

Apollo SciTech

Underway pCO₂ system

實務操作手冊

海研三號貴儀中心

技術員：江秉崑、蔡有偉

目錄

目錄.....	i
壹、儀器簡介.....	1
氣體樣本流動區.....	1
LI-COR.....	1
主電源.....	1
水樣進出區.....	1
電腦.....	1
反沖洗系統.....	1
貳、安裝.....	2
標定.....	2
設定.....	3
管線.....	3
輔助儀器.....	4
氣瓶.....	4
空氣.....	4
檢查.....	4
參、例行維護.....	5
乾燥劑.....	5
濾罐.....	6
標準品.....	6
冷凝器.....	7
肆、使用實務.....	8
開機.....	8
航行中.....	9
關機.....	9
伍、歲修.....	10
拆解.....	10
運送.....	10
清洗.....	10
助儀器-SBE45.....	11
除鏽&防鏽.....	12
零件更換.....	12
測試.....	12
陸、附錄.....	13
附錄一.....	13
附錄二.....	13

壹、儀器簡介

此手冊主要針對海研三號的 Underway $p\text{CO}_2$ system(以下簡稱 $p\text{CO}_2$)的實務應用進行介紹，此系統可分析海水及大氣中的二氧化碳分壓($p\text{CO}_2$)運作方式主要是透過幫浦將表水抽至水氣平衡裝置，待水氣平衡後利用微型幫浦將氣體帶到氣體樣本流動區，再進 LI-COR 測量其中 $p\text{CO}_2$ 。接著利用 LI-COR 所測得之次標準品濃度來製作檢量線，並換算得到樣品在乾燥情況下的 CO_2 濃度。目前海研三號上所設置的 $p\text{CO}_2$ 特別加裝了一套淡水反沖洗系統，固定每兩個小時自動以淡水清洗管路，另外還有一套自動程式，會在每天 8:20 自動重新開機後自動執行分析軟體並收集資料。

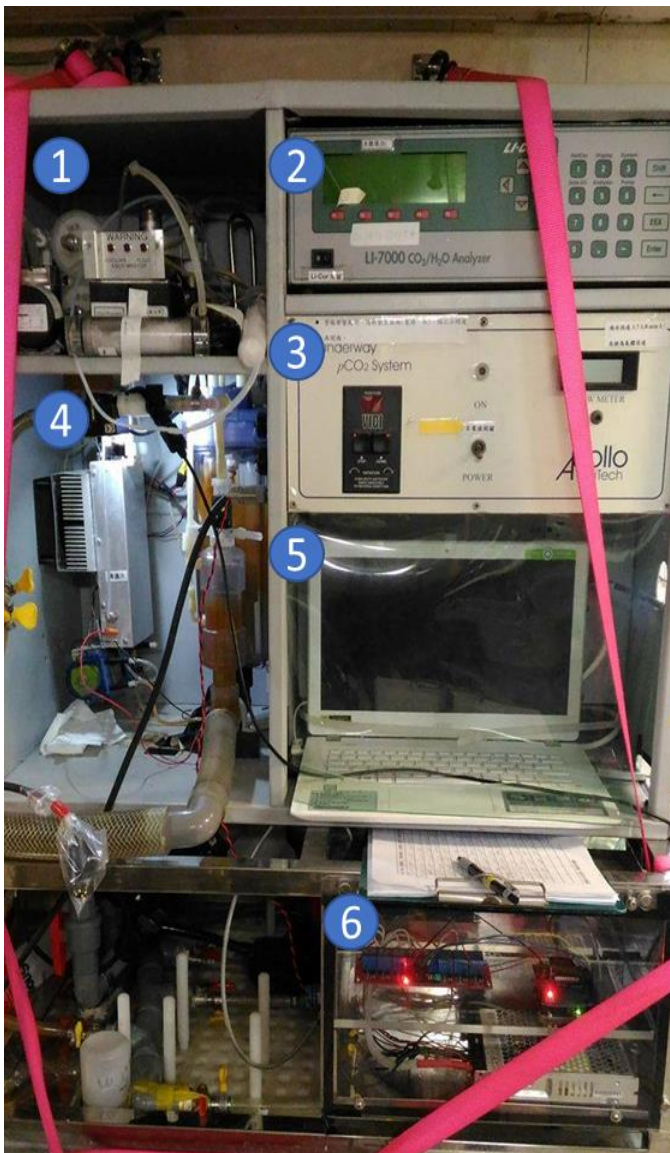


圖 1: Underway $p\text{CO}_2$ system

① 氣體樣本流動區

氣體在進入 LI-COR 分析前，會在此區進行最後的水氣排除。

② LI-COR

利用紅外線分析 CO_2 濃度，容易因為水氣進入過多而損壞。

③ 主電源

其右側為連接標準品的進氣口，正面顯示水體流速，長按為氣體流速。

④ 水樣進出區

水樣採集後在此區進行水氣平衡，將平衡後氣體送至氣體樣本流動區，並將其餘海水及凝結水排出。

⑤ 電腦

透過 $p\text{CO}_2$ Analyzer 程式來收集資料。

⑥ 反沖洗系統

每兩小時下方管路會對系統進行逆向淡水沖洗

貳、安裝

標定

由於標準品價格不斐，不適合直接搬到船上，因此採用較小罐的次標準品，但廠商提供的氣瓶濃度數據準確性較低，因此需要進行標定。目前是使用海科院黃蔚人老師實驗室的 $p\text{CO}_2$ 分析儀來進行標定，標定步驟如下：

- 先將氣瓶連接至儀器的管線接妥，並以泡泡水檢測連接處是否漏氣(圖 2-a)
- 將氣閥開啟，並調整壓力閥使其控制在 10-20psi 之間，再將最左邊的旋鈕旋開 1/8 圈(圖 2-b)
- 開機後將程式開啟，並點選”Start Measurement Sequence”(圖 2-c)
- 根據氣瓶連接埠，輸入相對應濃度值(純粹名稱，非參數)(圖 2-d)
- 點選 start 進行檢測，並持續一天(圖 2-d)
- 將各標準品測得讀值，找最穩定的組別取倒數兩值來做檢量線，並計算斜率及截距
- 利用檢量線取得真實濃度



圖 2. 標定氣體說明

設定

點選 Setup 進行設定，設定流程如下所示：點選 Setup 進入 Serial COM Port Setup，而後逐一選擇 LI-COR Port、Module Port 與 VICI Port 這三個選項的 COM，選完後按下 Accept 逐一測試各個 COM，直到顯示成功為止(圖 3)，如必要可至電腦> 系統> 裝置管理員中查詢連接埠範圍。

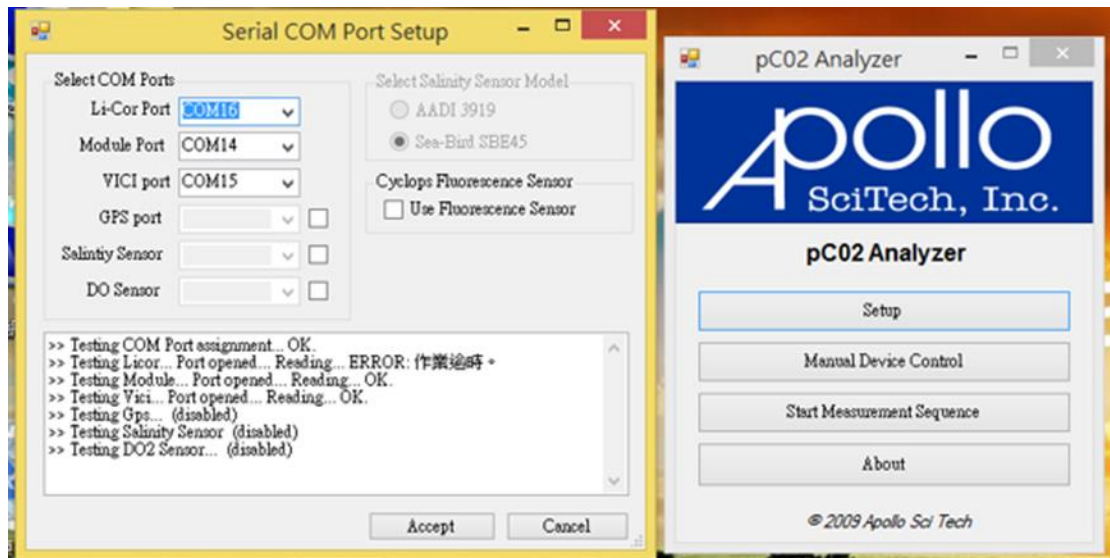


圖 3. 程式設定介面

管線

水樣進出如圖 4 所示。

水樣入口：

海水源 > 濾罐 > 流速計 > 平衡裝置

水樣出口：

平衡裝置 > 排水口

注意：儀器進水口壓力較大，須用水管束環鎖緊，束環如果鏽掉就要換新的。



圖 4. 水樣進出區

輔助儀器

若需連接輔助儀器(ex:SBE45 或其他探針)，視探針需求利用管線分接導入海水，同樣地，輔助儀器的進水口壓力較大，需在水管連接處以水管束環鎖緊(圖 5)，另外連接輔助儀器時，需先至軟體設定中確認該儀器所在之連接埠與電腦連接無誤。

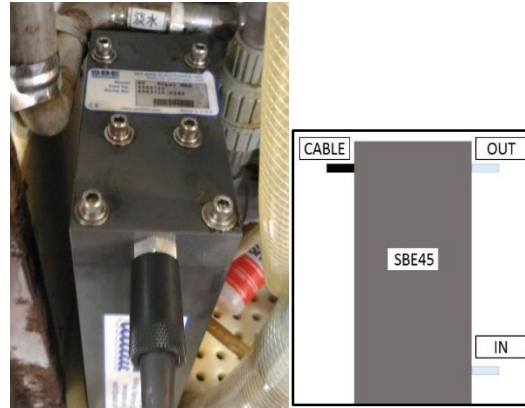


圖 5. SBE45

氣瓶

將各次標準品利用氣體導管與連接儀器(圖 6)，務必使用兩支板手將連接處鎖緊，接著將氣瓶閥打開，保持流量在 10-20psi，切勿過大，造成次標準品浪費。



圖 6. 氣體連接埠

空氣

將空氣的管路連接儀器 (圖 6 Air Port)，以雙板手將連接處鎖緊，並將進氣口置在艙外空氣流通且不會受到機艙廢氣影響處，管線務必以束帶固定(圖 7)。

檢查

當管線都連接完成後，檢查所有管線是否折到導致阻塞，各進水口水管是否有水管束環，並將各部位以束帶固定(ex:儀器主體、氣瓶、輔助儀器、水管、空氣管)，將可能滑動的部位止滑(ex: LI-COR 在主體內會滑動)。



圖 7. 空氣進氣口

參、例行維護

例行維護主要需要檢查的 4 個部分依序如下，檢查表如附錄 1:

乾燥劑

注意: 新品也容易吸收水氣，如非必要請不要打開蓋子並避免與空氣接觸

目前船上使用的 $p\text{CO}_2$ 乾燥品是過氯酸鎂 $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ ，在吸收水氣後會結塊，並且減少吸水的效率，若太久沒更換新品，會使進入 LI-COR 的水氣過高，導致損壞，而船上的乾燥劑放在電儀室，用以替換，更換乾燥劑時需注意：

- A. 觀察 LI-COR 的水氣值，當水氣值 >1 時，檢查水路及氣路的乾燥劑是否結塊 (圖 8-a)。
- B. 若有發現結塊，須將容器取下(圖 8-b)並更換，建議不要同時取下兩個容器，避免管路安裝錯誤。
- C. 更換新品時，將結塊部分(已吸水)去除並加入等量的新品後再重新接回管線。目前常備有另一管已填充的乾燥劑，可以請探測人員在長天數航次幫忙更換。
- D. 盡量避免乾燥劑與空氣接觸受潮。
- E. 更換完成將乾燥罐固定好，**注意管路暢通**。
- F. **冷氣保持開啟**
- G. 切勿在儀器運作時取下乾燥罐

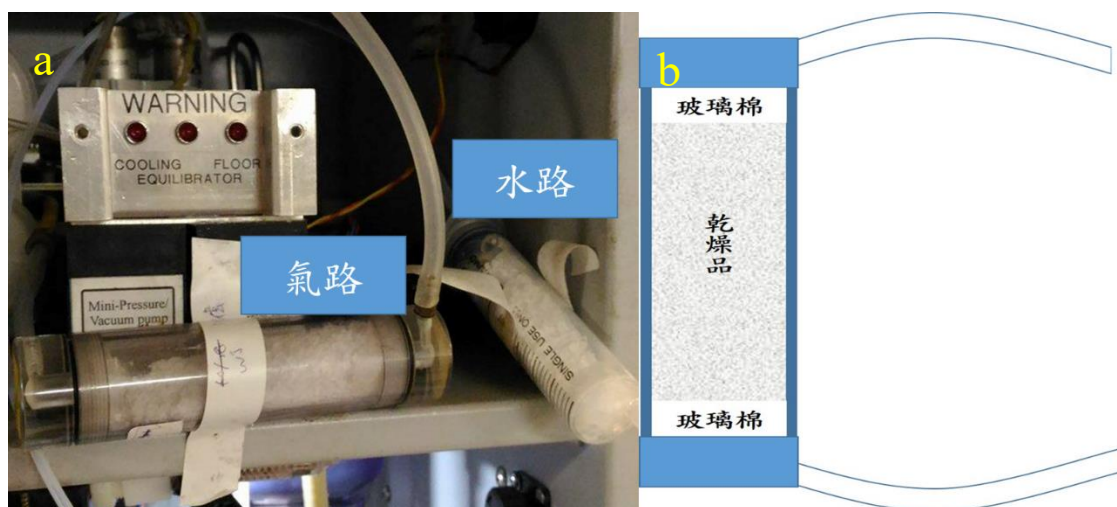


圖 8. 乾燥品

濾罐

設置在 $p\text{CO}_2$ 的正下方，主要先將抽取的海水進行過濾，若太久沒清洗，濾芯阻塞會使水濺灑出來，造成電子設備毀損或鐵櫃積水，例行維護時需：

- A. 小心取下濾罐，避免濾罐內的殘流水四處灑(圖 9)
- B. 將濾罐拿至乾式實驗室的洗手槽並清洗濾芯，直至通過濾芯流出水清澈
- C. 裝回濾罐並注意濾罐上 O-ring 是否在凹槽中，略大於凹槽，建議將 O-ring 整個取出再放入凹槽中。
- D. 裝上後目視檢查 O-ring 是否歪掉



圖 9. 濾罐

注意：濾芯每隔一個月需要更換，並將原本使用的濾芯以超音波震盪清洗

標準品

在船上的標準品有三瓶(圖 10)，每個氣瓶閥上都有兩個壓力錶(圖 11)，左邊的錶顯示氣體流量，右邊的錶顯示鋼瓶殘壓，需檢查：

- a. 流量是否在 10-20psi 之間，若沒有需調整壓力閥
- b. 殘量不得低於 500psi，且離膠布有一段距離表示氣瓶漏氣了，須以泡泡水檢查可能漏氣部位(氣瓶閥的與氣瓶及管線之連接處)，並在表格上紀錄殘量。



圖 10. 氣瓶擺放位置



圖 11. 氣瓶壓力錶

注意：如發現漏氣，先以止瀉膠帶纏緊，並用扳手鎖緊連接處，若無法解決問題先將氣瓶關閉並紀錄該時間點後氣體資料無法使用

冷凝器

如圖 12 主要將進入 LI-COR 前管路中的水氣凝結，減少水氣對儀器威脅，主電源開啟後，風扇就會開始運轉，須注意以下事項：

- A. 風扇是否運轉及金屬板是否冰涼。
- B. 若風扇停滯且金屬板溫熱，在使用中需注意水氣值，若漸漸變高到 10-15 之間必須視情況關機。
- C. 利用冷凝板下方蠕動幫浦將冷凝後的水滴抽出，若蠕動馬達故障也會造成水氣無法排出。



圖 12. 冷凝器及風扇

肆、使用實務

開機

海研三號的 $p\text{CO}_2$ 在兩個情況下需要開機，航行前以及取資料，而在開機前會先進行例行維護，在確認沒問題後，才會將儀器啟動運轉。如圖 13 開機的順序為：

- A. **主電源**：直接開啟
- B. **LI-COR**：靜待 30 秒後再將 LI-COR 開啟(顯示數字會亂跑一陣子)
- C. **電腦**：待 LI-COR 顯示穩定(水氣值不再跳動)後再將電腦開啟
- D. **海水進水閥**：由於港內水質較差，出港後再行開啟(若只取資料則不需開啟)

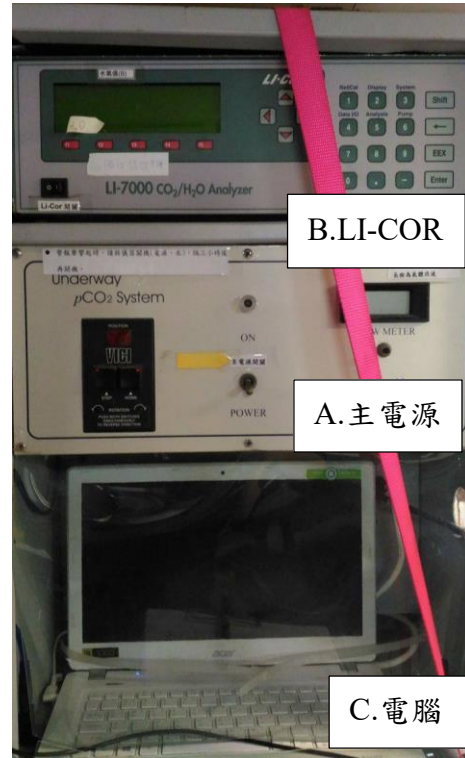


圖 13. 開機程序

一般 $p\text{CO}_2$ 在電腦開機完後，須手動將程式開啟及收集資料，但海研三號的 $p\text{CO}_2$ 目前加裝了黃蔚人老師實驗室所撰寫的自動程式，在電腦開機後會自動開啟軟體並進行分析，無須再有任何動作直至所有欄位都顯示 **Normal**，大約需要 5-10 分鐘，但若有任何一個欄位顯示 **Abnormal**，則需要將電腦關機再重新開啟，因為有可能是驅動程式沒有抓到，倘若重新開啟無法解決問題則須依警示的項目進行檢查並排除(ex: 氣瓶閥沒開啟導致 **Refresh Flow Rate** 欄位顯示異常)。

若是發現自動程式並無輸入標準氣體的數值，可能是因為電腦剛開機時或連續工作太久造成運作速度變慢，可以將 $p\text{CO}_2$ 程式關閉，手動點擊“Auto $p\text{CO}_2$ ”程式。若無法解決，則需要再更改自動程式輸入數值的時間，或聯絡技術人員及諮詢教授。

航行中

在航行中，值班探測人員大約每 2-4 小時需檢查一次，並抄表紀錄 (圖 14)。紀錄標準氣體各氣瓶總量；在電源的右上方顯示海水流速，長按則是氣體流速；水氣值則顯示在 LI-COR；海水噴灑即為平衡系統的噴灑效果是否正常。

需要特別注意水氣值的部分，若有明顯偏高(>15)要衡量是否將機器關閉，由其在風浪不好時，船隻上下擺動幅度太大也會使儀器出現問題，需要特別注意。水氣值過高時，首先尋找可能原因，並視情況將儀器關閉，(ex.如乾燥品已結塊，將儀器關閉再行更換乾燥品)。

日期	時間	標準氣體 2	標準氣體 3	標準氣體 5	海水流速	氣體流速	海水噴灑(目視)	水氣值(B)	備註
2/6	21:00	1600	630	1620	0.02	2.47	✓	4.178	Weng
2/7	03:00	1570	630	1600	0.03	2.13	✓	4.831	停機
	08:30	1600	630	1620	0.02	2.46	✓	5.425	Weng
	11:00	1600	630	1600	0.02	2.49	✓	6.018	停機
	13:15	1600	630	1600	0.02	2.51	✓	6.560	Weng
	14:45	1550	620	1600	0.03	2.43	✓	7.252	停機
	17:00	1550	620	1600	0.02	2.48	✓	8.328	Weng
	19:00	1550	620	1600	0.02	2.49	✓	8.801	停機
	23:05	1580	620	1600	0.02	2.46	✓	9.235	Weng
2/8	02:25	1550	620	1600	0.03	2.42	✓	1.024	停機
	06:26	1550	620	1600	0.03	2.47	✓	8.440	停機
2/12	08:06	1550	620	1600	0.02	2.46	✓	-0.116	停機 掛機
	11:00	1550	620	1600	0.02	2.47	✗	-0.114	停機
	13:28	1550	620	1600	0.02	2.46	✓	-0.548	Weng
	14:40	1550	620	1600	0.03	2.47	✓	0.338	Weng

圖 14. pCO₂ 檢測表

關機

關機時需要以下步驟，並在進港前關閉海水進樣，避免幫浦抽取港內污水：

- 海水進水閥**：進港前務必關閉
- 電腦**：圖 15 中的 **Quick Stop** 點選後，待儀器將目前分析的氣體測完後(約一分鐘並會跳出對話框顯示關閉成功)，再將電腦關機
- LI-COR**：直接關閉 LI-COR
- 主電源**：直接關閉電源

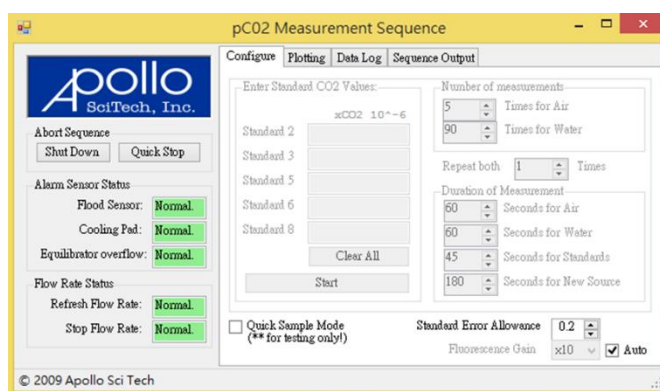


圖 15. 程式操作介面

伍、歲修

拆解

在歲修期間，須將儀器主體及水管路運回學校進行維護，氣瓶則視其是否需要標訂再運回。拆解步驟如下：

- a. 水閥關閉
- b. 氣瓶關閉
- c. 鬆開標準品連接埠(圖 6)
- d. 移除主體之進水及出水管路
- e. 移除電路
- f. 檢查是否有其他連接主體之線路並加以移除
- g. 移除固定儀器的束帶
- h. 將本體搬上貨車
- i. 移除海水進水閥水管
- j. 移除輔助儀器
- k. 將鐵架及儀器搬上貨車

注意：在拆解時建議拍照留存，避免安裝錯誤

運送

可以搭配歲修期間若有儀器要運回學校可以搭便車，否則需要另外叫貨車或是自行開車運回。載回後根據要維護之地點以推車搬運，目前維護地點在海科院黃蔚人老師實驗室 A3026 室。

清洗

pCO₂ 在使用的過程中，管線內會有很多雜質，須將水流經過之管路分解並以淡水沖洗，然後晾乾，但若水管太髒，可視情況直接換新。

A. 濾罐

濾罐必須以超音波震盪清洗，然後攤平晾乾。)，在拆下清洗前務必拍照記錄避免安裝錯誤。

B. 水管

將所有塑膠軟管拆下後並逐一以淡水清洗後晾乾，視情況更換新水管。

除鏽&防鏽

由於長期接觸海水，鏽蝕是常見的問題之一，須先將鏽蝕部分以 WD-40 去除後再使用防鏽噴霧在其鏽蝕部位上一層保護膜，如沒有防鏽噴霧可使用亮光漆等沒有顏色的漆類將金屬部分保護，切記別在密閉空間作業。須處理的部分如下(圖 19):

- a. 水管鐵架
- b. 水管金屬扣環
- c. 主體外殼
- d. 三個風扇

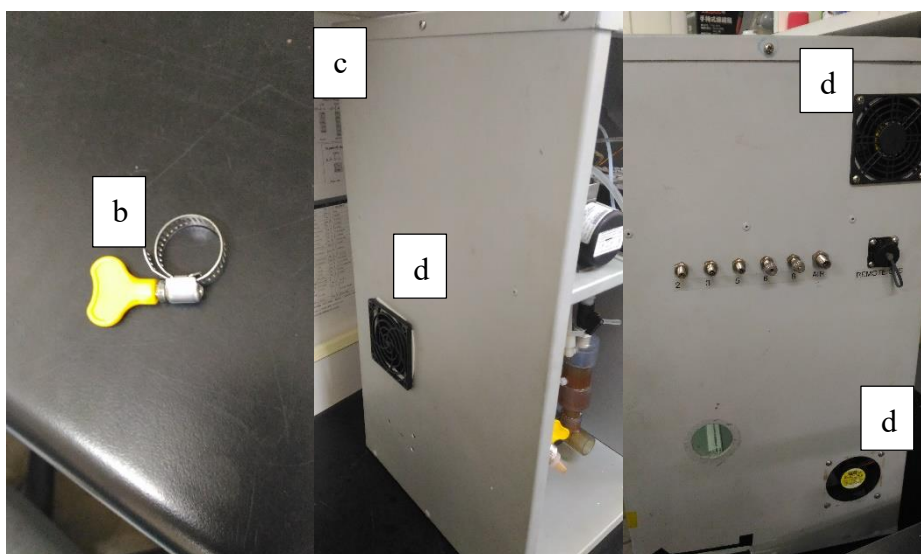


圖 19:水管金屬扣環以及三個風扇

注意: 鋁框無須上保護膜

零件更換

在維護時須留意各部零件是否有需要更換之處，盡早取得新品並更換，以免在測試航次前無法順利安裝回船上。

測試

- a. 在組裝回船上之後，須先在測試航次前將水管部分安裝完畢，並利用測試航次檢視是否有漏水的跡象。
- b. 而下個航次前再將主體安裝上，並利用下一個航次觀察是否有任何聯接處漏水。

注意: 在調整水管的過程中盡量帶著手套以防割傷

陸、附錄

附錄一

● 每次檢查項目

1. 先打開資料，檢查資料是否有異常(ex:標準氣體的數值、氣體流量、海水流量等)，並取出上個航次資料
2. 檢查水氣值是否偏高，並更換乾燥劑(至少 5~7 天需要換一次)
3. 檢查每個氣體管線流量是否正常
4. 觀察蠕動幫浦是否正常運轉，且是否有正常排水(沒轉→馬達燒掉；有轉，沒排水→蠕動管破裂)
5. 檢視風扇風量，視情況更換
6. 檢查海水管路及反沖洗管路是否正常，並清理濾心
7. 檢查標準氣體殘壓

● 每月檢查及更換項目

1. 更換蠕動幫浦軟管
2. 取回縮時攝影檔案，並更換電池
3. 清理風扇，並視情況更換

/ /

檢查資料品質			
取出資料			
檢查水氣值、換乾燥劑			
檢查氣體流量			
檢查蠕動幫浦及排水			
檢查風扇是否運作正常			
檢查水路			
檢查標準氣體殘壓	300:	400:	500:
更換蠕動管			
更換縮時攝影機電池，取回檔案			
檢查風扇			

附錄二

簡易故障排除

- **程式開啟穩定後顯示”SBE45 連接逾時”**
 - 檢視 SBE45 的接頭是否鬆脫
- **Li-Cor 水氣讀值過高(>10)**
 - 檢查 cooling pad 及蠕動馬達是否運作正常
 - 更換乾燥劑
- **水路區有漏水情況**
 - 檢視排水管路是否過高，造成回流
- **程式顯示 refresh flow rate 紅色燈號**
 - 檢視該通道(標準品、water、air)之管線是否問題
 - 標準品:檢查氣瓶是否被關閉
 - water:檢查乾燥劑管(針筒型)的接頭是否接好
 - air:檢查乾燥劑管(有 Oring)是否有旋緊
- **筆電當機**
 - 通常為熱當情況
 - 將筆電關機，待散熱 15 分鐘後重新開機(Li-cor 及主機不用關)。
- **自動程式無法完整輸入前幾個標準品數值**
 - 因為筆電連續運行時間過常，造成開機後運行速度變慢，使得自動程式無法輸入前幾個標準品值
 - 先將筆電內暫存檔刪除，重新開機，視察是否有改善
 - 更改並延遲自動化程式的運行秒數，使自動化程式可以正常運作
- **水路流速異常**
 - 檢視平衡器中的水花噴灑是否正常(呈現傘狀)
 - 正常:檢視流速計
 - 偏小:檢視進水管路及反沖洗系統
- **無法連結到所有的 port**
 - 檢視連接 usb 是否鬆脫或 usb 是否故障
 - *如需更換 usb 接頭，建議購買相同的 usb 接頭，若更換不同的接頭，需要到控制台重新設定 port 的選項，避免滑鼠吃到衛星訊號亂跑