



技術報告



自記式潮位站設置：東沙經驗

The Implementation of Self-Recording Tidal Gauge: the Dongsha Experience

史天元¹ 薛憲文² 陳雅信³ 陳杰宗⁴ 陳佳勳⁵

摘要

自記式潮位站為快速蒐集潮位資訊之一種方法，其設置環境要求較連續式潮位站為低，因此設置成本亦較低。本文報告民國九十八年於東沙設置與操作壓力式自記式潮位站之一年來經驗，以為未來相關業務參考。本文分別就儀器與設置、維護與操作，陳述心得。就所犯錯誤、儀器特性與限制、以及所發現之各項疑點，條列說明。其中，並針對所用之潮位計，時間設定與其內部計時器誤差，以操作數據分析。本案所使用之兩具潮位計，均呈現約一天慢分一秒之現象，其鐘錶誤差遠大於該儀器所標稱之規格。

ABSTRACT

Self-recording tidal gauge provides an efficient way of collecting tidal information. It is more adaptive to the environment and usually no construction is required. Therefore, the budget required for installation is relatively lower than the continuous tidal gauge station. This report summarizes what learned from the installation and operation of Dongsha self-recording pressure type tidal gauge in the past one year. Instrument characteristics and limitations are also documented. Among these, the time setting accuracy and the internal clock error are analyzed with the downloaded data during the operation. For two sets tidal gauge used in this study, both presented clock delay. The delay rate is about one second a day. This figure is somehow much larger than the nominal specification made by the manufacturer

¹ 交通大學防災工程研究中心教授

² 中山大學海洋環境及工程學系副教授

³ 交通大學防災工程研究中心研究工程師

⁴ 內政部地政司科長

⁵ 內政部地政司科員

一、前言

自記式潮位站僅需一適當之潮位計，與固定裝置，故而其設置快速，為蒐集潮位資訊之一種經濟且有效率方法。其設置環境要求較連續式潮位站為低，無須外接電源及訊號線，記錄器內建於潮位計中，因此與連續式潮位站相較，設置成本亦較低。但是，自記式潮位站需要定期維護、下載數據，無法即時獲得觀測量，其儀器觀測精度亦受限，加上需自水中取出與再安裝，此一過程亦可能造成高程基準的改變，是為其缺點。若以觀測原理而言，自記式潮位計多以壓力感測方式設計，此亦為本研究中所採用之潮位計型式。

本文報告自民國九十八年五月於東沙設置壓力式自記式潮位站，與其後操作之一年以來的經驗，以為未來相關業

務參考。本自記式潮位站設置之最初目的，為配合海底地形測量，以結合聲納測深資料，進行潮位修正，產製潮位高系統海底數值地形模型（海管處，2009）。而本站在測深案結束後，持續維護之目的，為蒐集獨立潮位觀測資料，以為連續式潮位站觀測資料之比對。由於前後運作目的不同，操作方式亦有所改變。本文分別就儀器與設置、維護與操作，陳述心得，而並非分析潮位資料，以解算分潮，或求取潮位基準。

二、儀器與設置

東沙島位於南海北部海域，距高雄 240 浬、澎湖 230 浬，呈蟹鉗狀，古有「月牙島」之美稱。東沙自記式潮位站設置於東沙碼頭，為面向環礁內側，現地關係位置，如圖一所示。由於面向環礁內，該處通常風浪較小。



圖 1、東沙自記式潮位站

壓力式潮位計為觀測水壓力，轉換為深度，以達成潮位變化觀測之目的。但是，水中感測到之壓力並非完全是壓，大氣壓力變化亦會影響水中觀測壓力之改變。因此，連續式壓力式潮位計

如 Druck 1830 設計上包含大氣修正機制。而自記式壓力式潮位計如 SBE-39TP 則無此功能，因此若欲獲得較佳之潮位觀測精度，最好同時觀測大氣壓，並自行修正之。壓力與深度之關

係，亦受鹽度、溫度之影響。但是影響幅度小，本研究中水深小於 3m，因此可略。此外，SBE-39TP 內部 CPU 已將溫度對壓力之影響，包含平移與尺度，列入補償對象(Shahan, A, 2010，個人連絡)。

SBE-39TP 旋開外殼後內部如圖二(a)所示，其防水功能依賴於圖二(a)下方之兩具 O 型環。使用 RS-232 規格與電腦連接，伴隨儀器之附件中包含傳輸線，由儀器內訊號接頭連接至 RS-232，如圖二(b)。傳輸線除 RS-232 接頭、潮位計接頭外，另有一電力線，可連接備用 9V 電池。當潮位計上之電池移除或消失功能時，將以備用電池供電。但若潮位計上之電池仍可運作，備用電池則沒有作用。系統不會選擇由電壓較高者供電，而 SeaBird (2009b)所稱以較高電壓者供電敘述乃為針對選購具有另一型外接電源者。

由於目前桌上型與筆記型電腦，大

多已經不提供 RS-232 接頭，故需使用 USB 轉接線，如圖二(c)。SBE-39TP 外觀可參考圖三。需注意的是，USB 轉接線需安裝驅動程式，而且不同品牌程式不同。在本案操作過程中，99 年一月間曾發生一次 USB 轉接線故障者，而備品之品牌不同，孳生不少困擾。但是自從該次以後迄今五次操作，USB 轉接線均運作正常。由於 USB 轉接線上多無標誌，建議備品保存於原封裝中，與程式安裝 CD 置放同處。

SBE-39TP 具有觀測溫度與壓力之功能，本案使用之型號，最大水深為 20m。因有溫度、壓力兩個感測器，故有兩組率定參數，儲存於儀器 EEPROM 中。每次下載溫度與壓力率定參數均會列於下載檔案之檔頭中。本研究共使用兩具 SBE39-TP 型自計式潮位計，其序號分別為 3943736-1985，與 3956922-4915。為敘述簡便，以下簡稱 1985 與 4915。



(a) SBE-39TP 內部



(b) 傳輸線



(c) USB 轉接線

圖 2 SBE-39TP 自記式潮位計

4915 號儀器之採購獲得時間為民國
99 年三月，率定值如下列：

- * SBE39 V 3.1b 04915
- * temperature: 24-nov-09
- * TA0 = -2.028545e-04
- * TA1 = 3.186938e-04
- * TA2 = -4.993970e-06
- * TA3 = 2.160801e-07
- * pressure S/N 2767089, range = 44 psia:
09-jul-09
- * PA0 = 5.329701e-03
- * PA1 = 2.058841e-03
- * PA2 = -2.355989e-10
- * PTHA0 = -7.765958e+01
- * PTHA1 = 4.852461e-02
- * PTHA2 = -3.126545e-07
- * PTCA0 = 4.732847e+01
- * PTCA1 = 1.107229e+00
- * PTCA2 = -4.420927e-02
- * PTCB0 = 2.509838e+01
- * PTCB1 = -1.325000e-03
- * PTCB2 = 0.000000e+00

另具 SBE-39TP：1985 號儀器之率
定時間亦為 2009，為二、三月間。

- SBE39 V 2.2 01985
- * temperature: 03-mar-09
- ...
- * pressure S/N 8326, range =
44 psia: 27-feb-09

根據 SeaBird (2007)，其規格如下：

- 基本精度(Initial Accuracy)
- 溫度: $\pm 0.002^{\circ}\text{C}$
- 壓力: 完全量測範圍
之 0.1%
- 一般穩定度 Typical
Stability (每月)
- 溫度: 0.0002°C
- 壓力: 完全量測範圍

之 0.004%

- 解析度(Resolution)
- 溫度: 0.0001°C
- 壓力: 完全量測範圍
之 0.002%
- 鐘錶精度: 5 秒/月
- 電源持久性 (Power
Supply/Endurance)
- 9V 鋰電池: >
150,000 樣本
- 9V 鹼性電池: >
41,000 樣本

有關鐘錶精度，SeaBird (2009b)之描
述如下，

32,768 Hz TCXO accurate to ± 1
minute/year

其對應誤差等級與 SeaBird (2007)所
稱每月小於五秒相同。

SBE-39TP 輸出格式，包含溫度、壓
力、日期、與時間，4915 號儀器下載實
例片段如下列，為該次下載頭 6 行。

```
22.3580, 0.079, 11 Mar 2010, 12:30:59
23.1737, 0.078, 11 Mar 2010, 12:36:59
23.0764, 0.081, 11 Mar 2010, 12:42:59
19.8415, 1.347, 11 Mar 2010, 12:48:59
19.3239, 1.380, 11 Mar 2010, 12:54:59
19.3073, 1.392, 11 Mar 2010, 13:00:59
```

溫度為以攝氏度為單位，壓力已轉換
為深度，單位為公尺。溫度記錄解析度
為 0.0001°C ，深度(壓力)記錄數值解析度
為 0.001m 。此一壓力解析度，經將記錄
數據依大小排序檢視後確認。值得一提
的是，根據其規範所述，壓力之解析度
為完全量測範圍之 0.002%，因此，其有
效解析度應為 0.0004m 。所以儀器所顯示
之數值應完全有效。以上列數據而言，
其觀測取樣間距為六分鐘。由於啟動為
以手眼協調方式進行，以本例而言，啟

動時間設定誤差一秒。前三筆數據為大氣溫情況下記錄，故其溫度較高，深度亦小。由於該時潮位計尚未入水，故其讀數可視為雜訊。但是經比對多次下載紀錄，此一讀數似為與氣壓有關。而且不一定為正值。4915 號儀器另一組實例如下。

30.6329,	-0.083,	19 May 2011, 15:46:58
31.2243,	-0.083,	19 May 2011, 15:49:07
30.8235,	-0.083,	19 May 2011, 15:50:08
30.5383,	-0.086,	19 May 2011, 15:51:08
30.6079,	-0.086,	19 May 2011, 15:52:08
31.0163,	-0.065,	19 May 2011, 15:53:08
31.8380,	-0.060,	19 May 2011, 15:54:08
32.4689,	-0.065,	19 May 2011, 15:55:08
32.4377,	-0.061,	19 May 2011, 15:56:08
31.9409,	-0.062,	19 May 2011, 15:57:08
31.9215,	-0.062,	19 May 2011, 15:58:08
31.9375,	-0.062,	19 May 2011, 15:59:08
31.8868,	-0.063,	19 May 2011, 16:00:08
31.8445,	-0.060,	19 May 2011, 16:01:08
30.9388,	1.434,	19 May 2011, 16:02:08
30.5923,	1.438,	19 May 2011, 16:03:08
30.5450,	1.456,	19 May 2011, 16:04:08

由第二段數據觀察，入水前深度為負。以同一儀器而言，此一變化應為受環境因素影響，亦即氣壓。五月十九日同步佈設兩具同型潮位計，由另一具，標號 1985，入水前相近時段數據，可見入水前紀錄深度與 4915 相近，兩者均為負值，相差 13mm。由此佐證，入水前潮位計所顯示之深度應非僅為雜訊。

28.9676,	-0.070,	19 May 2010,
15:46:58		
28.9643,	-0.070,	19 May 2010,
15:47:58		
28.9614,	-0.070,	19 May 2010,
15:48:58		

此外，第二段數據為一分鐘取樣間隔，啟動時間設定誤差達 8 秒。但是，此 8 秒包含電腦時間與該時刻 4915 號儀器時間之差值。由上列兩段數據，另一項有趣觀察為，水溫與氣溫之差距並非一定。雖然月份不同，可能有所影響，但是主因應為當日時間。第二組數據為下午 4 時，室溫較水溫高約 1.3 度。第一組數據為正午，室溫較水溫高約 3.7 度。而兩組數據入水後均有一個溫度觀測量為漸變期。相對上，水深之第二組反應似為立即，第一組則有點難於判斷。

潮位計之安裝，為以 L 型鋼架，長邊底部向外面作一封閉式網籠，潮位計直立固定於籠壁，壓力感受端在下方，以三條束帶固定。網籠為對稱之兩半圓柱，一邊可開啟，亦以束帶封住(圖三)。由於實務作業中發現，束帶承受拉力時，有鬆脫可能，故後期操作同時加以不銹鋼材質線材(白鐵絲)固定。網籠下方安置有一鐵塊，目的為求取重力方向之穩定。L 型架短邊在碼頭上，上有兩孔，以便於以不銹鋼線材穿過，結成環型，固定於繫船錠上。參考零點定於 L 型架短邊靠近與長邊交接處，以該點量至潮位計感測端，並以水準測量取得參考零點與水準點間之高程差。以本案實務聯測經驗，尚稱穩定，誤差在 mm 級。白鐵絲之抗蝕效果，以一年之運作經驗而言，堪稱理想。但是需拆解部分，強度降低，重複使用時有斷裂記錄，故宜適時更換。

圖三網籠中置有兩具潮位計，此為比對所規劃之特殊作業，於民國 99 年五月 19 日安置兩具，並擬持續比對三個月。正常作業只安置一具，該時安置於圖三網籠下半部。



圖 3 網籠與 SBE-39TP 自記式潮位計

三、維護與操作

自記式潮位計如 SBE-39TP，均由內裝電池驅動，須定時更換 9V 電池。維護時須先解開固定鐵絲、由水中抽出 L 型鋼架、剪開封條、取出潮位計。若需下載數據，則須開啟封裝、以傳輸線連接電腦、使用軟體 SeaTerm Version 1.59 操作、下載、更換電池、乾燥劑、以矽油塗抹 O 型環(O ring)以達保養目的、設定儀器及啟動、封裝。資料下載所需時間隨資料量不同而異，以 63370 筆數據於 99 年 7 月 2 日下載為例，需時約五十五分鐘。但是，資料下載常有發生傳輸錯誤(Transmission Error)者，其發生原因不確定，可能與在下載過程同時操作之其他事務有關。傳輸錯誤亦會因下載模式設定不當發生，以 SeaTerm 而言，如設定為「upload in Binary format」，則會產生大量傳輸錯誤，且下載檔案資料不全。但是內定起始值並非「upload in Binary format」，所以一般不應該發生。但是若使用到舊版本之

SeaTerm Version 1.26b，則可能沒有「upload in Binary format」選項，而只能是 Binary format。因此，應注意 SeaTerm 版本，最好保留原安裝 CD。

以 99 年 7 月 2 日下載為例，共維護 1985、4915 兩具潮位計，1985 下載順利，4915 第一次下載發生一個傳輸錯誤，第二次下載則順利完成。該日下載兩具觀測 44 天之潮位計，連同岸際操作，耗時三小時二十分鐘。該次作業雖有陪同人員，但是為單人操作。下載與更換電池等作業於漁民服務站文康室內進行，距離碼頭約 200 餘公尺，騎乘腳踏車來回。時間主要消耗於下載數據，如取樣間隔為六分鐘，則資料量為取樣間隔為一分鐘之六分之一，下載所需時間線性降低。99 年 5 月 19 日下載，則只有讀取一具潮位計共計 49389 筆紀錄，由潮位計出水時間(14.44.58)，至潮位計再度入水的時間(16.02.08)，一共使用 77 分鐘。但是該次下載於距離較遠屋舍進行，腳踏車車程來回約 8 分鐘。另需說明的是，該兩次均為晴天，無風無雨無浪。風、雨、浪均會導致作業時

間增加。若直接替換已更換電池且已事先設定完畢之潮位計、加封、置入水中、固定 L 型鋼架，則可預期於 20 分鐘內完成。因此，在期望中斷時間盡可能減少之情況下，採用兩具輪換，或許為一可行方法。

為避免海水碰觸儀器內部，在由海中取出潮位計後，均先以淡水洗刷，再行擦乾。在確認乾燥後，方才開啟外殼封裝。維護過程中，均刻意避免以手碰觸內部零件如訊號傳輸插座等，以避免氧化。

此外，在連接電腦時，SeaTerm 並無自行尋找 Com Port 之功能，須由操作者尋找後設定，本案經測試多種軟體後，選擇 TeraTerm (SourceForge.jp, 2010)。其他 Baud Rate 等，SeaTerm 可以自行設定。

四、經驗與心得

東沙交通往來距離遙遠，本案自記式潮位站維護約一月一次。由一年來之操作，條列心得如下。

1. 本案所使用之 SBE-39TP，時間設定無法與電腦連線後實施，須由操作者目視，藉由手眼協調設定。有關此一設定作業之精度，想必因人而異。以第一作者數十次之測試，以整分時設定起始(startnow 指令)，再由紀錄值檢視，以手設定時間多延誤二至三秒。但是以實際作業記錄而言，99 年 7 月 2 日下載之兩具儀器，5 月間設定 startnow 時 1985 號提早 2 秒，而 4915 號延遲 8 秒。但是，此 8 秒包含電腦時間與該時刻 4915 號儀器時間之差值。並非單純手眼協調誤差。可是這亦顯示此種方式作業之問題，無論設定儀

器時間，或設定記錄起始時間，誤差均屬未知。僅在下載後可由紀錄觀察。雖然第一作者在研究室內三十餘次，以「啟動時間設定(startnow)」進行之測試，均未有超過三秒者，且皆為延遲，但是在實務上卻有延遲 8 秒案例，亦有超前 2 秒者。相同人員操作，情境不同時，差異產生，人為操作之不確定性由此可知。

本案時間設定時以觀看電腦螢幕上之計秒鐘錶軟體視窗，本案使用者為 ClocX (Rylko, 2008)，顯示時間至秒。當秒針抵達整分時，按下 Enter 鍵。此一誤差應為兩次設定之累積，因為在執行 startnow 之前，同步化電腦與 SBE-39TP 時，亦採用手眼協調方式設定。SBE-39TP 具有 startlater 指令，可以設定起始時間，時間到時自動執行，該種情況則可減少一次手眼協調誤差。唯本案操作之兩具 SBE-39TP，startlater 與 STARTLATER 指令經常失效，尤其是在東沙現場操作時，startlater 執行後，或設定起始於多年以後，或立即啟動，而必須使用 startnow 指令以達成控制之發生機率達九成。此外，因為 SeaBird (2009a, b)所列指令為 StartNow、StartLater、StartMMDDYY、StartHHMMSS，而非如洪復昌(2008)所載單純大寫或本案作業後期常用之小寫，且由於潮位計在持續工作中，不利於試驗。故與 Sea Bird 原廠直接請教此一部分，以便澄清，獲得回覆為所有指令與大小寫無關 (Case Insensitive)，原廠使用者手冊中

StartNow 之寫法僅為以便於讀者記憶著眼(Shahan, A, 2010, 個人連絡)。

綜合而言，啟動時間設定之誤差，如 StartLater 可以順利執行，即可以消除。即便須以 StartNow 啟動，其潮位觀測誤差尚可藉由後處理之內插與規則化方式降低影響。但是儀器時間之設定誤差則無法消除，更差的是，亦無法確認其真實誤差，故而操作時需十分小心。

2. 因為儀器時間設定，為由操作人員執行，其標準時間獲取可以使用電信廣播，如 117 報時台(中華電信，2010)；或使用 GPS 鐘，該型鐘錶具有以 GPS 校時功能。本案標準時間設定，為採用電腦網路校時軟體。該類型之程式「透過網路讀取 NTP 時間伺服器之標準時間，於電腦螢幕上顯示標準時間，並可立即更新系統時鐘，以同步於標準時間」(丁培毅，1999)，NTPClock 即為一個本類型程式(丁培毅，2007)。本案時間設定，從民國 99 年三月以後，為先以電腦網路校時軟體 YATS (Dillobits, 2010)，在前往搭機赴東沙前清晨於旅社進行電腦校時，以確認該時刻電腦時間為正確。再於東沙下載數據後維護時，以手眼協調方式設定 SBE-39TP 儀器時間。NTP (Network Time Protocol)在一般網際網路(Internet)傳輸情況下，誤差在 0.01 秒(10 ms)以內 (Wikipedia, 2010)。SNTP(Simple Network Time Protocol)為簡化版之 NTP，僅包含 NTP 基本功能，校時精度受網路雙向非對稱性(asymmetry of network

routes of both directions)影響，誤差介於 0.001 秒(1ms)與 0.500 秒(500ms)之間(丁培毅，2010；個人連絡)。雖然 SNTP 屬於低精度方式之校時，但是已經符合本案潮位計校時所需。而電腦在校時後到實際進行潮位計校時作業，通常在兩天以內，經以 YATS 分析該電腦計時系統，由 647 天之觀測分析，電腦每日慢分 0.047 秒。由此觀之，電腦系統計時誤差應在 0.500 秒以內，整體而言，應適合本案時間誤差分析。

就 SBE-39TP 而言，任一時刻電腦與儀器時間差，並無直接觀察方式。但是可以經由比對下載數據檔檔頭資訊，獲得下載啟動瞬間之電腦與儀器時間差。以 99 年 7 月 2 日下載之兩具儀器檔頭為例，數據如附錄，其中兩行：

```
* System UpLoad Time = Jul 02
2010 14:50:40
```

```
* SBE 39 V 2.2 SERIAL NO.
1985 02 Jul 2010 14:49:53
```

第一行為執行資料下載時之電腦時間，第二行為潮位計之啟動下載的瞬時儀器時間。由於第一行先執行，儀器時間為啟動下載後執行 DOS 指令所列出，第二行應較第一行略晚，但是相差應十分有限。由此兩行，可比對得 1985 號儀器，(電腦時間、儀器時間)：(Jul 02 2010 14:50:40、02 Jul 2010 14:49:53)。由時分秒比對，儀器慢了 47 秒。對 4915 號儀器而言，(電腦時間、儀器時間)：(Jul 02 2010 16:42:12、02 Jul 2010 16:41:30)，儀器慢了 42 秒。SBE-39TP 儀器時間精度與其誤差變化，並無法由此判定，但是在 45 天內，

由起始與下載時間為證，平均 SBE-39TP 約一天慢分一秒，且兩相同型號不同機體之時間誤差不同，但是誤

差符號相同。其他下載時時間差如表一所示，其中第 8 筆，可能 4 月未重設時間，所以時間差累積。

表 1 下載時時間差與電壓

	機號	SBE 時間	電腦時間	起始日	時間差	日數	電壓
1	1985	23 Aug 2009 16:56:55	Aug 23 2009 16:57:55	20 May 2009 15:40:03	-60 sec	66	8.4V
2	1985	06 Nov 2009 15:41:22	Nov 06 2009 15:41:24	23 Aug 2009, 17:25:16	-2 sec	75	8.2V
3	1985	16 Dec 2009 15:49:19	Dec 16 2009 15:51:38	06 Nov 2009, 16:04:16	-139 sec 可能 11 月未重 設時間	40	8.4V
4	1985	27 Jan 2010 09:52:23	Jan 27 2010 09:53:01	16 Dec 2009, 16:04:17	-38 sec	42	9.1V
5	1985	11 Mar 2010 13:29:35	Mar 11 2010 13:30:21	27 Jan 2010, 10:03:41	-46 sec	43	8.3V
6	1985	02 Jul 2010 14:49:53	Jul 02 2010 14:50:40	19 May 2010, 14:37:58	-47sec	45	7.5V
7	4915	Apr 22 2010 06:32:18	22 Apr 2010 06:30:00	11 Mar 2010, 12:30:59	-138sec 時間設定日期 不可考	42	8.4V
8	4915	19 May 2010 14:58:36	May 19 2010 14:59:38	22 Apr 2010 (11 Mar 2010)	-62 sec	28(7 7) 可 能 4 月未 重設 時間	7.9V
9	4915	02 Jul 2010 16:41:30	Jul 02 2010 16:42:12	19 May 2010, 15:46:58	-42 sec	45	7.3V

由第 5 筆之記錄觀察，此一時間延遲誤差，應與電壓無關，因為下載時電壓為 8.3V，但是時鐘遲延誤差率與其他情況相仿。第 4 筆則應是更換電池後才下載，因為電池滿格。第二筆數據延遲顯著小，但是與第三筆比對，十分值得玩味。似乎潮位計之時鐘遲延持續累積，推論民國九十八年十一月下載時電腦時間亦屬慢分，且未曾設定潮位計時間。因此，潮位計慢分僅有兩秒，但是若合併兩期，115 天慢分 139 秒，速率似亦吻合由其他下載所觀察。此外，第七筆記錄為購買得該潮位計後未曾設

定系統時間，以致時間延遲巨大。此乃因作者該時對 SBE-39TP 之鐘錶誤差缺乏認知所致，由於時間設定確實日期已不可考，故該次觀測知時間差無法做為估計慢分速率之用。僅能顯示使用 SBE-39TP 時，其鐘錶設定之重要性。

1. 電池電力消耗量，似與取樣頻率有關，自 99 年四月起取樣頻率為每分鐘一筆，相較於三月每六分鐘一筆者，電壓下降較多。依照 SeaBird(2009b)，當連續掃描十次時其電壓均低於 6.25V 時，儀器將自動停機。以表一所列數據，若取

樣頻率為每分鐘一筆，全新 9V 鹼性電池可以正常運作達 45 天以上，符合該潮位計規範。

2. SBE-39TP 之觀測量包含溫度與壓力，其內部有一鋰電池，在更換 9V 電池時，儀器設定值不會消失。但是，作業經驗中，有一次可能更換 9V 電池耗時較久，且未曾接備用電池。以致儀器日期時間設定等均歸回內定值，此一部分依照手冊指令可重新設定。但是伴隨發生是 SBE-39TP 之觀測量只有溫度，壓力沒有輸出。改以直接顯示，亦只有溫度而沒有壓力。此一問題，須以 *sbe39type=1 指令重設。首先，此一指令並未記載於操作手冊或其他提供使用者之文獻中(SeaBird, 2009b、洪復昌，2008)。其次，SBE-39TP 要求以大寫(Upper Case)輸入指令(洪復昌，2008)，而本指令只能以小寫(Lower Case)輸入。其實，就作者使用經驗而言，大部分指令均可以大寫或小寫輸入，目前尚未找到只能以大寫輸入者。如前所述，此一部分業經原廠澄清，所有使用者手冊上之指令均與大小寫無關(Case Insensitive)。
3. SBE-39TP 內裝乾燥劑一包，該乾燥劑為由 SeaBird 公司製造提供，須以該公司密閉式罐裝保藏。根據盒蓋上說明，乾燥劑暴露於空氣中 30 分鐘即失效。本案作業過程中，曾發生違反此項要求者，誤以塑膠袋裝乾燥劑帶至東沙。由實務結果判斷，此一誤失並未形成儀器故障，但其影響與乾燥劑之要求尚有待釐清。唯就操作面而言，每次拆開封裝，即應更換乾燥劑，而乾燥劑須在更換時才由密封罐中取出，取出後立即密封罐子。並應盡速安裝

潮位計內之乾燥劑，於裝好後立即封裝外殼。所以更換乾燥劑，需在所有設定工作均已完成後方才進行。

4. 海洋界潮位分析多以六分鐘一筆之觀測紀錄進行，調和分析(Harmonic Analysis)要求數據為等間隔(Foreman, 1977, 1978)。但是就單純海洋水深測量而言，不受此一限制。習慣上有採用任意起始點觀測，頻率為六分鐘一筆，潮差改正時，處理軟體會讀入觀測值在進行內插。此一作為，可能有可以檢討改善之處。首先，由六分鐘一筆內插為每秒一筆，可能不如直接觀測每秒一筆。其次，整六分鐘觀測可以讓數據有進一步在誤差因子減少情況下之分析機會。對於第一項之保留，來自於對自記式潮位計如 SBE-39TP 高頻觀測時之穩定度缺乏確實了解。同時，由於潮時潮差之影響，更換為每秒一筆觀測，意義可能不大。此項問題，或許可以進一步釐清。

五、結論與建議

除中央氣象局對連續式潮位觀測與記錄有明確規範，潮位觀測時間頻率為每秒一筆，以 360 秒紀錄平均做為六分鐘一筆之潮位觀測值外，自記式潮位站之設置與操作，定位為工程應用，故而目前並無國家規範，一切以能達成使用者目標為考量。由於數據之應用，尤其是潮位觀測之數據，除目前立即之應用目的外，亦有提供其他進一步資訊與分析之價值。故而設定觀測時，宜以整分或整六分時起始觀測，以便於調和分析之進行。如觀測時間不是整六分，每次維護、資料下載後，起動時間點亦不一

致。則造成資料缺損，須以內插方式補遺，雖仍可進行，但徒增誤差介入機會。同時，即便是單純以配合測深為考量，若需與附近氣象局或其他單位設置之潮位站記錄比對，整分或整六分時起始觀測亦為必要。若為辦理大範圍或長期水深測量時，通常建議進行 30 天以上連續潮位觀測，以了解該區潮位變化情形，或是該區域並無高程基準，需進行潮位分析，整分或整六分時起始觀測亦均為必要。

而就 SBE-39TP 兩具年餘觀測而言，其時間累積性漂移誤差可能達一天一秒，與 SeaBird (2007) 所稱之每月小於五秒不符甚多。此或許為儀器時間設計為以手眼協調方式進行之原因，因其精度不高。所以，以 SBE-39TP 進行潮位觀測時，應避免長期自記。規畫潮位觀測時，時間誤差因素應列入考量。以配合海測進行潮位觀測時，建議每天設定一次時間，至少每一星期設定一次，因為設定誤差二至三秒，儀器累積誤差一星期約七秒。SBE-39TP 之潮位與溫度之精度與穩定度，目前正另案探討中，不在本文中討論，但是該項亦應為一更為關鍵考量因素。綜合 SBE-39TP 之內部校時之不確定性，以及鐘錶延遲誤差，SBE-39TP 應只適用於潮差小、潮位變化不劇烈處。否則，因時間問題所導致潮位觀測誤差將屬可觀，對後續分析應用不利。同時，就實際觀測而言，SBE-39TP 並非潮位計，而是相對水位計，所量度者為水位相對之變化，因此若欲進行潮位觀測，如配合水下地形測量，則大氣壓力之影響需加以考慮。以本文所引述之片段觀測記錄，氣壓之影響可能達 -0.070m 與 $+0.081\text{m}$ ，雖然或許誤差不大，但是可能為各個時段系統性誤差。天氣有較大變化時，影響可能更大，如為進行測量工作而執行之潮位

觀測，不可不慎。

最後，本案原先使用 YATS-32 校時，以 ClocX 顯示至秒，但目前已改為使用 NTPClock V2.0 (丁培毅，2007)，使用 time.stdtime.gov.tw 時間伺服器，該單一程式即可達成前述兩個程式之功能。

致謝

本研究承蒙自強公司協助潮位站設置，謹此致謝。過程中承蒙交通大學張憲國教授、詮瑩儀器洪復昌先生，不斷提供指導與協助，亦謹此致謝。有關 NTP 校時，承蒙海洋大學資訊工程系丁培毅教授指教；有關儀器細節，Sea Bird 公司 Adam Shahan 先生回應詢問，亦謹此一併致謝。

後記

在東沙本案執行之前，本文第一作者從無潮位站設置與操作之經驗，故在過程中，經歷不斷學習與發現。陳述所獲取之經驗，頗有野人獻曝之感，但由於感受深刻，故而記之。

參考文獻

1. 丁培毅，1999。標準時間網路校時客戶端程式 (NTPClock) 操作說明，<http://www.stdtime.gov.tw/Time/ntp/NTPClockOperatingManualRelease1.21.html>，上次查訪：2010-07-13。
2. 丁培毅，2007。標準時間網路校時客戶端程式，<http://140.121.196.195/ntpcal/index.html>，上次查訪：2010-07-13。
3. 中華電信，2010。費率說明：公話業務，

- <http://www.cht.com.tw/PersonalCat.php?Module=Fee,Describe&CatID=613&PageID=980>，上次查訪：2010-07-13。
- 4.海管處，2009。東沙環礁海域之海底地形、地貌調查以及航道、錨錠區規劃，海洋國家管理處。
- 5.洪復昌，2008。SBE39 溫深儀簡易操作手冊，詮瑩儀器。
- 6.Dillobits, 2010. YATS-32 (Yet Another Time Synchronizer), <http://www.dillobits.com/>, 上次查詢：2010.07.07.
- 7.Foreman, M. G. G., 1977. Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction. Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Science, Patricia Bay, Sidney, BC, 97pp.
- 8.Foreman, M. G. G., 1978. Manual for Tidal Currents Analysis and Prediction. Pacific Marine Science Report 78-6, Institute of Ocean Science, Patricia Bay, Sidney, BC, 57pp.
- 9.Rylko, Bc. Bohdan, 2008. ClocX 1.5 beta 1, Freeware, <http://clocx.fi.cz>, 上次查訪：2010-07-14。
- 10.SeaBird, 2007. Temperature (& Pressure) Record, SBE39, Sea-Bird Electronics, Inc.
- 11.SeaBird, 2009a. SeaTerm Help File, SeaBird Inc.
- 12.SeaBird, 2009b. SBE 39 Temperature (Pressure Optional) Recorder User Manual, Version 021, SeaBird Inc.
- 13.Sourceforge.jp, 2010. Tera Term Home Page, <http://tssh2.sourceforge.jp/>, 上次查訪：2010-07-13。
- 14.Wikipedia, 2010. Network Time Protocol,<http://en.wikipedia.org/wi>

ki/Network_Time_Protocol，上次查訪：2010-07-14。