

漫談深海資料浮標維運

饒國清¹、施孟憲²

摘要

中央氣象局海象測報中心為了增加臺灣附近海域觀測資料及提昇海象與颱風之預測能力，分別於 2009 年及 2010 年委託國立成功大學近海水文中心，於台東外洋(水深 5600 米)及東沙島(水深 2600 米)布放深海資料浮標。這兩座深海資料浮標則分別於 2009 年 8 月與 2010 年 5 月正式加入氣象局的海象觀測網，並成功蒐集臺灣海峽南端及臺灣東南海域的海氣象資料。此外，為了兩岸之間通航船隻航行安全，因此 2015 年於台灣海峽澎湖南邊(水深 109 米)增設七美外海資料浮標。這些深海資料浮標維運技術目前均已到達成熟階段。然而近年來中國鐵殼船越界捕撈頻繁，浮標時常遭到破壞。由於深海浮標距離台灣本島較遠，需要有足夠的海事工作船隊支援深海浮標的後勤維修作業，這些船隊將會是深海資料浮標發展上扮演關鍵性角色。

一、前言

國內政府單位為監測台灣環島海氣象資料，交通部氣象局、觀光局及經濟部水利署委託國立成功大學近海水文中心，已經於台灣四周及離島海域布放了 15 座資料浮標，包括新竹、富貴角、龍洞、龜山島、蘇澳、花蓮、台東、蘭嶼、鵝鑾鼻、小琉球、彌陀、七股、馬祖、金門及澎湖等資料浮標。這些資料浮標皆布放在近海區域，由於水深有限及受地形影響，其資料僅代表範圍較小的區域性近岸海氣象特性。對於位於颱風侵襲頻繁的台灣海域而言，因為測站位在近岸，在觀測到即時颱風資料的同時，颱風已經對於台灣海岸及陸地造成了影響，對於颱風預測災害預警之幫助有限。此外在颱風過後常伴有旺盛的西南氣流，往往會造成台灣西南部豪大雨，釀成大災害。氣象局因此決定將資料浮標觀測位置拓展至離岸更遠之外海，於 2006 年 5 月在台東外海約 250 公里處(加瓜海脊)成功布放一座深海資料浮標，當地水深為 4800 米，當年成功觀測 6 個颱風的資料，此資料浮標更在珊珊颱風發布海上警報期間，提供了第一手觀測資料，氣象局因以掌握颱風的規模及強度(李汴軍、徐月娟等，2007)。

氣象局為了延續上述研究成果及增加臺灣附近海域的觀測資料，於 2009 年在臺灣東南邊海域布放

台東外洋(水深 5600 米)；2010 年在臺灣西南邊海域布放東沙島(水深 2600 米)深海資料浮標；2015 年在台灣海峽澎湖南邊(水深 109 米)布放七美外海資料浮標。這 3 座深海浮標站分別位於颱風是否影響台灣及外島的關鍵位置，不但能協助預報員更完整掌握颱風環流的現況以及未來動向的預測，其所在位置的水深較深及距離岸邊較遠，浮標觀測資料的涵蓋區域較廣，在提供模式校對方面更具代表性。

二、深海資料浮標系統

深海資料浮標觀測項目以及觀測儀器與近岸資料浮標基本上是一樣的，包括兩組風速風向計、一組波浪儀、一組氣壓計、一組全球衛星定位系統、一組氣溫計及兩組水溫計(圖 1)。其中只有風速計的選擇有所差異，氣象局近岸資料浮標採用兩組螺旋槳風速計，由於螺旋槳的風速及風向軸承會因長時間旋轉及瞬間較強轉動而有磨損情形，所以深海資料浮標其中一組螺旋槳風速計以超音波風速計來取代。此外，在浮標上設置了一組夜間警示燈及雷達反射器，主動警示資料浮標附近船隻。警示燈的感光元件在燈光不足時會啟動警示燈進行 4 秒 1 閃，在資料浮標附近 4 海浬內船隻皆可提前預警而避開航行。

1 國立成功大學近海水文中心系統組 組長

2 國立成功大學近海水文中心系統組 高級工程師



圖 1：資料浮標觀測系統示意圖

(一) 資料擷取系統

深海資料浮標資料擷取系統設計分為 3 個部分，第一部分為開機、擷取觀測資料、分析及儲存，為整點前 12 分鐘至整點後 7 分鐘；第二部分為資料傳輸，從整點第 8 分鐘至第 15 分鐘；第三部分為休眠時間，此部分時間可大幅節省耗電，提高資料浮標於天候不佳時持續運作的穩定性。

(二) 能源系統

深海資料浮標的能源系統分為主要能源及次系統能源，其中主要能源由 3 片 65 瓦特的多晶矽體太陽能板與 6 個 80 安培小時的密閉式鉛酸電池所構成，太陽能板及主要電源使用之充耗比為 1.5 : 1。主要電源是供應資料浮標的觀測系統及資料擷取系統，在天候不佳時可連續正常供電 1 個月以上；次系統能源由 3 片 12 瓦特的單晶矽體太陽能板及 52 安培小時的鋰電池組構成，太陽能板及系統電源使用之充耗比為 5 : 1。次系統電源是供應資料浮標的獨立發報衛星系統，在天候不佳時可連續正常供電 1 個月以上。

(三) 傳輸系統

深海資料浮標因為離岸約 200 公里以上，無法像近岸資料浮標一樣，透過無線電、GSM 系統或是 GPRS 系統傳輸，因此使用衛星通訊設備傳輸。

深海資料浮標設有銜計畫衛星傳輸系統，主要是其具備下列優點：通訊時間無死角；提供即時傳輸功能；具備雙向傳輸功能；體積小重量輕且符合儀器艙

內溫溼度及空間條件；水平面上無方向性且適用於海上之天線，不受資料浮標在海上轉動搖晃影響；耗電量低且處於開機狀態；系統穩定且通訊費較低；與資料浮標內資料擷取系統介面相容；具 RS-232 介面。

深海資料浮標內共有兩套銜衛星傳輸設備，一套主傳輸系統、一套次傳輸系統，分別置於資料浮標的資料擷取系統、獨立發報系統內。主傳輸系統可透過 SBD(Short-Burst Data) 方式由資料浮標端回傳觀測資料及 GPS 值至資料監控中心；次傳輸系統亦透過 SBD 方式回傳衛星數據機內 GPS 接收值至監控中心，為監控資料浮標位置的備援系統。

(四) 錨繫設備

考量水深及海象條件，深海資料浮標錨繫設計參照美國資料浮標中心(NDBC, National Data Buoy Center)的設計(鄧中柱, 2003)。台東外洋資料浮標及東沙島資料浮標水深分別為 5600 公尺及 2600 公尺，採用反垂懸錨繫設計(圖 2)，錨繫安全抗拉力與錨繫受力比為 3 : 1 以上。錨繫材質方面共分 3 個部分，最上端為鐵鍊及高強度尼龍繩，主要功能為防止魚咬及加掛儀器，中間部分為減輕錨繫重量及拖曳力，使用直徑較小的高強度尼龍繩，最下端為玻璃浮球與鐵鍊組合，玻璃浮球是為讓繩索拉離底床，避免與底床摩擦造成斷裂，最下端用鐵鍊避免與底床摩擦容易斷裂。而資料浮標殼體則以近海資料浮標之現有設計為基礎，在考量深海錨繫所增加重力及拖曳力，增加其預浮力，提高資料浮標在海上隨波性。

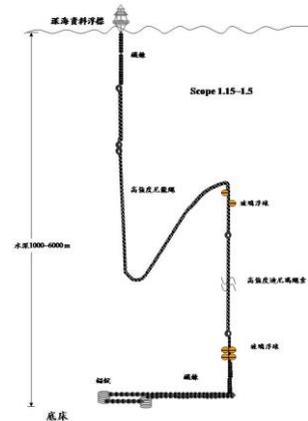


圖 2：深海資料浮標錨繫概念圖示

三、深海資料浮標之資料分析及品管

為了確保資料品質與正確性，安裝在浮標系統的觀測儀器皆通過氣象局檢校中心的檢校合格，並與標準站於浮標出廠前進行 7 天以上資料比對合格。外洋浮標資料在整點 10 分後透過衛星自動發報回傳至監控中心後，隨即由自動監控程式將資料自動品管與累積即時回傳近 24 小時的觀測資料，並由專人定時執行人工品管，確認及過濾回傳資料的品質。

資料浮標風速觀測為整點前 10 分鐘記錄一次，取樣頻率為 2Hz，平均風速為 1,200 點原始資料平均值，平均風向為 1,200 點原始風向資料以向量法相加後平均值，陣風為 1,200 點原始資料中每 3 秒之平均值，其平均最大值即為陣風值。

資料浮標波浪觀測亦為整點前 10 分鐘記錄一次，取樣頻率為 2Hz。由浮標隨波三維空間運動經過分析可獲得浮標加速度譜，再從浮標加速度譜減去雜訊修正函數後計算一維水位譜，最後利用一維水位譜及方向分布函數之乘積求得方向波譜。其中示性波高 H_s 為 $4.004 \times \sqrt{m_0}$ ，平均週期 T_z 為 $\sqrt{m_0/m_2}$ ，波向為方向波譜能量最大之處所對應之方向；式中 m_0 為波譜總能量， m_2 為波譜二次矩。

ADCP 的觀測原理為利用音鼓發射出固定頻率之聲波，當此聲波在水中碰到隨著海流移動的微小顆粒或懸浮物體時，該聲波將產生反射並傳回儀器，該聲波會改變頻率，將可依都卜勒效應公式，計算出海流流速。觀測的流速剖面資料為取樣頻率為 0.5Hz，每 6 分鐘計算 1 筆平均值，每筆流速剖面資料為每 1m 一層，流速資料標準偏差為 0.5 cm/s。

四、深海資料浮標布放回收作業

深海浮標布放及回收作業包括行前確認及準備、航前會議、浮標裝載、浮標布放及回收等。

1. 航前會議

由執行單位、業主及布放船隻單位舉行三方會議，確認浮標裝載、啟航、布放、回收及回航日期，與啟航及回航的港口，並針對作業日期的海況而提出必要應變計畫，最後確認船隻的機具功能、回收時是否下小艇及支援布放作業及回收的人力等討論。此外對布放及回收的作業流程及所需工具亦作必要技術

討論。

2. 出航前浮標裝載

裝載上船前一日須將浮標及相關設備裝載上車，並與裝載船隻單位確認裝載時間及其可支援吊掛上船機具及人員。

3. 浮標布放

浮標布放前應先確認海況，若海況不佳，應由原擬定應變日期再行布放，且須通報業主及監控中心。

(1) 接近作業海域及水深流速量測

抵達作業區域附近確認實際水深與規劃水深是否一致，此外尚須量測流速及流向，以估算船的作業位置及方位。

(2) 資料浮標下水作業

浮標開始進行吊掛作業前，須先進行相關準備工作，此外浮標下水吊掛作業，除應注意船速控制在停車狀態，尚須考量下列因素：

- (i) 為避免浮標下水時因重心不穩而導致翻覆，浮標吊掛位置應在浮標上半位置掛鉤處，如此才能讓浮標盡量保持垂直。
- (ii) 浮標吊起時(吊起高度不宜過高)，人員應保持與浮標一定距離，此外浮標應由固定穩定繩索控制，避免浮標上半部分風速計與船體本身發生碰撞。
- (iii) 浮標下水之脫鉤點應盡量接近水面，如此能避免布放時波浪儀因瞬間加速度值超過 1g 而損壞，及其他儀器可能受損(圖 3)。

浮標吊起至浮標下水作業時間約 30 分鐘，浮標下水後應注意船尾碰撞浮標上方儀器。



圖 3：浮標脫鉤下水

(3) 錨繫下水作業

錨繫開始下水後(圖 4 及圖 5)應控制船速，讓繩索下水速度不宜太快，如此若發生鐵籠子內繩索纏繞時，才有足夠應變時間。若布放時鐵籠內繩索在被拉起時發生纏繞情形，須在已布放繩索之尾端處用止索作假固定，讓作業人員有足夠時間解開纏繞繩索。

作業過程中分為船上吊掛及搬運作業人員，與船隻操控人員。總指揮控管船隻操作及甲板作業之間運作之流暢，另有協助拍照及攝影人員負責記錄作業過程。錨繫下水作業時間隨浮標布放水深及錨繫長度而有所不同，一般布放 2500m 繩索約需 60 分鐘，6000m 繩索約需 90~120 分鐘。



圖 4：連接玻璃浮球及鐵鍊



圖 5：玻璃浮球用脫鈎器脫鈎下水

(4) 錨錠組下水作業

錨錠組下水作業須審視以下幾點：1.錨錠串下水點應注意欲預定布放點之相對位置；2.與固定錨錠串下水的鋼索及繩索之固定方式；3.脫鈎讓錨錠串下水方式。作業情形如圖 6 所示。本項工作作業時間約 10~20 分鐘。



圖 6：準備脫鈎及割斷錨錠固定繩索

(5) 資料確認及三點定位

從浮標錨錠下水後，須與監控中心確認資料正常回傳。此外須以錨錠下水點為中心開始進行三點定位，作業時間約 60~120 分鐘，定位後計算出錨錠水深及經緯度與安全移動半徑範圍。定位資訊計算完成後回報監控中心，並轉通報業主。

5.浮標回收

浮標回收前應先確認海況，此外回收作業應考慮現場環境及設備正常運作等風險，擬定其應變措施，在正常回收程序遇到相關問題時採取相對應變作業。回收作業可能遭遇天氣風險及其應變規畫措施說明如下：

- (1)海象狀況：出航前參考氣象局海象及天氣預報，若有颱風生成或通過台灣附近，應等颱風過後才出航。若是出航後才遇到颱風突然生成，且預判會影響航行及作業安全，先行返港，擇日再出港作業。
- (2)可否下小艇：若回收當日的海況可下小艇，則在下小艇後輔助浮標回收，但若是回收當日海況不佳或是船艦考量安全無法下小艇，則採直接回收方式，作業情形如圖 7 所示，但須注意避免回收過程浮標與船隻間碰撞，降低風速計被撞壞機率。



圖 7：浮標套上兩條拖曳繩準備進行直接回收

五、深海資料浮標維護

深海浮標出海維護前，先確認異常狀況(圖 8)，並且研判可能故障狀況以及維修方案和維修流程。

因為深海浮標維護作業須使用大型船艦，必須下小艇來靠近浮標，與近岸用膠筏靠近方式不同。

(1)出發前海況預判

根據氣象局提供海況預報，海況條件須符合下小艇條件。

(2)船隻選擇

須選用大型船艦配備小艇，小艇須採用輕便的平底汽(膠)艇，且在浪況很好時才能下水。

(3)維護作業流程模擬

因深海浮標維護作業的困難度較高，需要事先推演現場所有可能狀況，並且模擬不同維護方案，依照規劃的維護流程準備充足的維護工具及設備，才能順利完成維護，讓深海資料浮標持續運作，圖 9 為海上現場維護情形。



圖 8：浮標維護前狀況

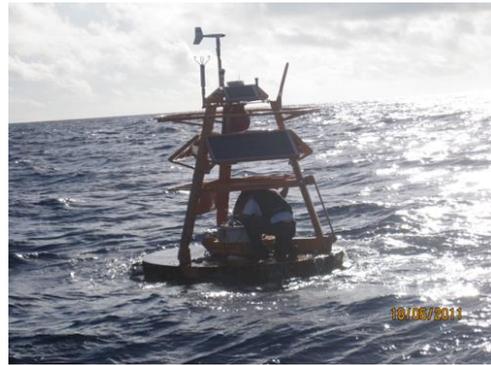


圖 9：海上維護作業情形

六、結論

中央氣象局委託成功大學近海水文中心分別於 2009 年、2010 年布放台東外洋資料浮標及東沙島資料浮標，並且在 2015 年布放七美浮標，這些浮標資料提供氣象局及國內外相關海洋研究重要資訊。此外，深海資料浮標維運技術均已到達成熟階段，但近年來大陸鐵殼船越界捕撈頻繁，深海浮標時常遭到破壞，深海浮標距離台灣本島較遠，需要有足夠的船艦團隊來支援深海浮標的維運作業。然而目前國內大型研究船艦有限，且學界的海研研究船也無法在異常時調用，造成深海浮標受到破壞後，往往無法即時安排海上維修或回收。氣象局迫於無奈，2018 年起須先暫停台東外洋資料浮標觀測作業，甚為可惜。基此，未來建議政府建造可長期支援海上維護或回收作業船隊，或是尋找民間適合長期配合作業船隻。這將會扮演深海資料浮標維運的重要關鍵。

七、參考文獻

1. 黃明志、高家俊，《海象監測自動化技術可行性及系統發展規劃》，1991
2. 高家俊、莊士賢等，《海象資料浮標即時測報系統運用於南沙海域之評估第二年度報告》，交通部科技顧問室報告，1999
3. 莊士賢、高家俊等，《近海水文網基本站之建置-近海水文觀測站網建置》，經濟部水利署委託近海水文中心研究報告 RAA1008，2002
4. 鄧中柱，《深海浮標之可行性研究》，中央氣象局研究計畫期末報告，2003
5. 李汴軍、徐月娟、高家俊、饒國清、施孟憲，《深海資料浮標作業能量建立》，海洋及水下科技季刊，第 17 卷第一期，2007

致謝

本研究計畫受中央氣象局長期支持，本團隊致上感謝之意。

英文摘要

Review of Operational Data Buoys on Deep Water

Kuo-Ching Jao

Leader of R&D Department, Coastal Ocean Monitoring Center, National Cheng Kung University

Mon-hsien Shih.

Engineer of R&D Department, Coastal Ocean Monitoring Center, National Cheng Kung University

Abstract

For the purposes of monitoring the metocean data and improving the forecast capabilities of sea state and typhoon, the Marine Meteorology Center of the Central Weather Bureau (CWB) entrusted the Coastal Ocean Monitoring Center (COMC) within the National Cheng Kung University (NCKU) to design, manufacture, deploy and manipulate two essential deep ocean metocean buoys. These metocean buoys have been deployed in the east of the Gagua Ridge and the Northeast of the Pratas Islands with 5,600 m and 2600 m in depth, respectively, since 2009 and 2010. They have been integrated into the marine observation network of the CWB since August 2009 and May 2010, and successfully collected metocean data in the south of the Taiwan Straits and the southeast offshore of Taiwan as well.

As a result of the traffic safety of navigation vessels for both sides of the Taiwan Strait, Qi-Mei metocean buoy has been deployed in the south of the Penghu Islands with 109 m in depth. The maintenance technologies of the COMC for these deep ocean metocean buoys are consummate skills to operate the standard procedure in this day and age. However, the Chinese fishing vessels have recently crossed over the border to cause these deep ocean metocean buoys to be damaged by their fishing behaviors. Therefore, it should be necessary to build and own the maritime work fleets to support the regular operation and maintenance (O&M) of these deep ocean metocean buoys, because they are offshore and far away from Taiwanese harbors. These fleets will play an important role for the development of the deep ocean metocean buoy in the future.

作者簡介



饒國清，現任國立成功大學近海水文中心系統組組長。畢業於國立成功大學水利及海洋工程研究所。專長波浪力學、資料浮標力學分析、風湧浪分析。



施孟憲，現任國立成功大學近海水文中心系統組高級工程師。畢業於國立中山大學海洋資源研究所。專長海流分析、漂砂分析。