

海氣象觀測資料品管程序之精進

陳聖學¹ 滕春慈² 林沛臻¹ 陳秋份¹ 董東璟¹³

¹ 國立成功大學近海水文中心

² 交通部中央氣象局海象測報中心主任

³ 國立成功大學水利及海洋工程學系教授

摘要

作業化海氣象觀測之主要目的在於提供長期且正確的觀測資料供各界運用，欲達成此目的除觀測系統的正常運作外，仍需建立一套監控品管系統，以確保觀測資料的品質與可靠度。近海水文中心協助中央氣象局等政府單位於台灣附近海域建置多座資料浮標，為確保觀測資料的正確性，初期係參考美國海洋大氣總署資料浮標中心(NDBC)公布之資料品管手冊及依據台灣海域特性，制定海象資料品管流程及方法。長期以來，實施資料品管作業過程中，對於前端品管、訊號傳輸、觀測作業的健康度及原有的品管方法有更完整的架構，希望藉由 20 餘年來執行作業化觀測累積之經驗，精進改良符合台灣海域的資料品管程序。

關鍵詞：資料品管、資料浮標、海洋觀測資料

The Improvement of the Quality Control Procedure of the Marine Meteorological Observation Data

Sheng-Hsueh Chen^{*} Chuen-Teyr Terng Pei-Chen Lin Chiu-Fen Chen Dong-Jiing Doong

^{*} QC Engineer, COMC(Coastal Ocean Monitoring Center), National Cheng Kung University

ABSTRACT

The purpose of operational marine meteorological observation is to provide stable and accurate observation data. It is necessary to establish a data quality control system to ensure the quality and reliability of the observation data. The Coastal Ocean Monitoring Center assisted Central Weather Bureau and other government units to build multiple data buoys around Taiwan. Initially, the quality control procedures and methods for developing oceanographic data were based on the National Data Buoy Center (NDBC) and adjusted according to the characteristics of the Taiwan waters. During the long-term implementation of ocean observation operations, there are more detailed discussions on the pre-stage quality control, signal transmission, the health of the observation system and the old quality control methods. Based on the accumulated experience in the implementation of operational observations for more than 20 years, this paper has refined and improved the marine data quality control procedures in the Taiwan waters.

Keywords: Quality control; Data buoy; Marine data

一、前言

作業化海氣象觀測之主要目的在於提供長期且正確的觀測資料供各界運用，欲達成此目的除觀測系統的正常運作外，仍需建立一套監控品管系統，

以確保觀測資料的品質與可靠度。通常現場即時資料在經由擷取、運算、編碼、通訊傳遞、接收解碼、儲存等複雜的流程中，可能因為儀器設備的故障、人為疏忽或是一些不明原因的干擾，造成資料的錯

誤或漏失，這些失真的資料若不經過適當的品質檢測，其謬誤極易誤導學術研究的結果，或造成工程應用上的設計錯誤等重大影響，故對資料進行檢測及品質管制有其必要性。

近海水文中心於 1997 年協助中央氣象局在花蓮七星潭建置第一座作業化資料浮標進行觀測，之後陸續協助氣象局、水利署、國海院、港研中心等政府單位於台灣附近海域建置多座資料浮標，觀測項目涵蓋海表與水下的海氣象因子。

為確保觀測資料的正確性，初期係參考美國海洋大氣總署資料浮標中心(NDBC)公布之資料品管手冊及依據台灣海域特性，制定海象資料品管流程及方法。長期以來，實施資料品管作業過程中，對於前端品管、訊號傳輸、觀測作業的健康度及原有的品管方法有更深入的探討，希望藉由本中心 20 餘年來執行作業化觀測累積之經驗，精進改良符合台灣海域的資料品管程序。

二、前人研究

本文進行過往品管步驟與程序的回顧及彙整，不僅針對各觀測項目的資料品質把關，更由系統整體運作的角度，由感測儀器擷取電子訊號開始、針對通訊傳輸、異常狀況警示、自動化資料品管、人工檢核、長期資料分析比對及檔案管理等過程，層層把關以確保作業化觀測資料正確性及品管系統的優化。

美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)的國家資料浮標中心(National Data Buoy Center, NDBC)為國際間發展資料浮標觀測技術最完善的團隊之一。針對海氣象資料的品質保證，NDBC(2009)已發展出一套品管規範手冊。然而資料品管規範有其地域性，NDBC 所訂定的品管規範並不一定完全適用於臺灣。因此中央氣象局以資料浮標於臺灣海域現場實測的海氣象資料為分析對象，參考 NDBC 品管架構為基礎，以合理性、連續性以及關聯性三個原則來作自動品管的檢測(董東環等,1997)。

延續 NDBC 作法，董東環等(2007)分別針對自動資料品管分為二階段一檢測原始時序資料資料時序濾除誤差值、利用統計方法訂定品管標準，以進行海氣象觀測資料的自動品管。

美國的海洋綜合觀測系統 (IOOS)，是一多方機構 (主要參與者是 NOAA 轄屬研究單位) 共同參與為海洋、海岸與美國五大湖水域的環境觀測提供資料品管與資訊的專門組織。該組織任務之一是對其資料品管檢測方案進行持續且定期性更新與檢討，旨在提供觀測資料的代表性與正確性。

陳沛宏等(2020)針對臺北港觀測之風力、波浪、海流等資料進行資料品管，參考 IOOS QARTOD 手冊[3]之品管檢驗流程，進行 8 項檢驗項目的資料品質驗證，並建立 5 類品管標記，對品管資料更多層次的紀錄。

三、品管流程

為維持作業化觀測系統正常運作，並確保觀測資料的正確性，必須進行資料品管程序，往昔資料的檢驗流程較為分散，本文係將觀測資料的品管流程整合為八個區段，包括前端品管、訊號傳輸、健康度檢驗、即時品管、人工檢核、品管檔案建檔及回補記憶卡資料(如圖 1)，以下分別說明其運作內容與實際操作遭遇的問題與對策。

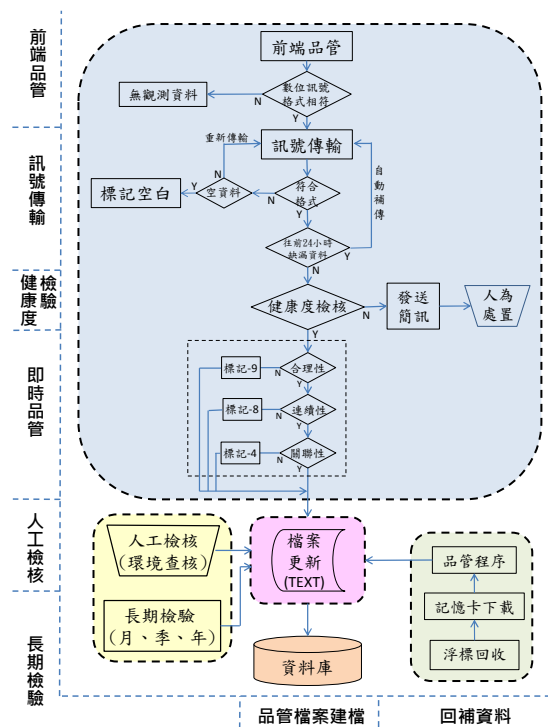


圖 1 海氣象觀測資料品管程序流程圖

3.1 前端品管

前端品管係指資料在擷取階段即先對資料進行處理，避免造成 GIGO(garbage in garbage out)的情形，依處理訊號分為訊號濾波(類比訊號，Analog Signal)與字串編碼檢核(數位訊號，Digital Signal)。

訊號濾波—透過資料收錄器(Data logger)，取得的原始數據可能包含環境噪音、儀器誤差、取樣誤差等非正常資料在內，可以透過數學運算初步去除這些雜訊，依各測計不同需求，分別採用平均值、移動平均、高通濾波、低通濾波、或其他濾波方法，取得去除雜訊之資料。

字串編碼檢核—一部分儀器(例如 ADCP、CTD)可提供特定格式數位輸出資料，整合外部收錄系統(例如 ACORE、樹莓派等)將可利用字串模式收錄觀測資料，但資料輸出與擷取皆可能發生錯誤，所以需透過資料編碼檢核的步驟以確保資料品質。

3.2 訊號傳輸

觀測站遍布全台沿海甚至遠洋，所採用通訊均為無線通訊，而資料傳輸過程中可能因天線、數據機機體、訊號品質、外部干擾或其他因素造成資料無法正確傳輸，因此需透過訊號傳輸過程中的多項檢驗以確保資料正確。

ID 檢驗—資料接收首要即需確認發送源，在近岸行動通訊中，可透過事先設定之通訊參數(可以是特定的代碼[例如 MA8-ID]，或指定的外部通訊埠)進行辨識，遠洋衛星則使用 IMEI 碼進行辨識，若採用簡單的序列埠(Serial Port)資料接收，則可建立虛擬通訊埠(Virtual communication port)，同時接收多個外站資料。

資料長度檢驗—透過無線通訊接收資料，是以其結尾字串判斷該由何解碼程式進行解碼存檔，而每個結尾字串代表的字串長度是固定的，故若資料長度過長或過短，都代表此段資料已非從發送端發出之資料串，故直接捨棄此段資料不用。

時間字串檢驗—傳輸資料中包含該筆資料的觀測時間，日期、時間的資料可能在傳輸過程中有所變動，雖不常見但仍有可能發生，故應檢驗時間是否合理，包含格式是否符合時間的定義(例如 20 月 00 日或 2 月 30 日等)及是否出現不合理的時間(例如

1900 年或未來時間)，若有發生此類情形應剔除此筆資料。

(校驗和)檢驗—校驗和(Check Sum)是一種利用數學運算方法確保資料正確的方法，傳輸過程中即使資料長度、日期時間都正確，但資料內容本身也可能發生錯誤，可藉由校驗和進行檢驗篩除錯誤資料。

3.3 健康度檢驗

作業化近海水文觀測站布設後，要維持穩定的觀測資料輸出，除了儀器本身的耐用性外，亦須注意資料通訊及電力是否正常，且資料浮標是以錨繫固定於海上預定位置，故必須注意是否有斷纜漂移的可能性，因此必須進行健康度檢驗。一旦超過低電壓門檻，即會自動發送 SMS 簡訊通知相關人員，使監控人員第一時間掌握狀況以及進行後續應變。

電力檢查—近海水文觀測(包含岸上測站及海上測站)，因電力不易獲得，多採用太陽能電池作為電力來源，又因海上狀況較多，舉凡天候、鳥糞、或船隻碰撞等，都可能造成電力不足，一旦自動檢查系統確認電力過低，即啟動簡訊通報。

資料完整性檢查—近海水文觀測站一般是位於偏遠地區甚至離岸較遠的海上，無線通訊的通訊品質極可能不佳，為確保其觀測成功率，已加入自動補傳機制，但海上狀況多，為了第一時間掌握狀況，一旦資料短缺連續 3 筆以上，將啟動簡訊通知。

浮標座標檢查—海上資料浮標是以錨繫固定於海床，以確保觀測資料位於指定海域。資料浮標會在一圓形範圍內移動(此範圍與水深與錨繫長度有關)，故資料浮標布放後，會計算出一容許半徑做為其檢查標準，一旦超過門檻值，將啟動簡訊通知。

3.4 即時品管

即時自動品管之目的是利用運算快速的計算機對觀測資料篩選過一次，找出可疑資料以減少人工檢測時間。觀測資料透過程式中的演算法判斷實測資料的正確性，其判斷依據包括資料的合理性、連續性、關聯性等三個原則，將任何異常或是可疑的資料加以註記即時自動品管程序。關聯性檢驗是檢驗所量測之資料與其他相關物理量之關係是否有異常現象。

合理性檢驗—參照儀器規格、海氣象因子訂定品管標準觀測項目的物理限制、儀器量測範圍、歷史極值。儀器的測量範圍；另一是「物理限制」，指觀測量不應超過量測地點的海氣象臨界條件，例如以 McCown 之碎波極限公式 $H_b = 0.78 h_b$ 來制定合理波高範圍(McCowan, 1894)，其中 h_b 代表當地水深。觀測波高不應超過當地水深的碎波極限，否則視為不合理。

連續性檢驗—利用統計方式制定資料在時間及空間上的連續變量容許值，以稽延 t 小時差值經分組排序後，計算各組樣本所對應的發生機率，然後以統計理論之密合度試驗(goodness-of-fit)決定樣本資料最適合之機率分佈函數，求得某信賴水準機率(90%、95%、99%)所對應的差值樣本 x_{90} 、 x_{95} 與 x_{99} ，該值即代表在各信賴區間下，某項資料在 $t=1$ 小時延時所能容忍的最大變動範圍，也就是所求的連續性檢定標準，並依序求出 2 小時至 6 小時的檢定標準

關聯性檢驗—檢驗所量測之資料與其他相關物理量之關係是否有異常現象，海氣象特性往往受到外在環境的影響而改變(例如風與浪之關係)，利用不同物理量間之關連性，可互相檢驗資料的品質。此外，同一物理量使用不同量測儀器或是相同儀器同時量測，除了可明顯的比較資料正確性，對於儀器老化或毀損，更可顯示出其偏差量。由於風速計容易受損，一般均安裝二套風速計，以降低儀器故障的影響，並可相互比對檢測。

3.5 人工檢核

人工檢核項目除了驗證自動品管的正確性及訊號異常狀況之研判，亦針對劇烈天氣、大氣系統、地球物理、水深地形、洋流等環境查核項目，進行資料比對檢核。

即時品管驗證—即時品管係運用數學統計方法建立標準由程式自動判斷正確性，難免會有會生誤判情形，本步驟即是由人工進行資料判讀，將觀測資料應標記卻未標記，或真實觀測到的極端物理現象卻被標記的錯誤修正。

狀況研判—當觀測資料異常時，人工品管步驟可預先研判可能之原因，並嘗試遠端解決或為維修作業早做準備。

資料比對—一個別海域的海氣象資料可能其區域特性，執行人工品管步驟時，將針對同測站其他觀測資料、原始數據(raw data)及鄰近測站進行比對。此外，包含火山爆發、地震、颱風、鋒面等較大尺度物理現象，皆有可能對觀測資料產生影響，執行人工品管時亦須一併加入考量。

3.6 長期檢核

除了前述逐時與逐日品管外，有些觀測項目會因儀器老化或系統誤差，資料發生緩慢偏移狀況，需要較長期間檢核觀測資料的正確性，因此進行長期檢核，依月、季、年及長期等時間尺度，分別檢核確保觀測資料的正確性。

每月檢核—以月討論形式針對前一個月的觀測資料進行資料檢核，透過多個單位的觀測數據進行資料比對，統計並分析相關資料以期及早發現錯誤。

年度檢核—於年初針對去年資料進行檢核，並將回收浮標之完整記憶卡資料重新品管，使因傳輸限制僅能回傳精簡資料的測站，能得到完整數據，在製作年報時，有更完整呈現。

季節檢核—台灣海域的海氣象觀測項目，常有明顯的季節變化，例如冬季的東北季風與夏季的西南季風，本品管步驟即分別針對季節探討資料正確性並檢核。

長期資料變化分析—全球氣候變遷是近年熱門的議題，由數年之長期資料檢討觀測項目之變化趨勢，可以提供相關數據以茲驗證，亦可提供政府機構決策的方向。

3.7 檔案處理

資料檔案建檔與管理是資料品管的重中之重，目前主要以一般文書格式(TXT)進行存檔，其具有可用任何文書編輯軟體讀寫的方便性，而為了資料獲得更即時的展示，也會存成資料庫格式(SQL)有利於資料快速檢索。

因應觀測項目越來越多樣化，且須更完善多重資料品管標記，目前規劃加入標籤化語言格式(例如 JSON)，其具有可讀性、易處理的優點，對於觀測資料運作流程頗有助益。

四、結論與建議

本研究參考國內外海氣象觀測資料品管規範，與實際運作遭遇狀況，整合為一套適合台灣海域的作業流程，針對品管作業過程中的前端品管、訊號傳輸、健康度檢核、即時品管、人工品管、長期檢核等步驟分別說明，希望藉由本中心 20 餘年來執行作業化觀測累積之經驗，精進改良符合台灣海域的資料品管程序。

海洋觀測的科技日新月異，越來越多的觀測項目已可加掛到海洋觀測平台上，並 24 小時作業化運作，例如 GNSS 水位浮標、海上雨量系統、水下聲學量測、輻射偵測儀等，由於其量測的物理機制並不相同，對於資料品管造成挑戰，日後除持續精進品管成效外，建議針對新型態的觀測項目，也要增加研究與討論，使海洋觀測數據能更全面、完善。

謝誌

本論文為執行交通部中央氣象局、經濟部水利署、海洋委員會國家海洋研究院、交通部運輸研究所臺灣技術研究中心之計畫相關成果，承蒙經費補助與提供資料，使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. 董東璟、莊士賢、高家俊(1997)「海氣象觀測資料品管系統之建立」，*中華民國第十九屆海洋工程研討會論文集*，477-484 頁。
2. 陳沛宏、薛憲文、李忠潘、許弘莒、劉明鑫 (2020)「臺北港海氣象觀測數據檢核」，*港灣技術季刊*，(115)，14-32 頁。
3. 美國海洋綜合觀測系統(IOOS)，海洋即時資料品保手冊 (QARTOD Manual)：
<https://www.oceanbestpractices.net/handle/11329/336>
4. Doong, D.J., Chen, S.H., Kao, C.C., Lee, B.C. (2007) Data Quality Check Procedures of an Operational Coastal Ocean Monitoring Network, *Ocean Engineering*, Vol. 34, 234-246. (SCI)
5. NDBC, (2009) NDBC Technical Document 09-02, *Handbook of Automated Data Quality Control Checks and Procedures*