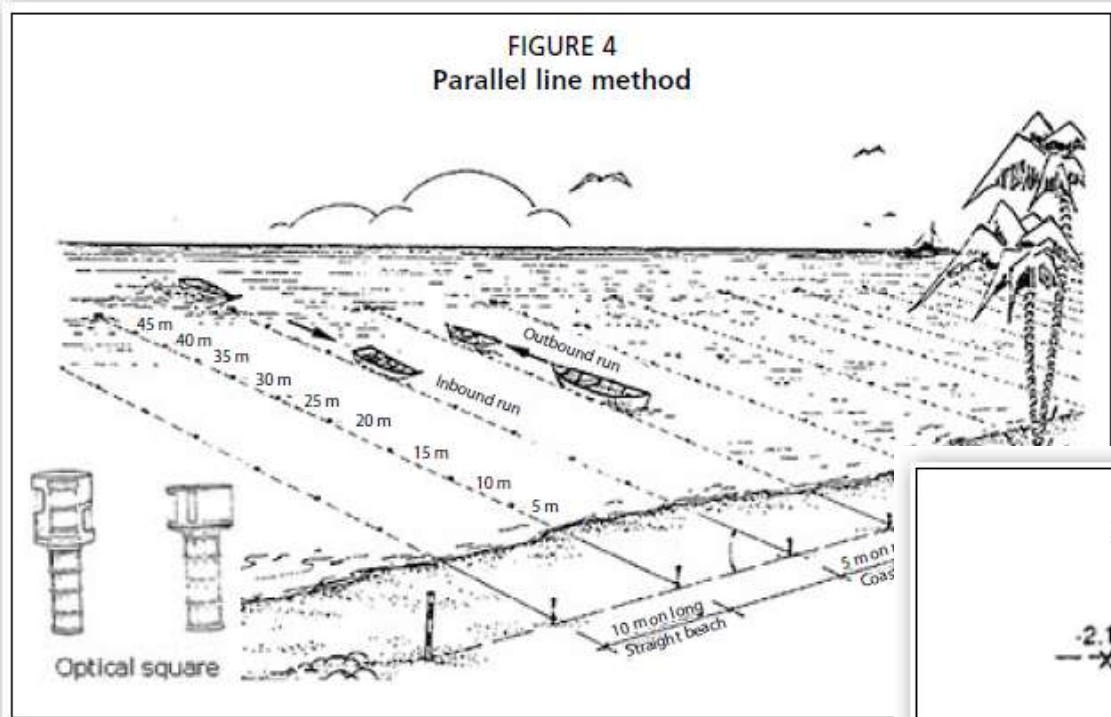
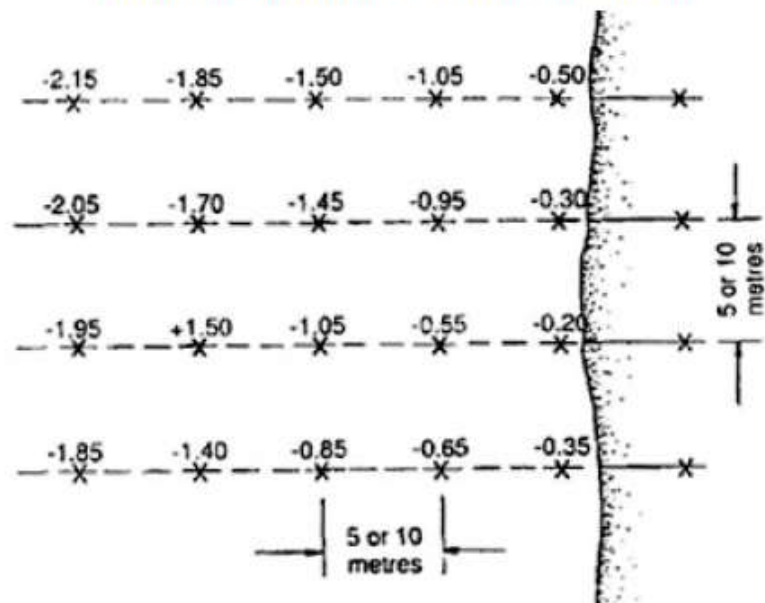
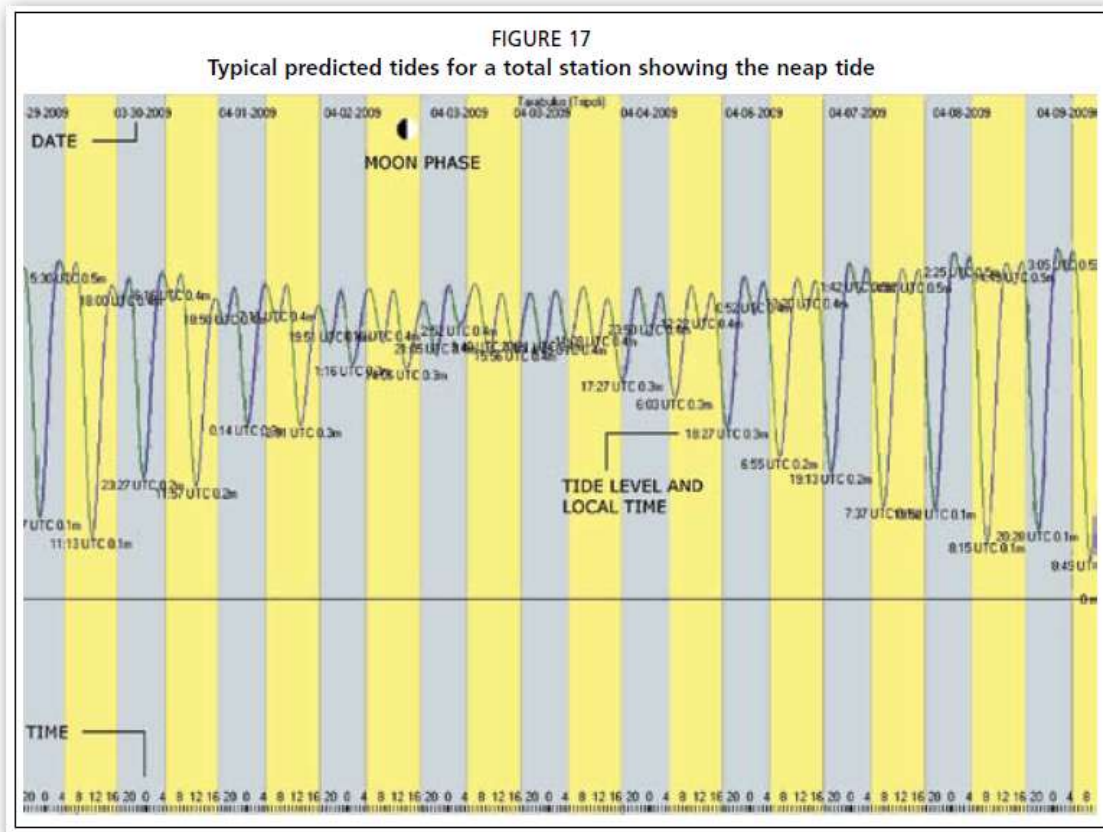
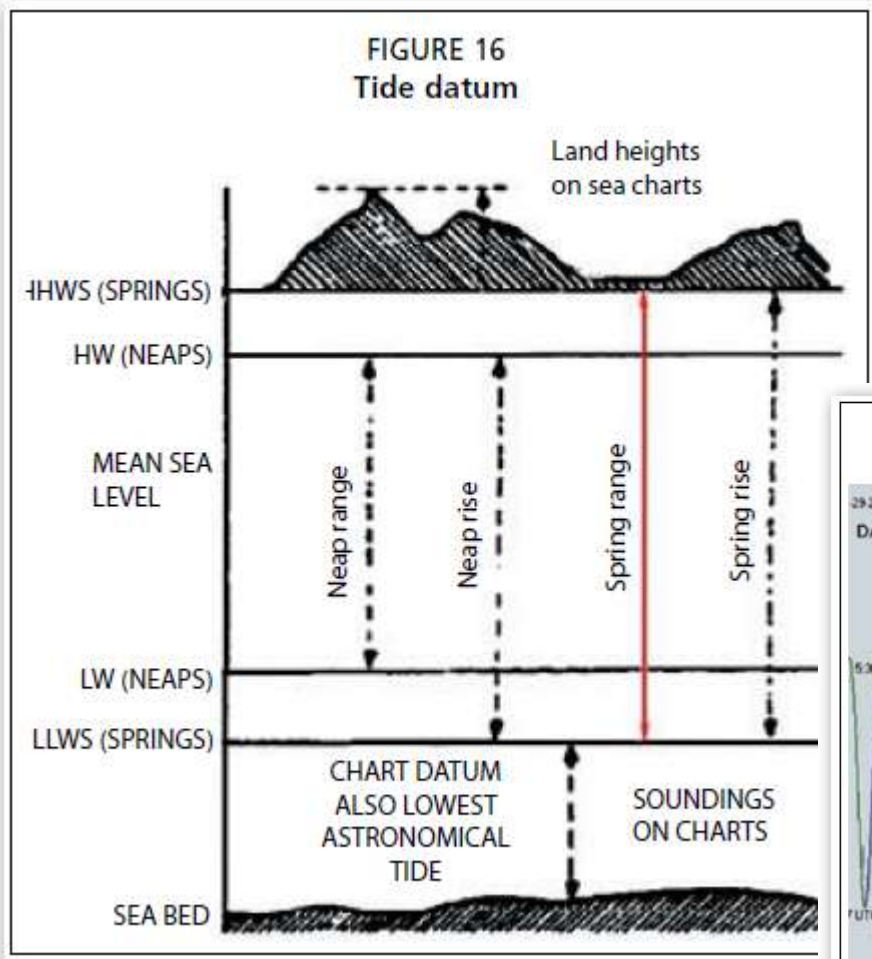


FIGURE 5  
A soundings plot using the parallel line method





# 水深測量概念





# 水深測量概念

FIGURE 9  
Differential GPS real-time measurement of position of survey vessel

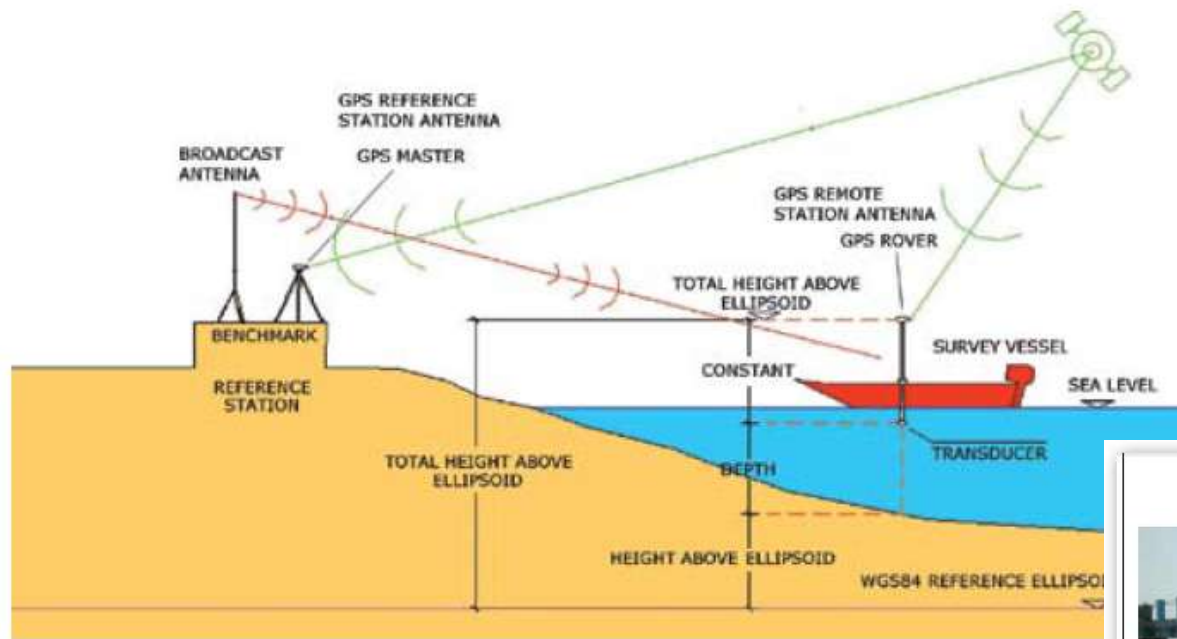


FIGURE 12  
Typical small vessel outfitted for hydrographic surveys





# 水深測量概念

FIGURE 14  
A Class 2 survey used for the EIS of the breakwater (in red)

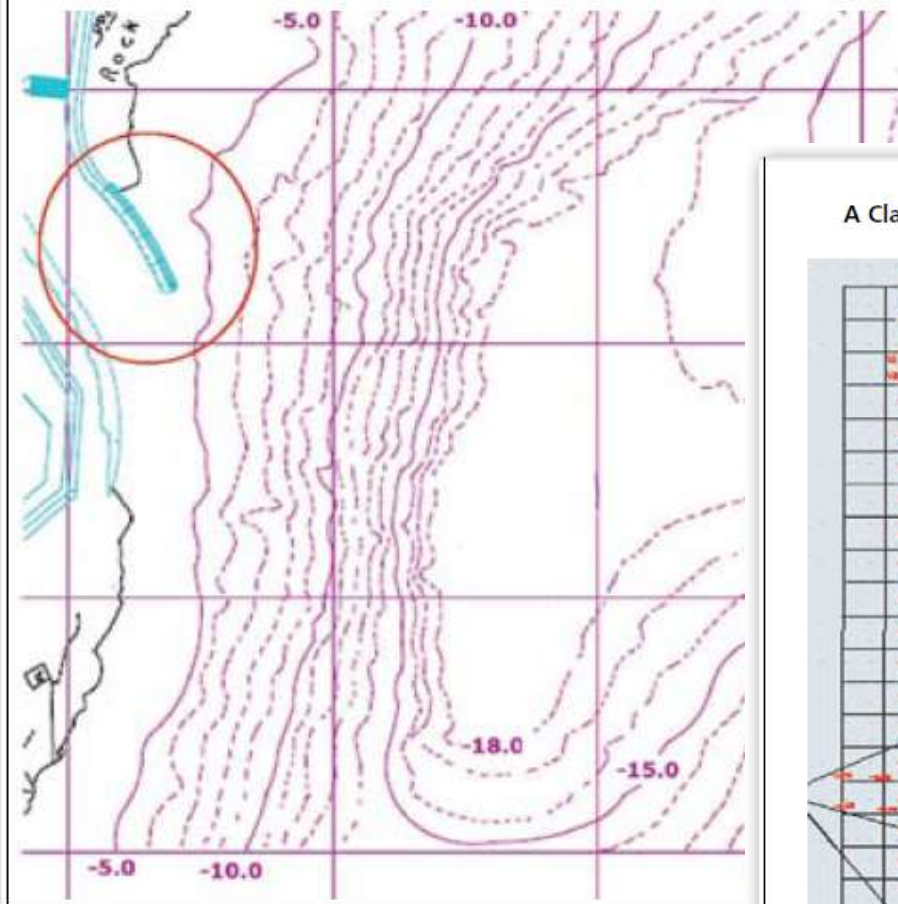
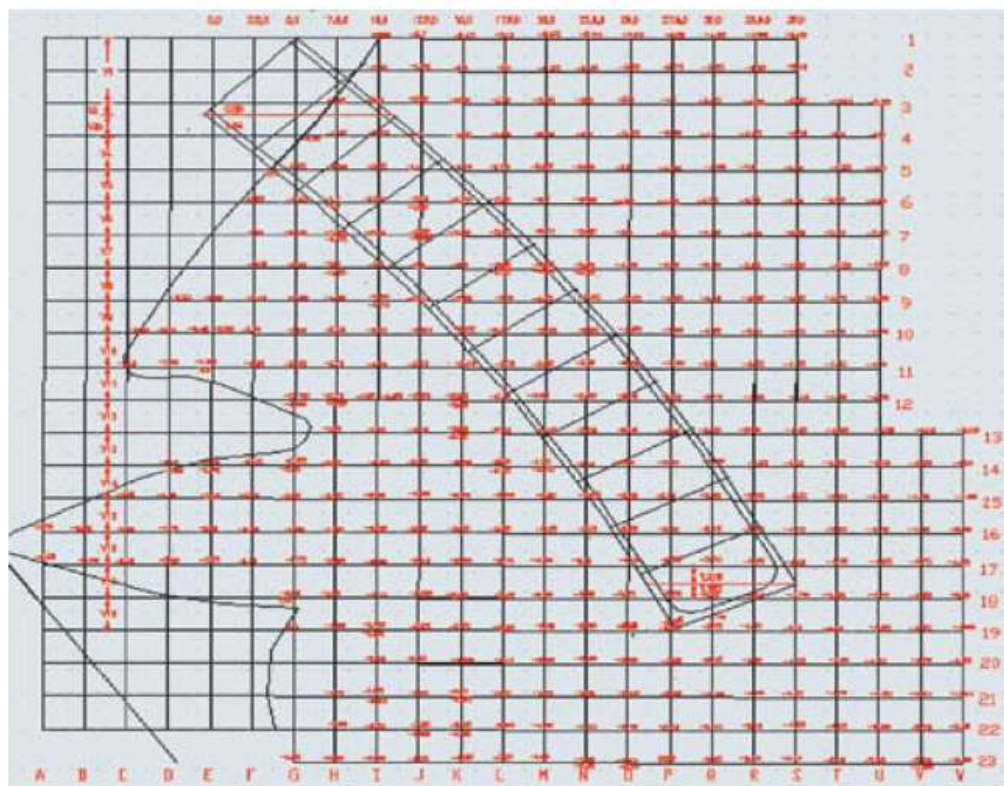


FIGURE 15  
A Class 1 survey used for the payment of the excavation of the same breakwater





# 水深測量的方法

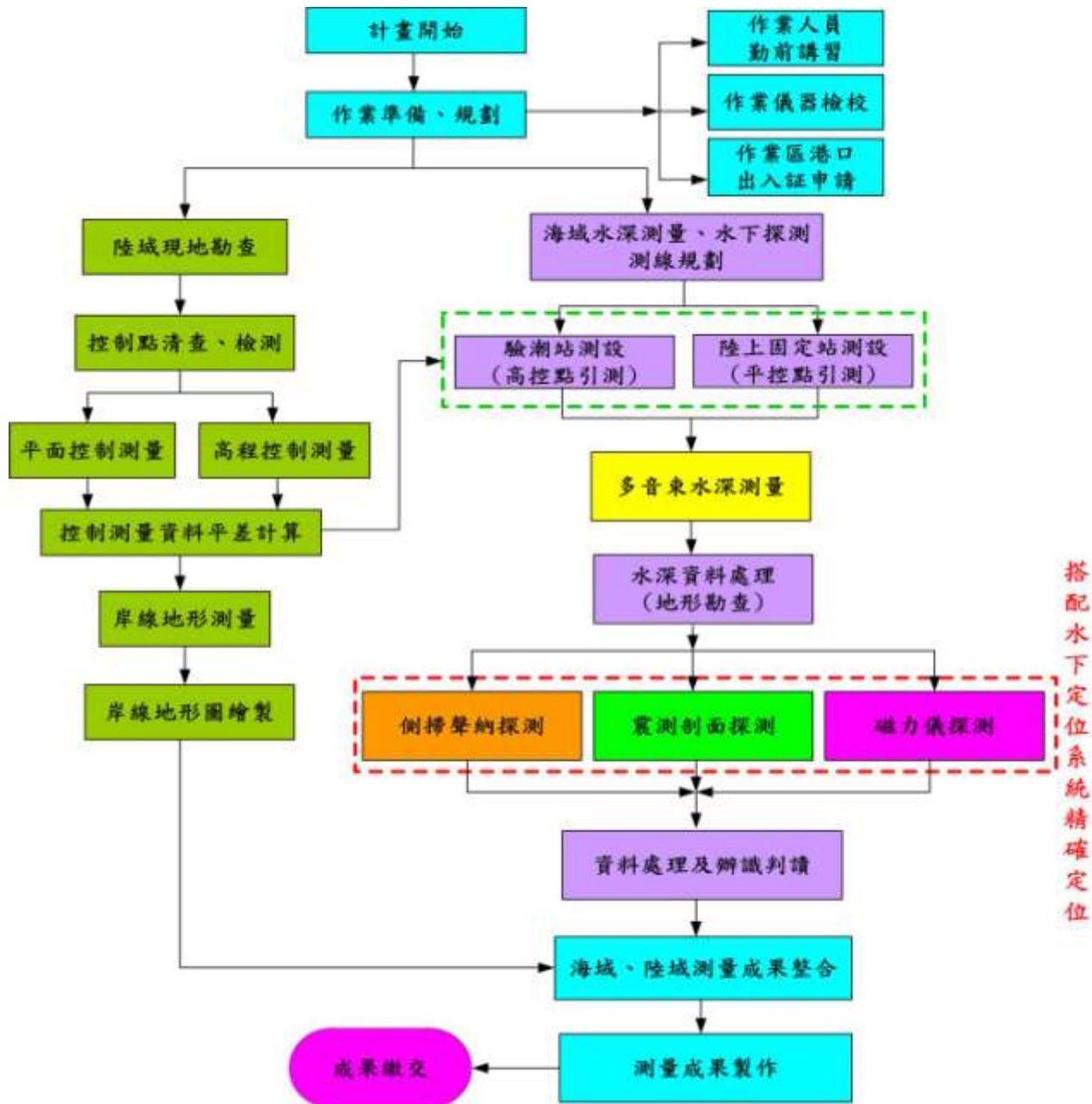
- 水深測量獲得精確水底地形模型所使用的方法包括直接量測（測深桿、測深繩）、聲學（音響測深儀、側掃聲納）、光學（雷射測深）與攝影測量（水下攝影、航測、遙測）等
- 所使用的載具包括船隻、定翼飛機、旋翼飛機與其它非常規載具（氣墊船、水上機車、兩棲登陸車）等
- 我國現行作業方式仍以船載音響測深儀(echo sounder)為多



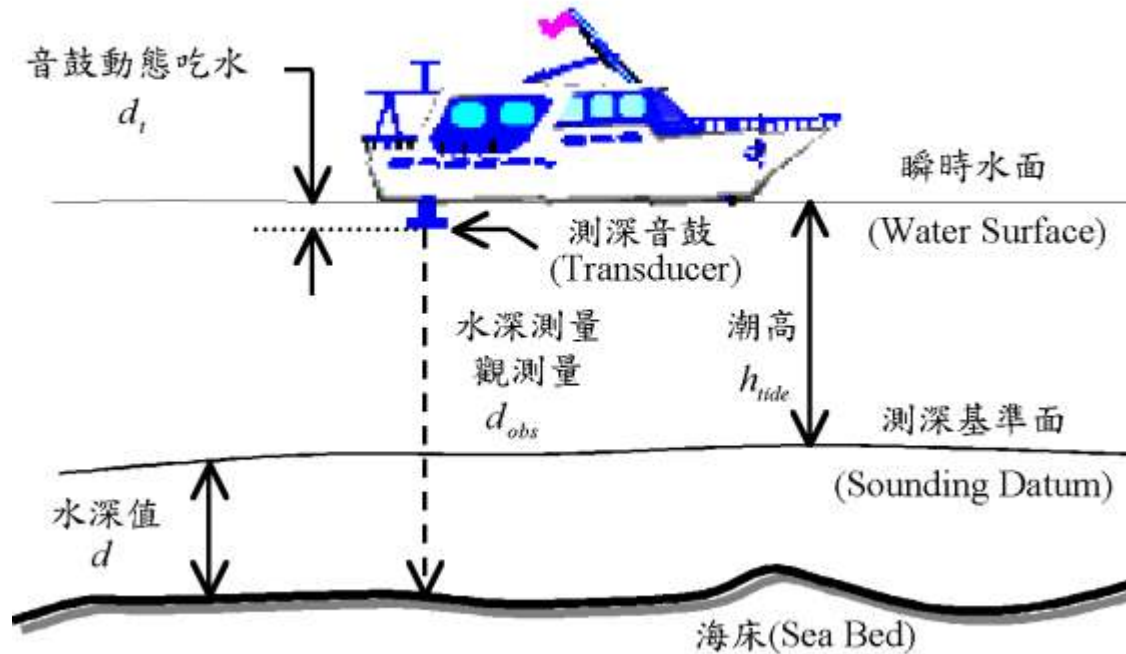




# 水深測量 作業程序



# 音響測深方法



$$d = v \times t / 2 + d_t - h_{tide} = d_{obs} + d_t - h_{tide}$$





# 音響測深原理-1

- 經由測深音鼓(transducer)產生音波，並向水底發射，音波被水底反射後，再被測深音鼓接收，同時亦量測音波自發射至反射後被接收之傳播時間，若可得知音波傳播所經水團之音速，則可將此傳播時間換算成距離，而得到測深音鼓至水底之深度，此即為水深測量觀測量
- 船載音響測深儀之架設，需將測深音鼓沒入水中進行音波收發，此種架設方式將使得測深音鼓與瞬時水面間保持一段間距，稱為音鼓動態吃水(dynamic draft)，音鼓動態吃水加上水深測量觀測量方為瞬時水面起算深度





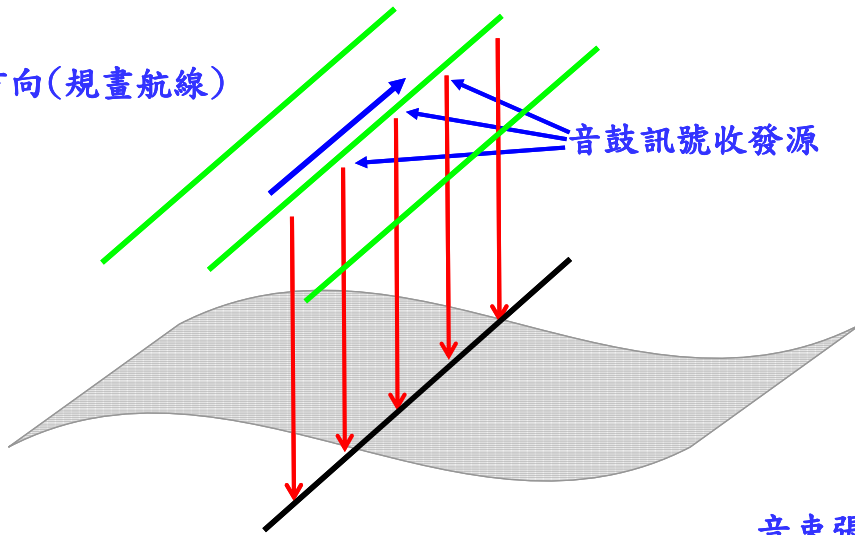
## 音響測深原理-2

- 水深測量所獲得之水底地形模型為水深點（sounding）之集合，水深點之深度稱為水深值，水深值必須起始於同一高程基準
- 由於水深測量在瞬時水面上進行，而瞬時水面會隨潮汐變化而有不同高程，故不能作為測深基準面（sounding datum），須建立一個測深基準面，再將不同時刻所測得的水深規算到該基準面上，此一規算之過程稱為潮汐改正或水面改正
- 在實施水深測量時必須同時進行驗潮，以獲得各時刻之潮高，進而確定測深基準面與瞬時水面之關係，供潮汐改正規算使用



# 單音束與多音束測深

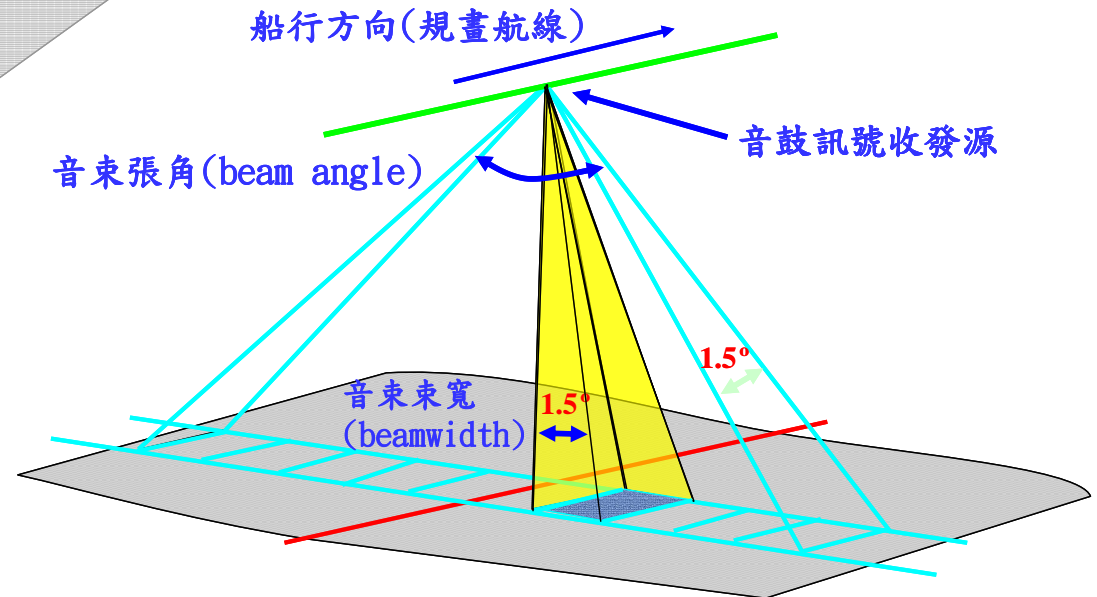
船行方向(規畫航線)



船行方向(規畫航線)

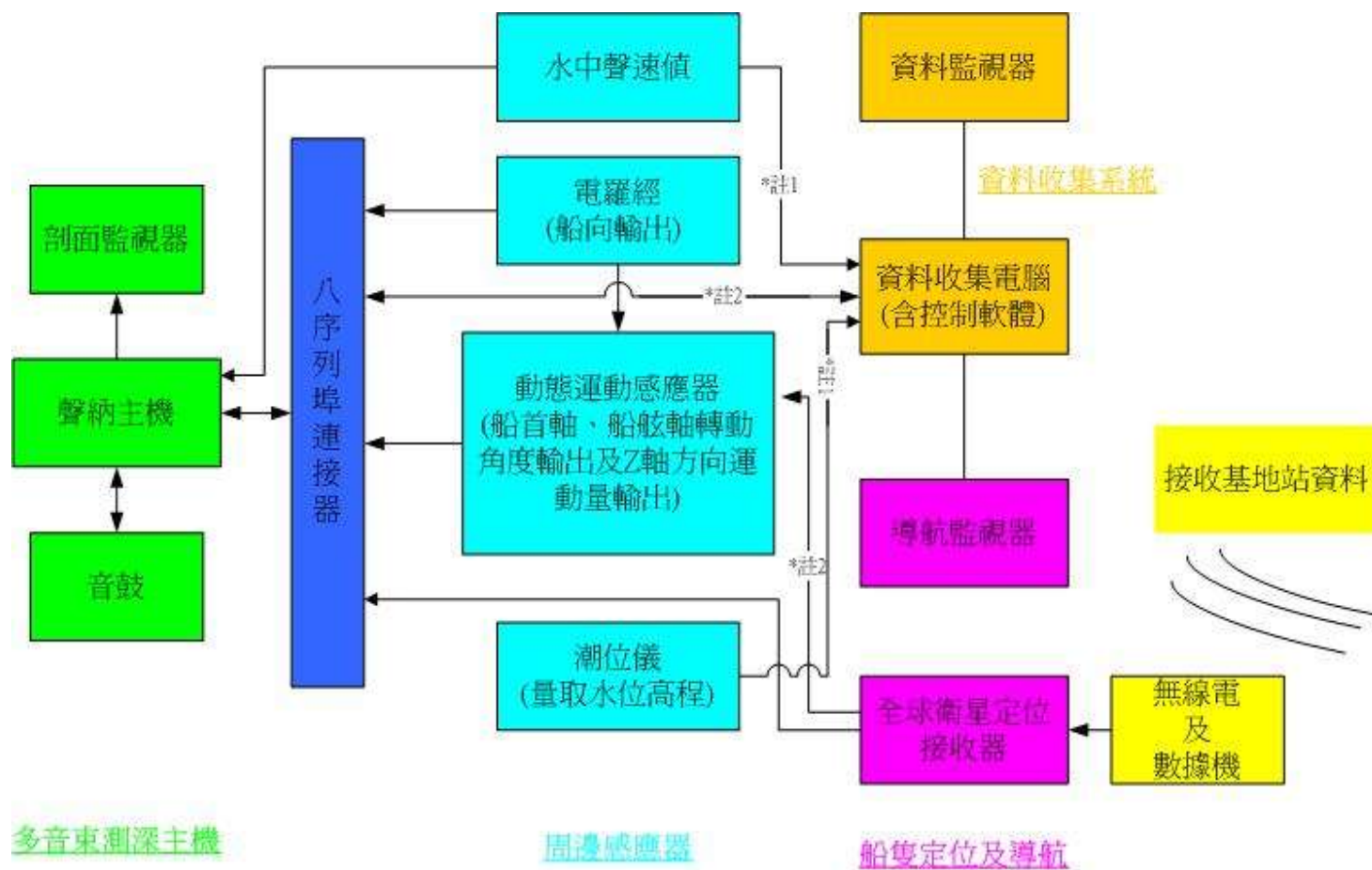
音束張角 (beam angle)

音鼓訊號收發源





# 多音束測深系統架構



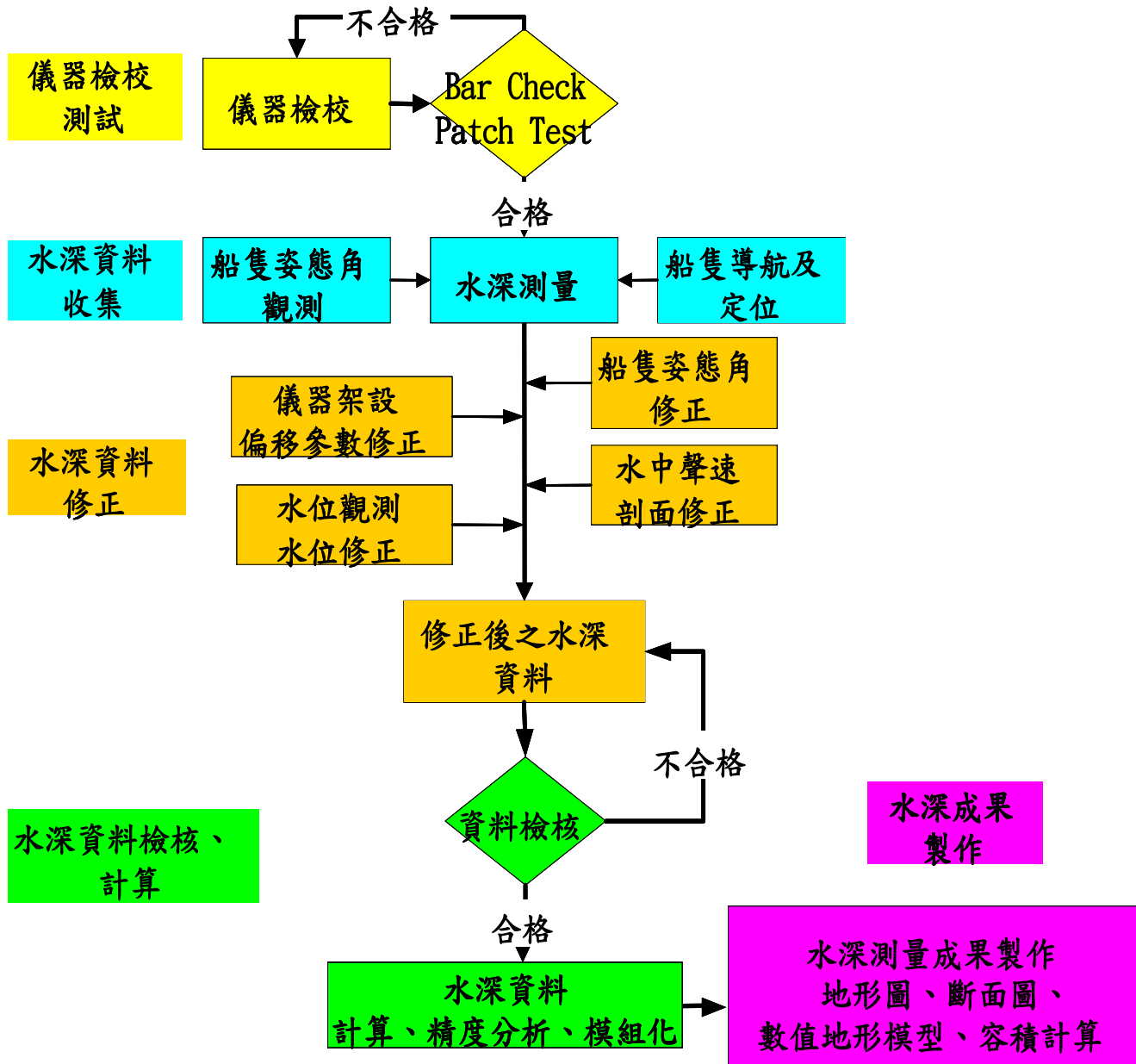
\*註1:此資料可在資料處理時輸入。

\*註2:用以修正船隻轉彎所引起之離心加速度。



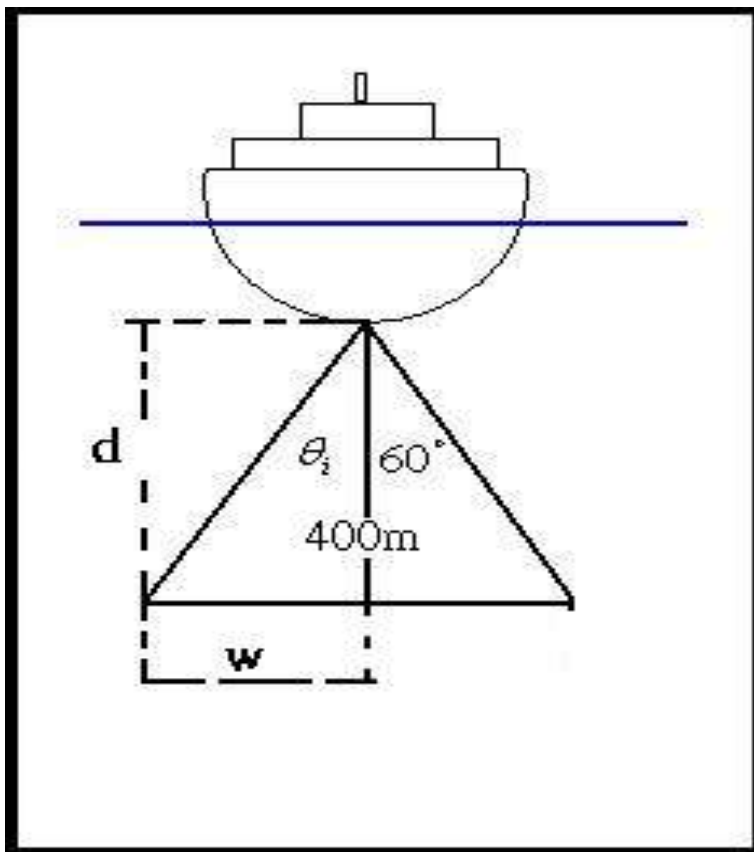


# 多音束測深 作業程序





# 多音束測深觀測量計算



$$w = \frac{1}{2} v \times \Delta t \times \sin \theta$$

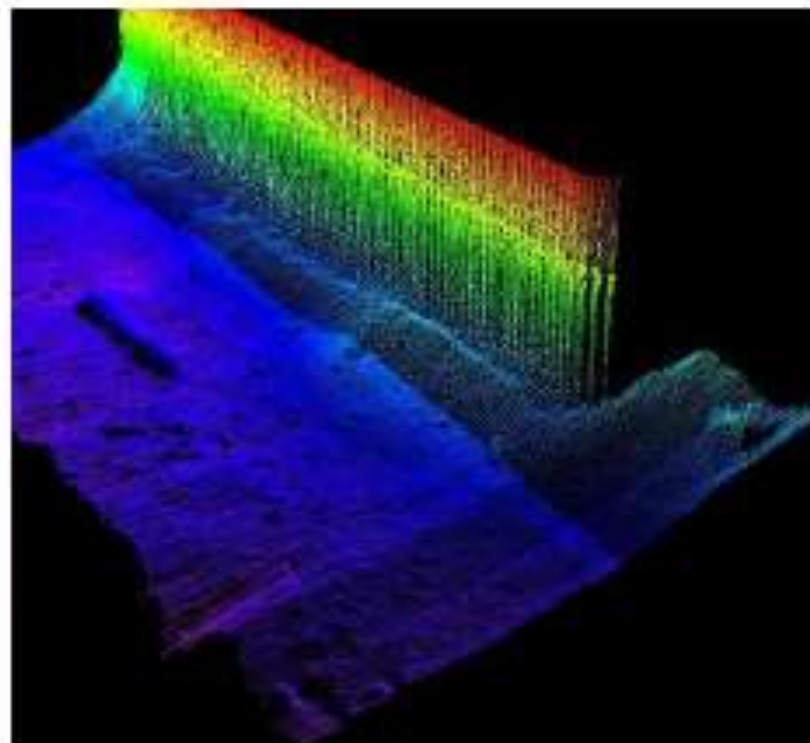
$$d = \frac{1}{2} v \times \Delta t \times \cos \theta$$





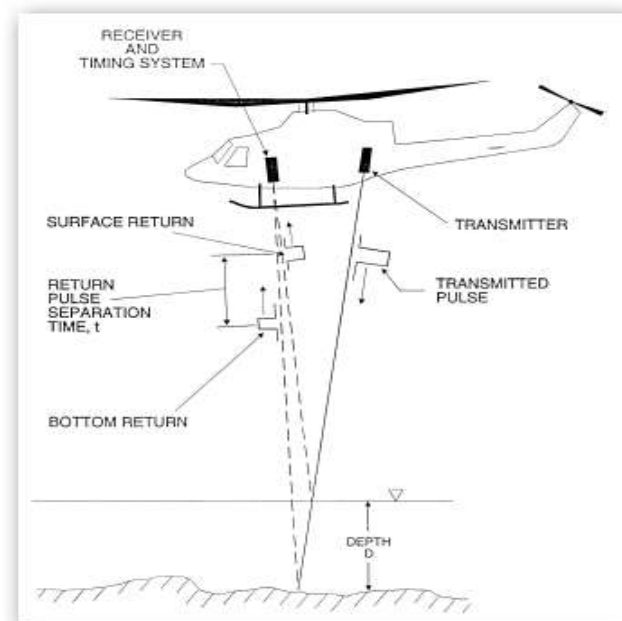
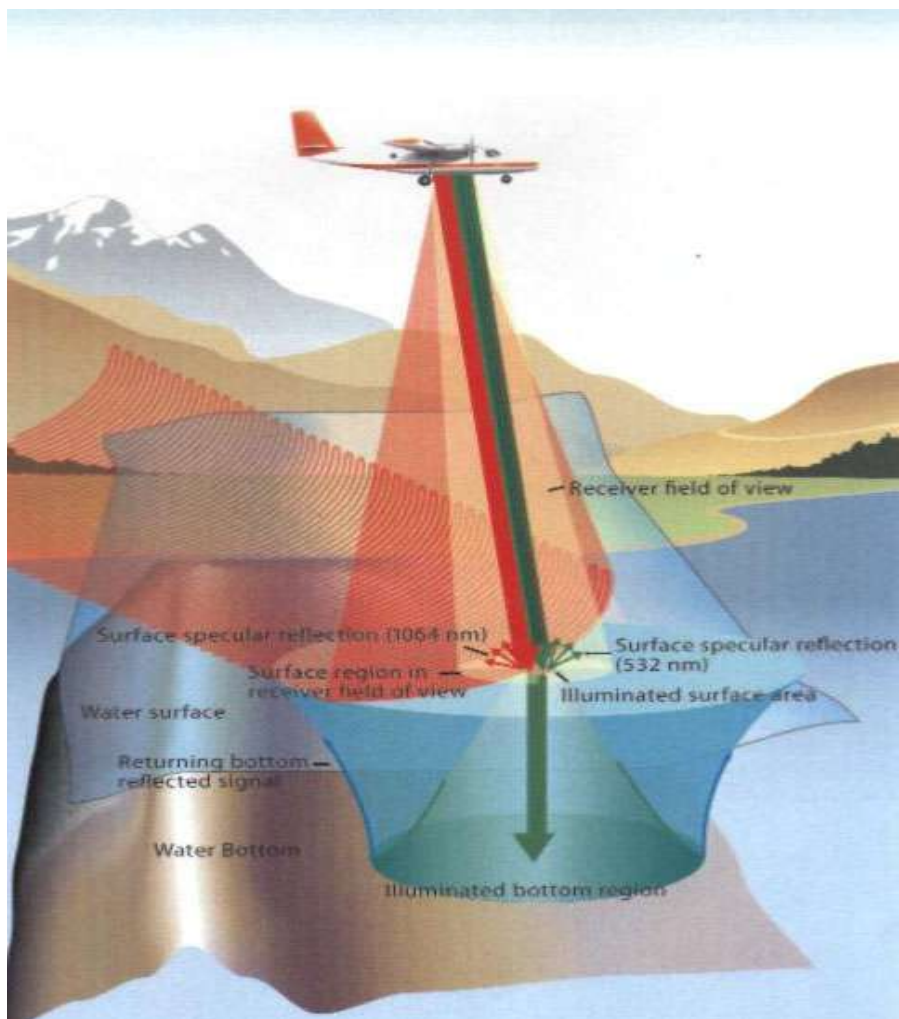


# 多音束測深儀及成果



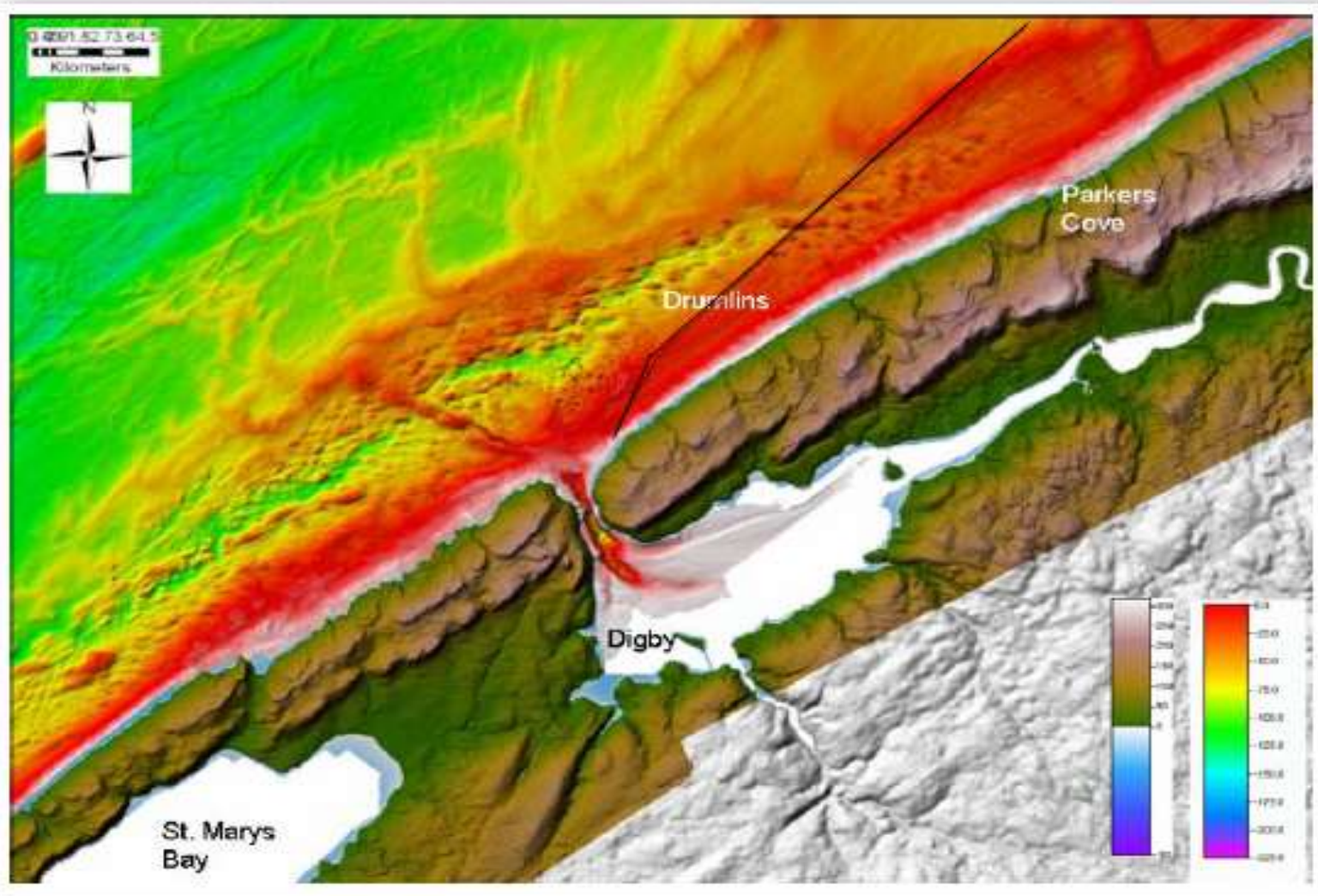


# 測深光達



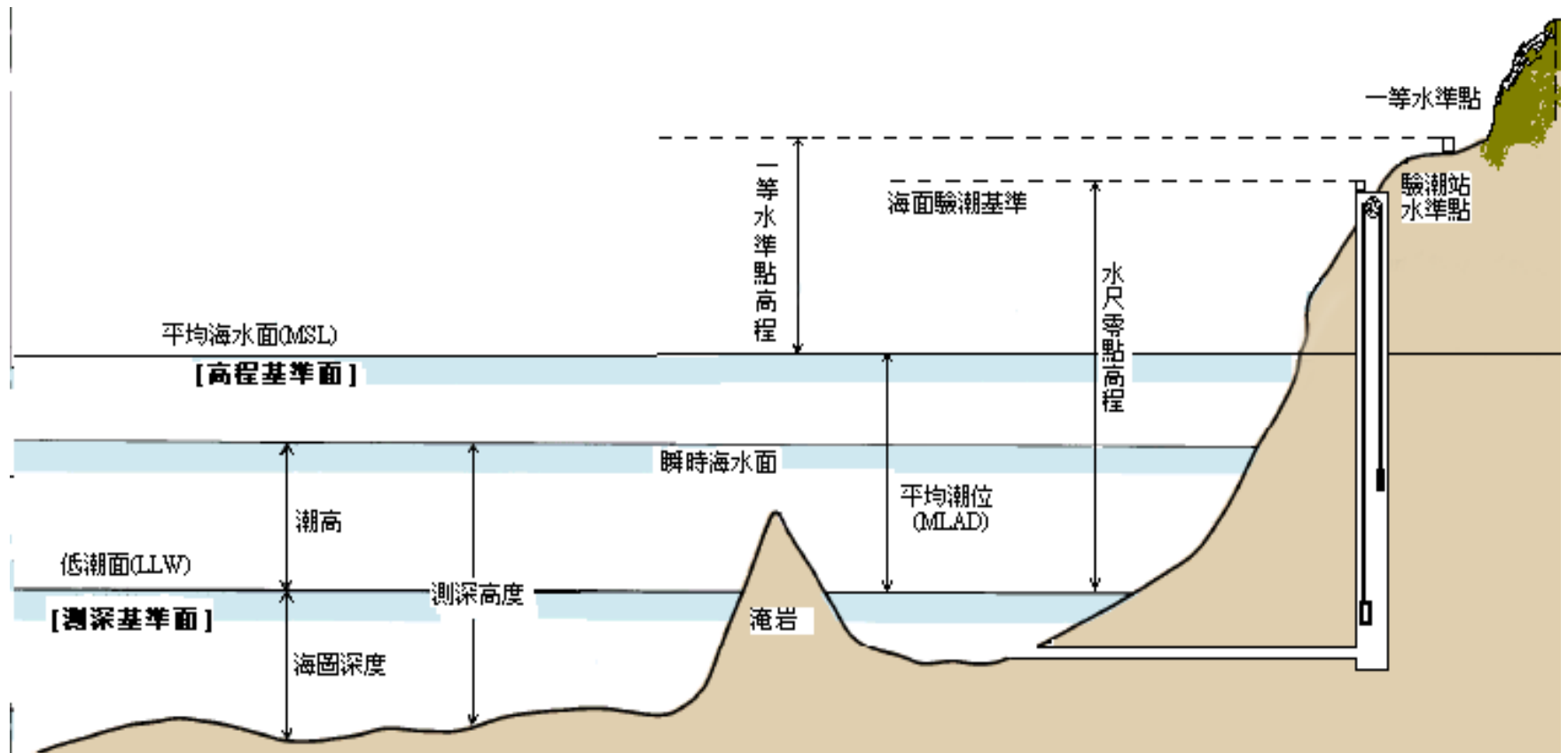


# 光達與多音束整合成果



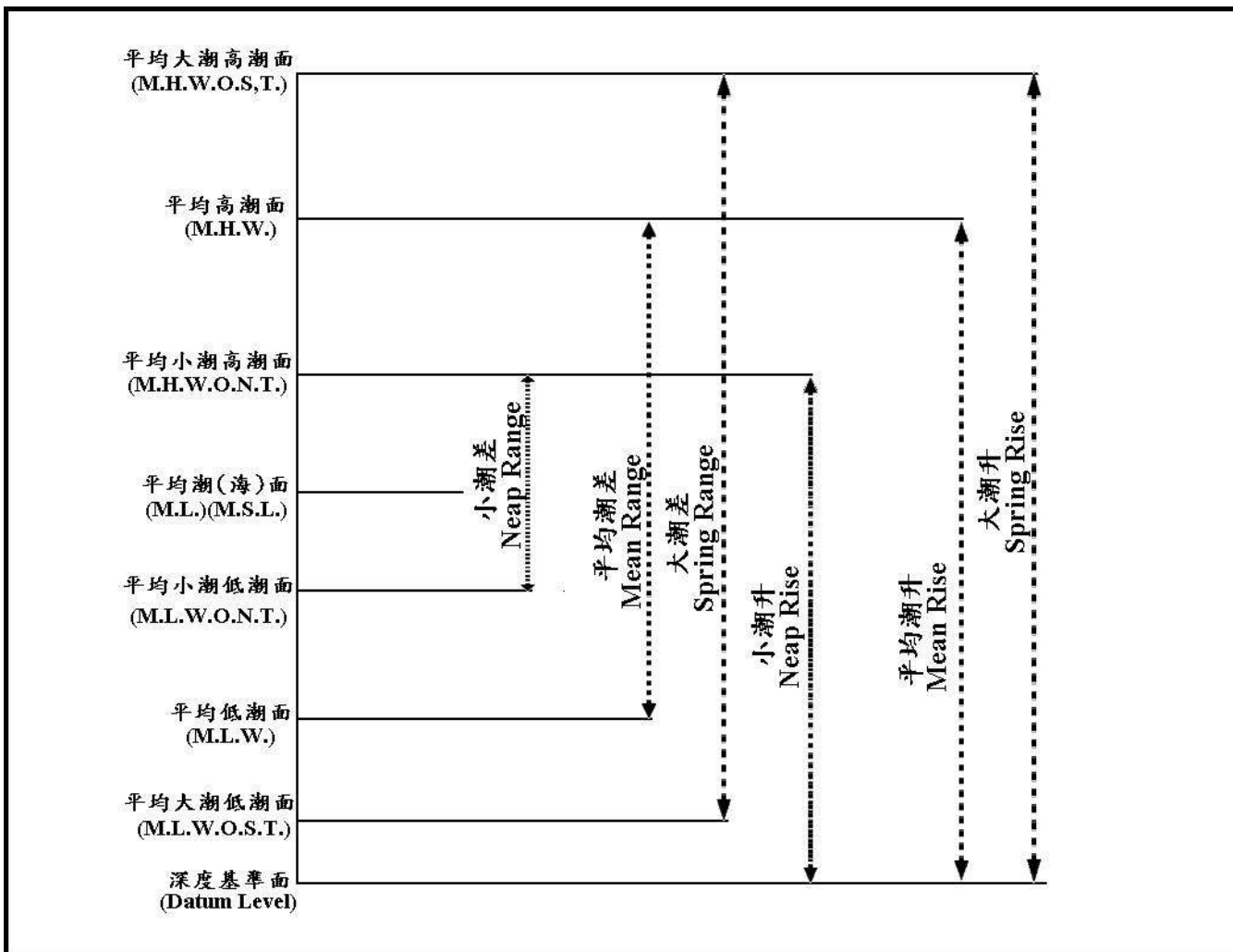


# 海陸高程系統基準面





# 各式潮位面之空間關係



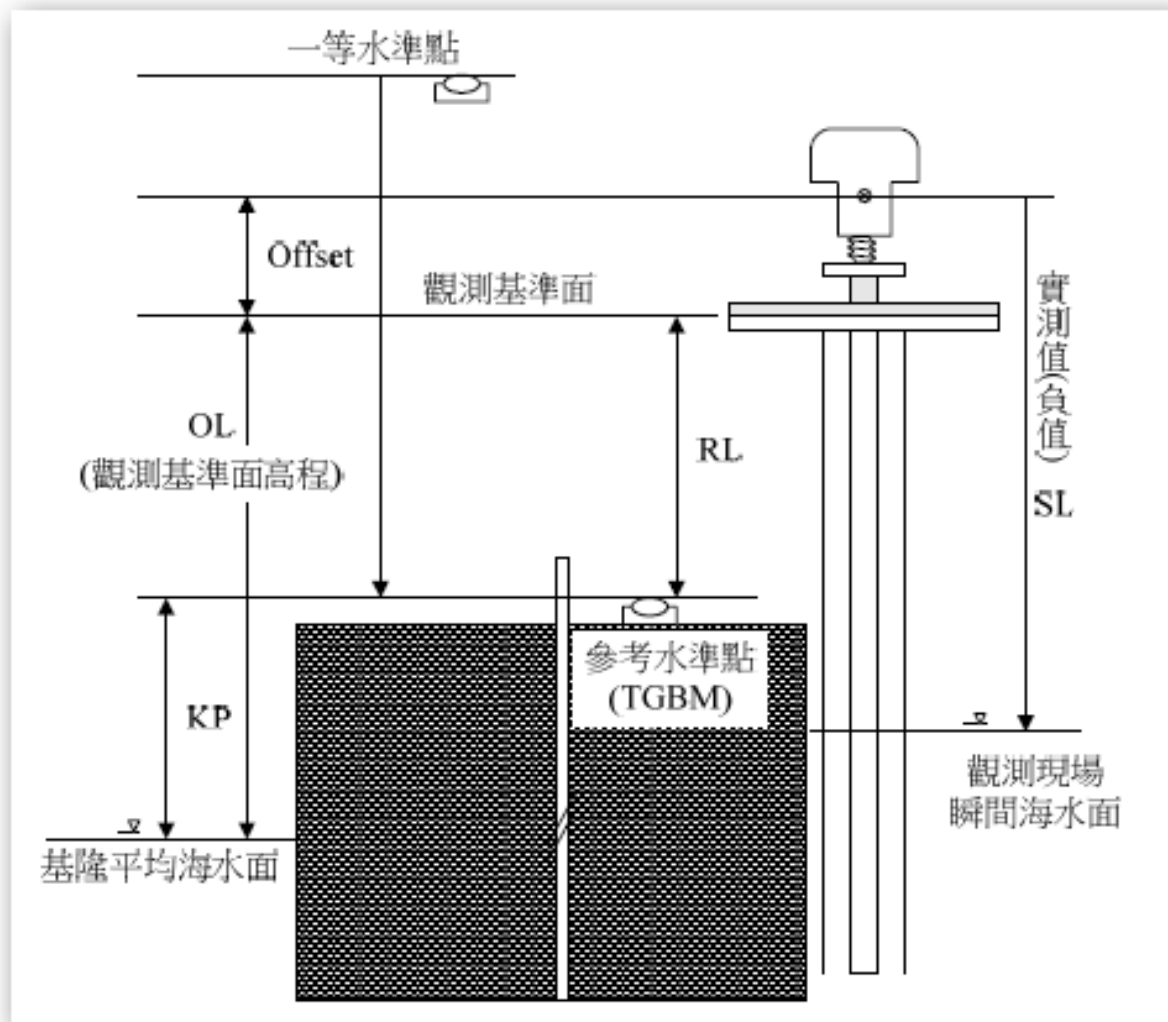
約最低低潮面

$$L = H_{M2} + H_{S2} + H_{K1} + H_{O1}$$



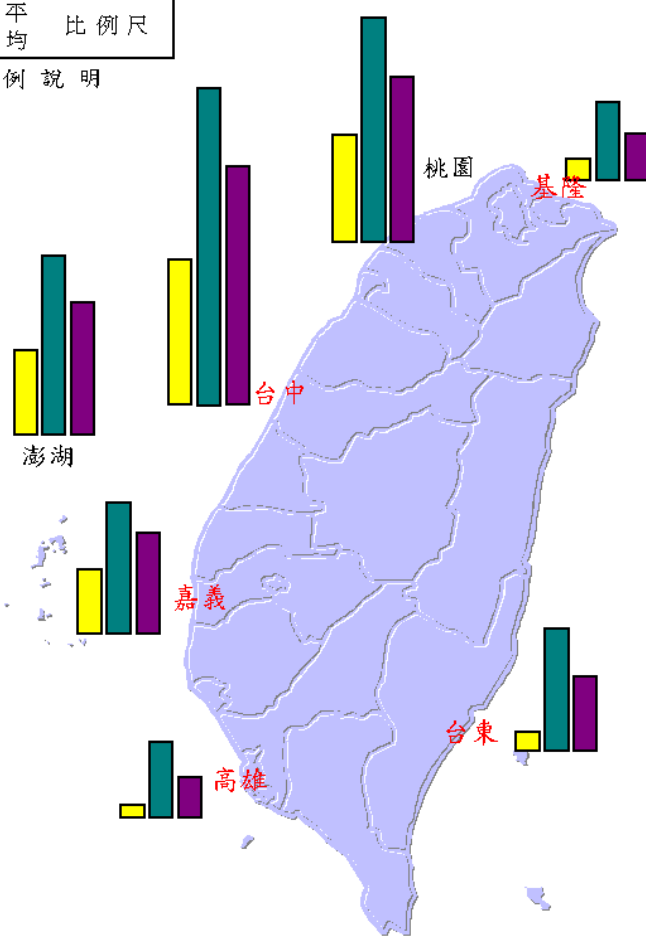
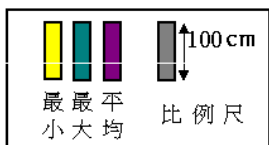


# 潮位站(驗潮站)布置圖

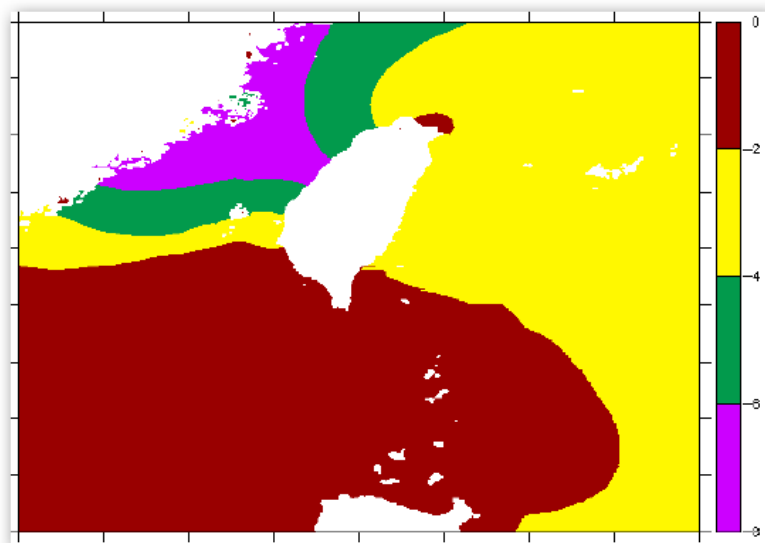
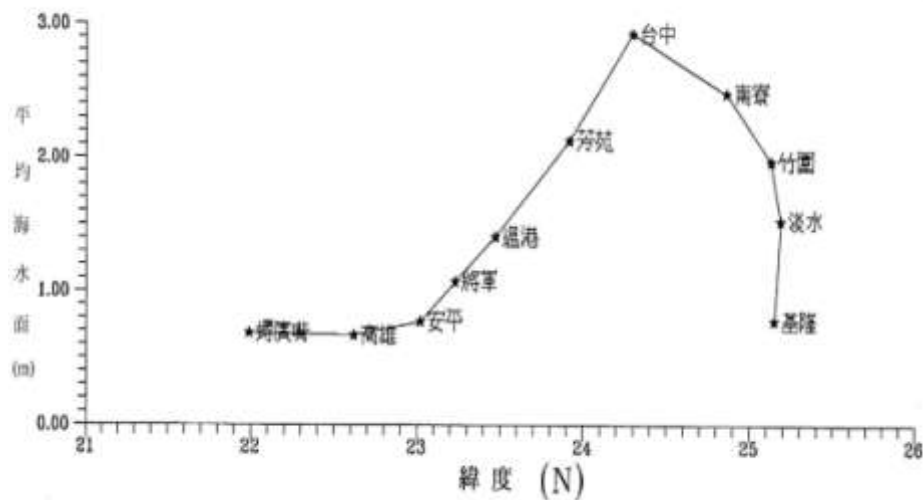




# 台灣沿岸之潮差特性

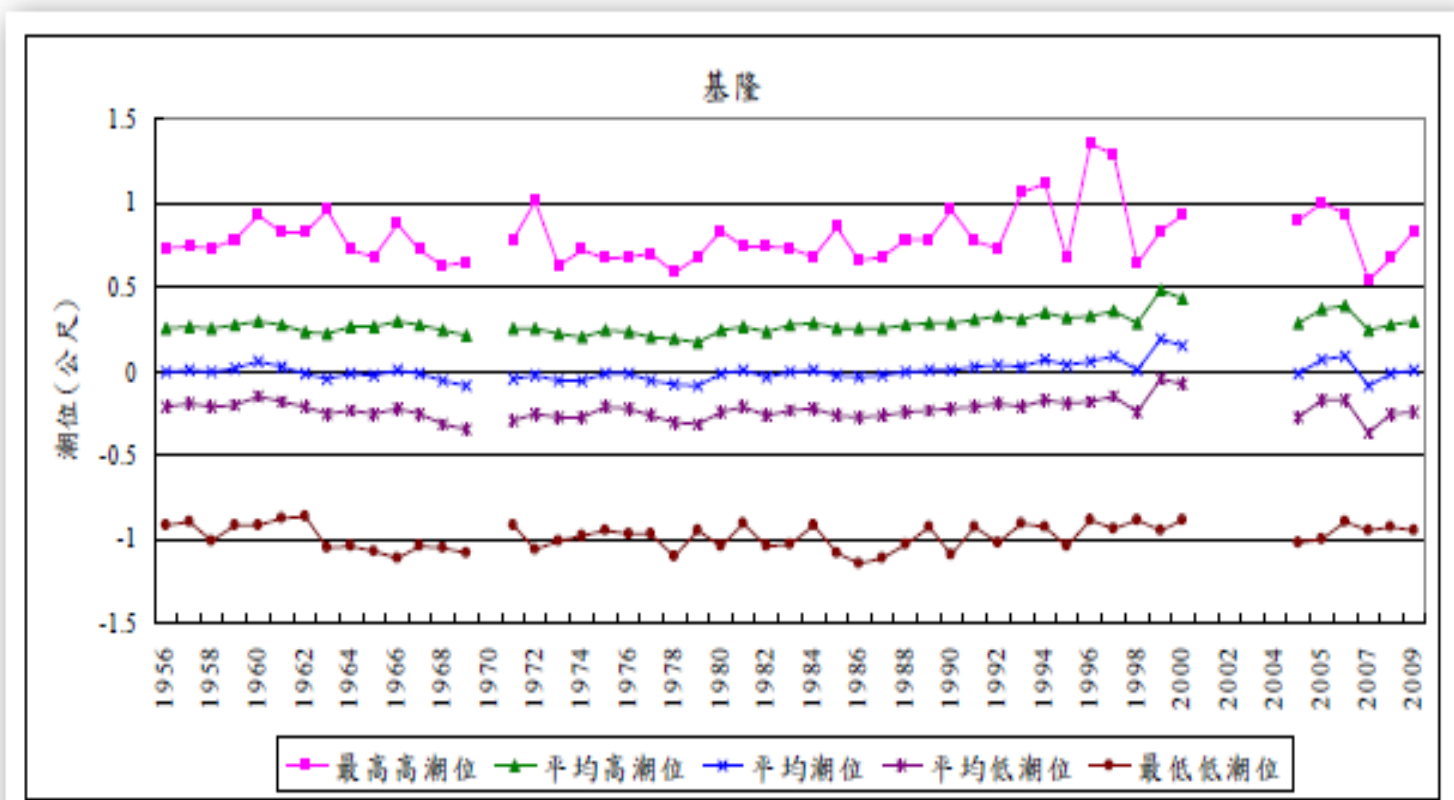
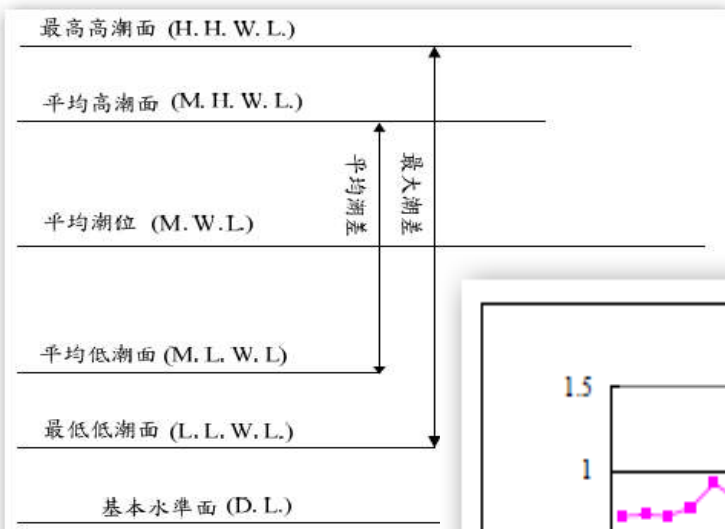


## 台灣西海岸平均海水面高度比較





# 潮位分析



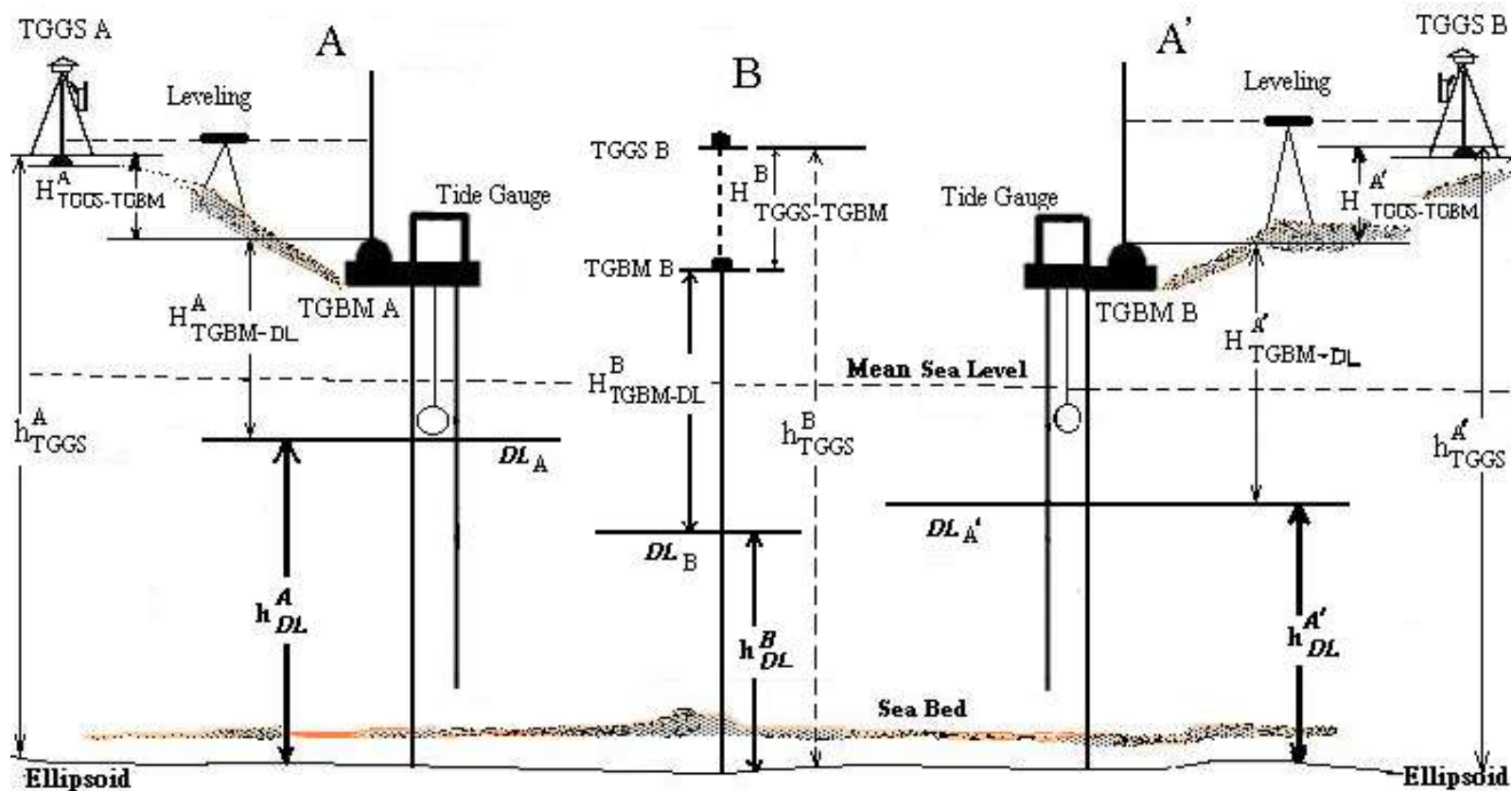






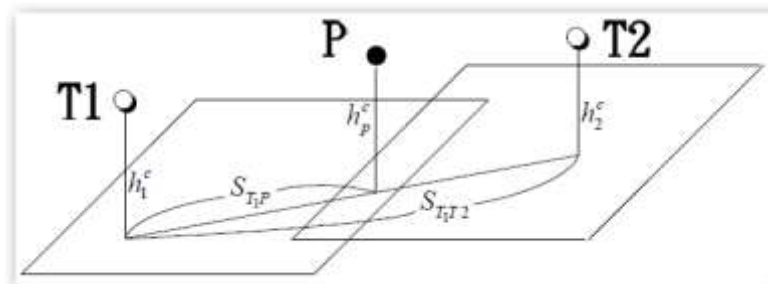


# GPS幾何傳遞法



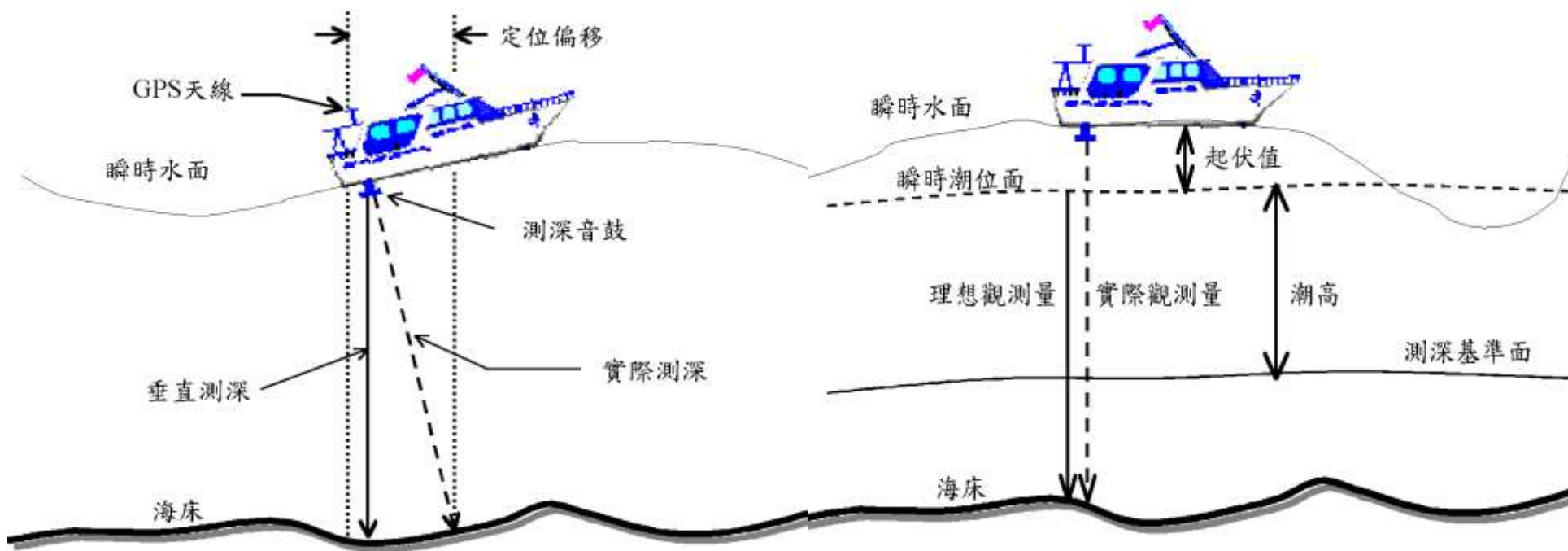
$$h_{DL}^B = \frac{h_{DL}^A \cdot d_{A'B} + h_{DL}^{A'} \cdot d_{AB}}{d_{AB} + d_{A'B}}$$

$$H_{TGBM-DL}^B = h_{TGGS}^B - H_{TGGS-TGBM}^B - h_{DL}^B$$





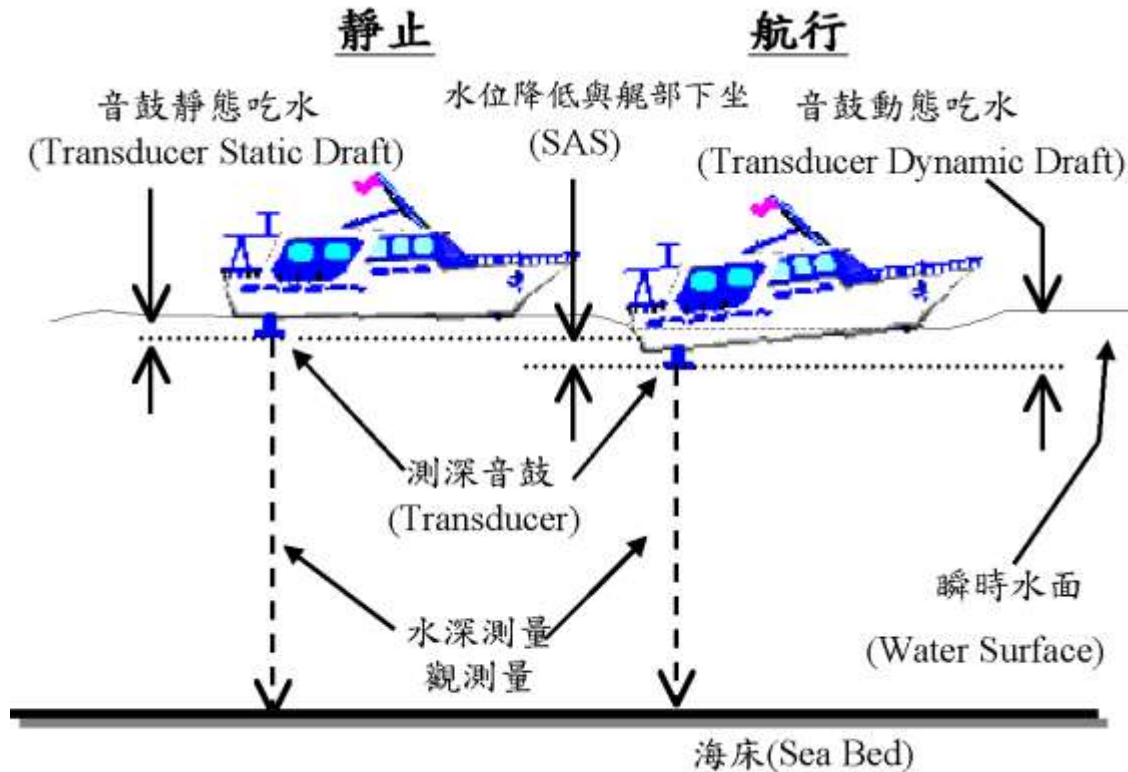
# 姿態角及起伏值



- 當測船擺動或俯仰達 $10^\circ$ 且水深為20 m時，水平位置偏移約3.5 m，深度偏差約有0.3 m
- 上下移位一般約10-20 cm，更可能高達60-70 cm



# 音鼓動態吃水

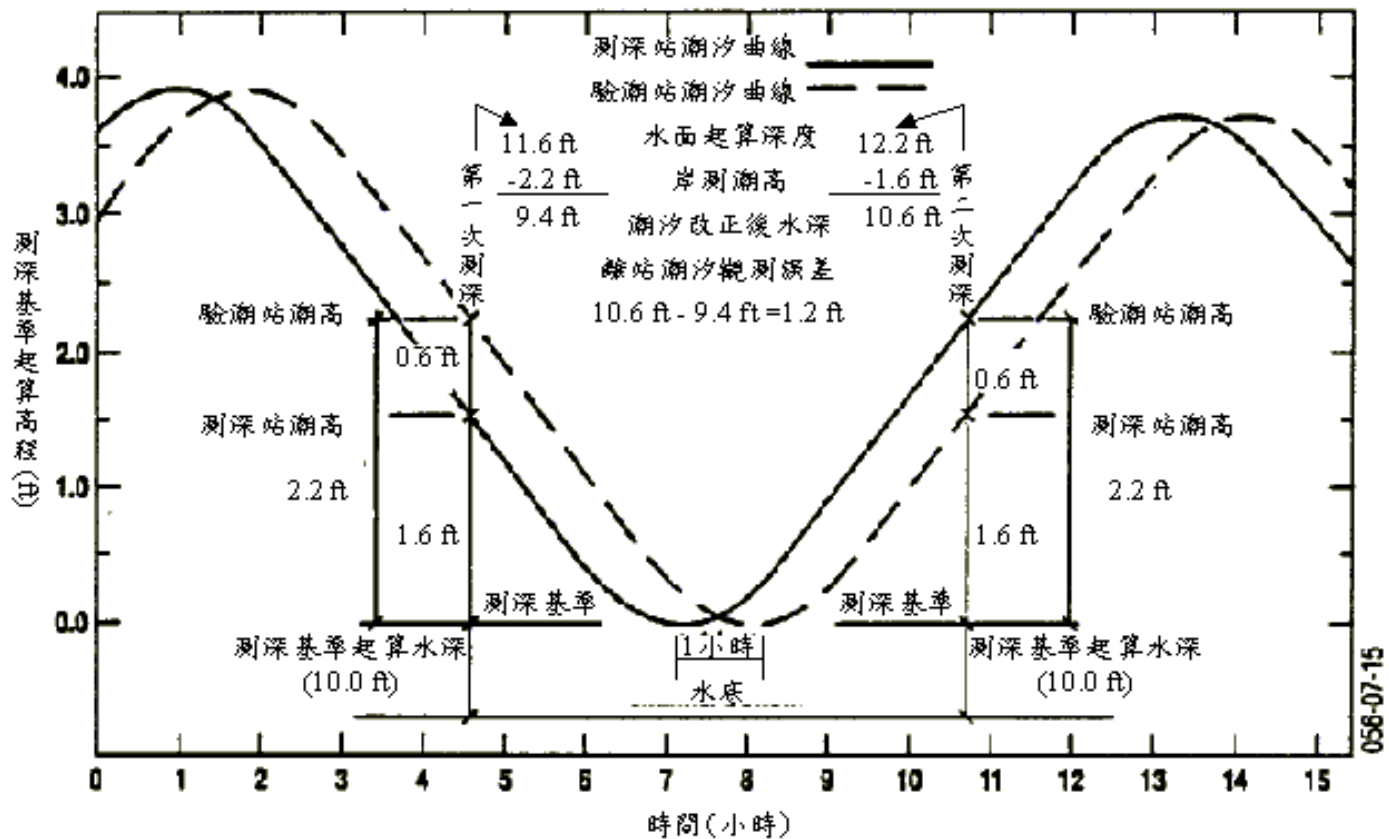


- 靜態吃水與船隻之載重與水之鹽度有關
- 動態吃水與船殼外形、船隻相對於水速度與水深有關





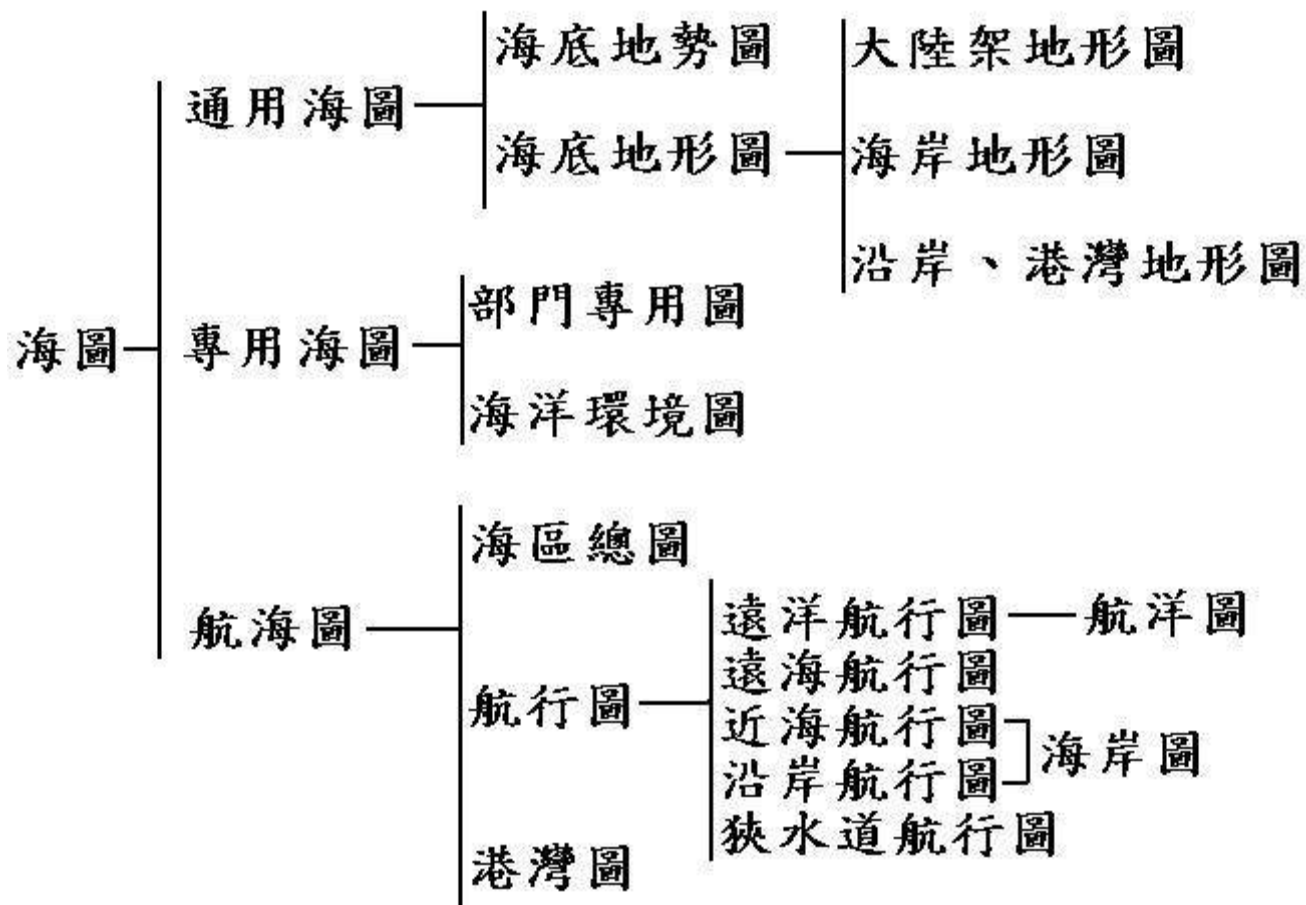
# 離站潮汐觀測



- 因使用驗潮站測得之潮汐曲線而產生之離站潮汐觀測誤差，會在相同潮汐區間內達到36 cm，而在不同潮汐區間內則可達45 cm



# 海圖依用途分類





## 海域基本圖測製目的

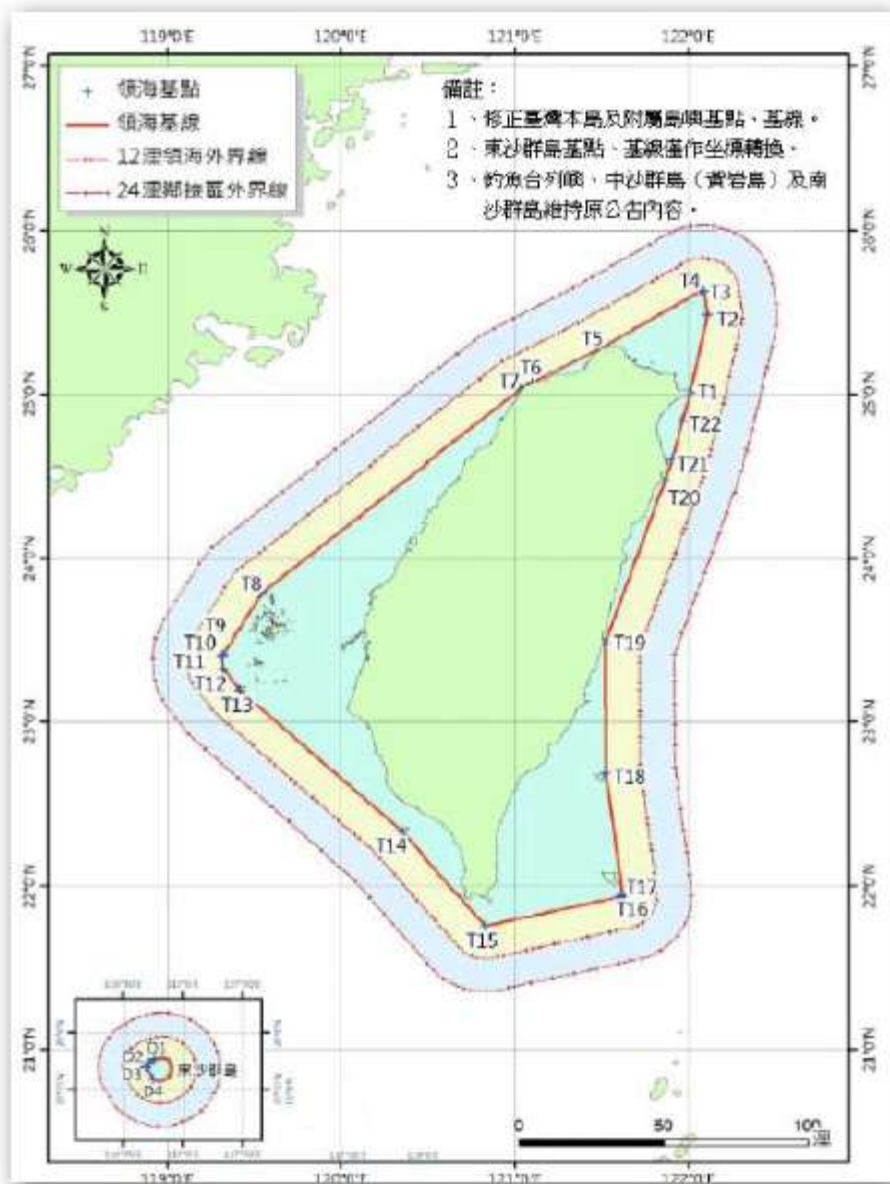
- 延續陸域基本控制測量系統，測繪領海、鄰接區、大陸礁層、專屬經濟海域
- 圖面資訊提供海底地形、領海基線、領海及鄰接區界線、海床特徵等
- 可供國土永續規劃經營、海洋資源開發、減少海事漁業糾紛



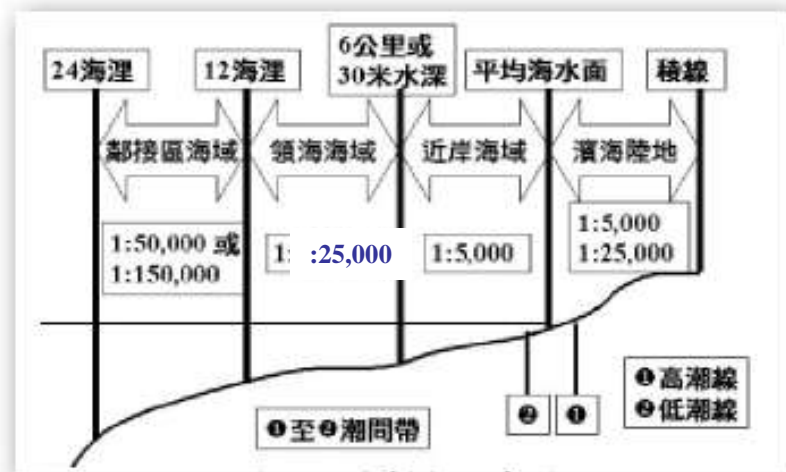




# 領海界限/水域劃分



## 內政部海域基本圖



圖幅: 1.5' x 1.5' (1/5,000)

圖幅: 7.5' x 7.5' (1/25,000)

圖幅: 15' x 15' (1/50,000)





## 海圖基準

- 海域基本圖之大地基準為一九九七坐標系統 (TWD97[2010])，高程基準為二〇〇一高程系統(TWVD2001)。
- 電子航行圖之大地基準為WGS84，深度以當地約最低低潮位面為基準，燈高則以當地約最高高潮面為基準。





# IHO海道測量標準-1

精度等級	特等	1等		2等
		1a	1b	
平面精度 (95%信心區間)	2公尺	5公尺 +5%*水深	5公尺 +5%*水深	20公尺+10%*水深
深度精度 (95%信心區間)	a=0.25公尺 b=0.0075	a=0.5公尺 b=0.013	a=0.5公尺 b=0.013	a=1公尺 b=0.023
全覆式海床搜尋	必要	必要	非必要	非必要
海床特徵物偵測	特徵物大於 1公尺	水深40公尺內, 特徵物大於2公 尺; 超過40公尺,特 徵物大於10% 水深	不需要	不需要

備註：以  $[a^2+(b*d)^2]^{1/2}$  計算統計檢核線成果(95%信賴區間)

a：固定水深誤差； b：從屬水深誤差因子 d：水深（公尺）





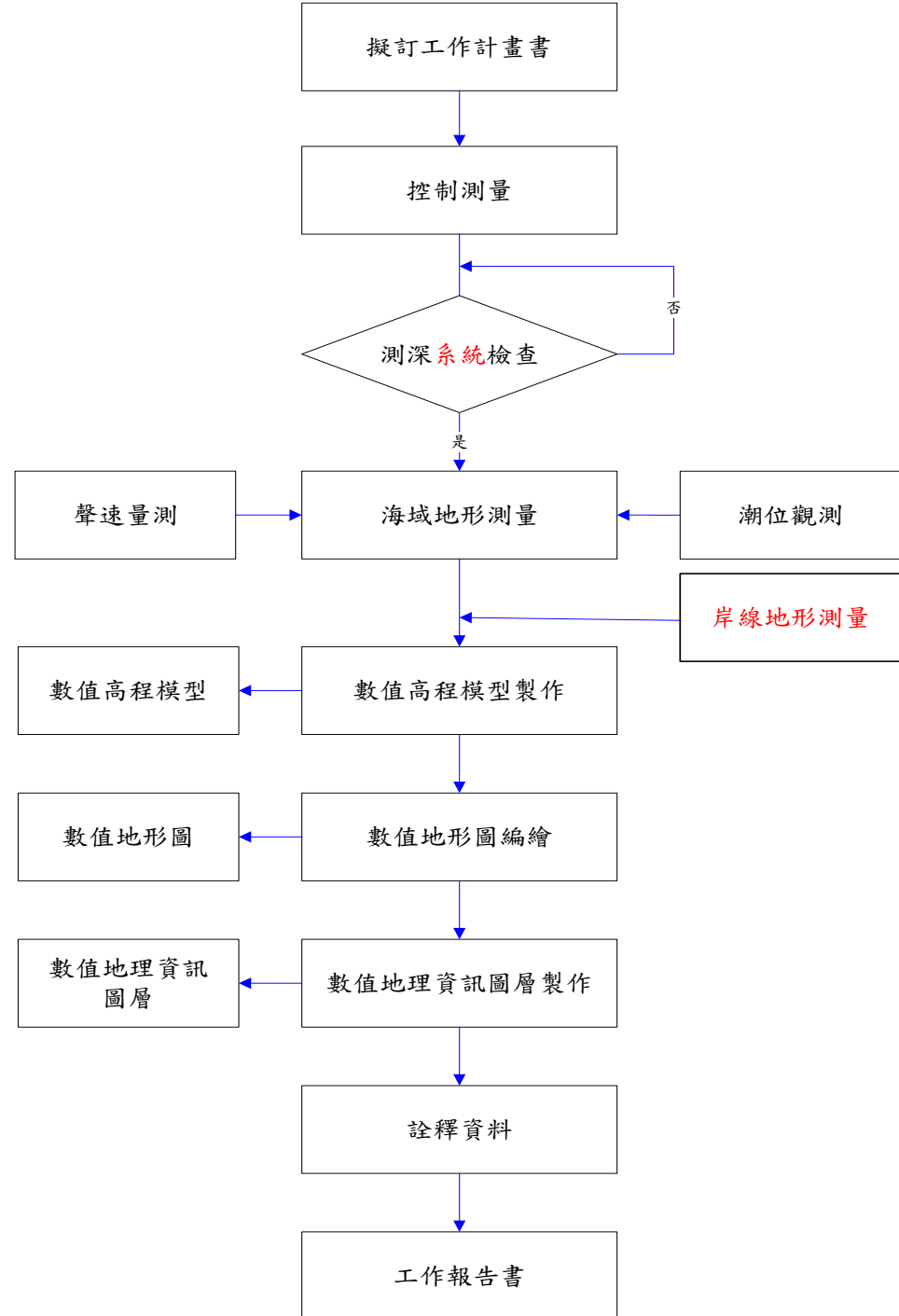
# IHO海道測量標準-2

精度等級	特等	1等		2等
		1a	1b	
固定助導航設施和地形特徵物	2公尺	2公尺	2公尺	5公尺
海岸線和其他地形特徵物	10公尺	20公尺	20公尺	20公尺
浮動的助導航設施平均位置	10公尺	10公尺	10公尺	20公尺
適用水域描述	水深40公尺以內的港區、錨泊區和重要航道等需要船底淨空水域	水深100公尺以內的港區、進港航道、建議航道船底淨空需求較少的水域	水深100公尺以內，沒有船底淨空需求的水域	水深超過100公尺的水域





# 作業程序





## 控制測量

- 平面控制點中誤差小於20公分，高程控制點中誤差小於2公分
- 新設平面控制點以沿岸線每5公里布設1點，高程控制點依潮位觀測站數量布設為原則
- 利用GNSS靜態測量或VBS-RTK檢測兩相鄰已知點位間之平面距離與橢球高差，利用水準測量檢測兩相鄰已知點位間之正高差





# 控制測量

- 平面控制測量可採全球導航衛星定位系統(GNSS)靜態測量，連續且同步觀測至少60分鐘(5秒一筆)
- 或採虛擬基準站即時動態定位測量VBS-RTK，固定解至少180筆(1秒一筆)，間隔60分鐘以上重複觀測
- 直接水準測量測段往返閉合差不得大於 $20\text{mm}\sqrt{S}$





## 測深系統檢查

- 為確保水深測量資料品質，水深測量工作使用之測深系統（單音束與多音束），應於工作展辦前辦理系統檢查及精度評估作業，以確認該系統適用範圍
- 測試區選擇以位於計畫作業區內為原則，其範圍不得小於1,000公尺\*1,000公尺，測線長度應大於200 公尺







# 測深系統檢查

- 單音束測深系統主測線間距為40公尺，垂直測線之交叉測線間距為50公尺
- 多音束測深系統掃瞄角度不得逾120度，相鄰主測線須重疊30%，交叉測線至少3條
- 單音束測深儀以檢校板(Bar Check)檢校零點誤差
- 多音束測深儀應辦理疊合測試(Patch Test)，計算資料傳輸時間延遲、搖擺角、航偏角及俯仰角等音鼓軸系安置角度等





# 海域地形測量

- 海域地形測量係測繪作業範圍地形及特徵物，陸域應測繪至堤防（含堤岸道路）或明確海陸交界處，港區應納入測繪作業範圍
- 一等測深精度適用近岸、領海及鄰接區水深測量工作，二等測深精度適用領海及鄰接區水深測量工作
- 水深測量以多音束測深系統施測為原則，水深不足20公尺可採單音束施測





## 航線規劃

- 單音束測線間距以50公尺至100公尺為原則，測點間距不大於10公尺，每15倍測線間距施測1條交叉測線
- 多音束測深航跡方向上每3公尺或10%深度距離（取其大者）內至少有3個音束（beam）點。有效資料覆蓋率需達110%以上，所有測線至少與交叉測線交錯1次
- 單音束測深區與多音束測深區接邊處，需有100公尺以上之重疊區域





# 定位測量

- 可採RTK或DGPS測量辦理，陸域上至少1個以上控制點並進行坐標檢核
- 船上衛星定位儀天線與測深音鼓應儘量安置在同一垂線位置上
- 特等或一等測量應紀錄GNSS完整性監測狀況，系統不適用時應及時警告
- 水深點之深度資訊應記錄橢球高、正高及最低低潮面系統之深度





# 水深測量

- 水深測量應全程配置姿態儀（或湧浪補償器）
- 設立臨時潮位站，埋樁並引測已知水準點，作業時全程架設自錄式潮位儀，或採用已設置之潮位觀測資料，唯需經高程連測比對，取樣間隔不大於6分鐘1筆
- 每日水深測量作業區域中，於深水區作1次以上聲速量測





# 岸線地形測量

- 可採航遙測或其他測量方式補測
- 作業範圍內所有的固定或浮動助航設施、明顯陸標（如風力發電設施、焚化爐煙囪）均須測繪
- 固定或浮動助導航設施、海岸線、地物等定位精度應符合要求





# 資料計算

- 定位資料處理
- 潮位改正
- 姿態改正
- 聲速改正
- 系統時間延遲
- 合併位置與深度
- 分析返回信號(以振幅的時間序列檢查測深的有效性、雜訊資料剔除)





## 水深資料檢核

- 單音束測深區域；統計主測線及交叉測線之交錯位置最接近點位之成果較差量
- 多音束測深區域：測掃區域應有1重疊區2測線之內差網格為5公尺+5%水深值，比較兩成果平面位置相同點位之測深成果較差量
- 單音束及多音束測深重疊區域：以多音束網格資料為基準，網格大小為單音束有效束寬涵蓋底床範圍，比較單音束原始測點高程與相同位置網格高程較差量







# 海域基本圖繪製

- 近岸海域：製圖比例尺為五千分之一
- 近岸至領海海域：製圖比例尺為二萬五千分之一
- 鄰接區海域：製圖比例尺為五萬分之一





# 地理資訊圖層製作

- 進行圖形轉檔、圖形整理、分層處理、位相關係建立、圖元編碼、屬性欄位建置、屬性建檔編修，將基本圖轉置GIS資料格式





## 數值地形模型製作

- DTM為水下地形或地表最上層覆蓋物(含海底管線、漁礁、人工建物及植被)表面的模型
- DTM高程點之分布採規則方格網，網格間距分5、10、20、50、100、250製作，且應量測地形特徵點、地形特徵線及地形斷線等資料





# 詮釋資料製作

- 依據內政部國土資訊系統之「地理資訊詮釋資料標準」(Taiwan Spatial Metadata Profile ; TWSMP)相關規定填寫各項成果之詮釋資料
- 利用內政部「詮釋資料建置系統」針對詮釋資料資訊等類別按規定之項目填寫

