

# 風觀測改良研究

陳聖學<sup>1</sup> 林演斌<sup>2</sup> 施孟憲<sup>1</sup> 董東璟<sup>3</sup> 高家俊<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 國立成功大學近海水文中心研究助理

<sup>2</sup> 國立成功大學近海水文中心計畫副理

<sup>3</sup> 國立成功大學近海水文中心博士後研究員

<sup>4</sup> 國立成功大學水利及海洋工程學系教授

## 摘要

風速風向觀測為近海水文站網基本觀測項目之一，目前風速風向觀測多採用旋槳式風速風向計，此型式風速風向計係使用轉軸機械零件，經過現場長期使用後會產生磨損，使得觀測值偏移，甚至導致測計故障，尤其是裝置在海上的風速計，更容易受自然環境或人為外力影響而損壞，造成維護成本的負擔。因此為了提昇風速風向觀測的質量，茲選用超音波風速計進行改良研究，此型風速計特點之一為不具備機械軸承結構，故無磨損問題，經評估選用數種型號之超音波風速計，分別安裝於金門海上資料浮標等現場測站已進行觀測，藉由與旋槳式風速計並行觀測相互驗證。由現場測試結果，經統計分析過程，探討超音波風速計的量測準確性及海上耐用性等適用條件，以評估應用超音波風速計於作業化觀測的可行性。

關鍵字：風速觀測、超音波風速計、資料浮標

## The Study of Modified Wind Measurement

Sheng-Hsueh Chen Yen-Pin Lin Mon-Shen Shi

Dong-Jiing Doong Chia-Chun Kao\*

\* Professor, Department of Hydraulics and Ocean Engineering, National Cheng Kung University

## ABSTRACT

The measurements of wind speed and wind direction are important items for marine environment. The propeller anemometer is often used to measure wind speed and directions. But the propeller anemometer is also failure for the bearing abrasion. Besides, the salt, humidity, or artificial damage have caused the anemometers' lifetime shorter. In this study, ultrasonic anemometers were applied on buoys at sea and coastal weather measurement stations. After analyzed the data measured by two kinds of anemometers (propeller and ultrasonic). We could estimate the practicability for measuring wind speed and wind direction by ultrasonic anemometer instead of propeller.

Key words: anemometer; wind measurement; ultrasonic

## 一、前言

風速風向觀測為近海水文站網基本觀測項目之一，一般常利用風速計進行風速風向觀測，目前市面上已有多款風速計供作選擇，最常使用之風速計是採用旋槳式風速風向計，此型式風速風向計係使

用轉軸機械零件，經過現場長期使用後會產生磨損，使得觀測值偏移，甚至導致測計故障。依據多年維護經驗，觀測儀器損壞部分以風速計最易受損，尤其是裝置在海上的風速計，容易受自然環境或人為外力影響而損壞，造成維護成本的負擔。因此為了降低作業化風速風向計故障機率，已陸續著手新型風速計之應用研究，民國 94 年起則陸續於鵝

鑾鼻浮標、澎湖浮標、大武氣象站及石梯氣象站等多個測站安裝音波式風速風向計，取得許多寶貴的觀測資料。由這些現場測試結果，經由分析比較，將探討超音波風速計的量測準確性及海上耐用性等適用條件，以評估應用超音波風速計於作業化觀測的可行性。

## 二、觀測原理

爲了瞭解超音波式風速計之優缺點，須由瞭解旋槳式風速計與超音波風速計兩者之量測原理開始，兩者以不同之觀測原理所進行觀測。另外必須了解使用之超音波風速計產品之規格及性能，對於資料分析結果之研判亦有幫助。

超音波風速計其量測原理爲都卜勒效應（Doppler Effect）。都卜勒效應是指由於波源或觀測者的運動，造成觀測頻率與波源頻率不同的現象。利用下列公式即可求得通過該軸斷面之風速計如圖 1。

$$V = \frac{L}{2} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$
$$C = \frac{L}{2} \left( \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)$$

其中 L 爲位於同一軸面之兩個感測器距離  
C 爲聲音在空氣中之速度  
V 爲氣流之速度  
T1、T2 爲超音波傳遞的時間

超音波量測系統爲超音波三向風速溫度計，包含風速各分量（X、Y、W）及溫度之量測。整個超音波系統量測（包含風速各分量及溫度）之取樣頻率爲每秒 20 次，透過類比數位轉換器，將訊號數位化，以 RS-232C 介面序列式地將資料傳至個人電腦硬碟儲存。

## 三、觀測方法與成果

### 3.1 整合方式

使用超音波風速計觀測之系統架構有兩種方式，第一種方式如圖 2，透過更新原有系統之電路及作業程式之方式，達成增加超音波風速計觀測之目的，原有系統之儀器設計包含 2 只旋槳式風速計，取樣間隔爲 500ms，透過調整作業程式，可以

選擇將超音波風速計加裝爲第 3 只風速計，亦可以取代其中 1 只旋槳式風速計，這一種做法適合長期使用，透過調整作業程式可以提高超音波風速訊號取樣頻率，取樣間隔爲 32ms，使得系統同時具備研究以及作業化功能。

第二種方式如圖 2 下圖，於測站加裝第二套觀測系統，與原系統共用電力子系統，原系統與新系統爲獨立設計，便於拆解及安裝，適合短期研究使用，超音波風速訊號之取樣間隔爲 32ms。以上兩種方式均爲可行，可以視需求選用。

超音波風速觀測系統採用美國 Tern 公司之 BirdBox-A 及 MemCard(MMB)資料收錄器，依照所需功能使用 C 語言自行編寫程式碼，再以二進位檔 (Binary file) 燒製成韌體 (Firmware) 以供應用，觀測系統之功能區分爲感應、擷取、分析、編碼、儲存、傳輸以及電力子系統。

### 3.2 觀測結果

截至目前已進行 8 站超音波風速計的安裝測試，其測站、測試時間及測試的超音波風速計型式皆不相同，經由這些測試可以了解音波式風速計之穩定性，同時分析這些資料可以得知音波式風速計之準確性，測試地點與使用的風速計如表 1 所示，各測站超音波風速計使用狀況說明如下。

早期(民國 89 年)使用之超音波風速計安裝於塹港氣象站，其音波式風速資料與旋槳式資料比對相關性良好，顯示塹港氣象站之音波式風速計訊號品質良好，使用約 2 年 5 個月後發生積水銹蝕，影響其穩定性，惟此型風速計過於老舊已不再採用。

金門浮標在 93 年 7 月 21 日起在原有兩只螺旋槳風速計外，再加裝一只超音波風速計，爲首次安裝超音波風速計於海上測站，至 93 年 1 月 7 日故障爲止，共取得約 6 個月寶貴資料，其音波式風速計實測資料與同樣安裝在浮標上之旋槳式風速計比對，平均風速風向比較結果顯示音波式風速風向計與螺旋式風速風向計對於風速及風向之量測結果一致；由音波式與旋槳式風向及風速進行相關性分析，兩只風速相關係數爲 0.978，顯示其相關性良好，超過 0.85 的相關係數顯示音波式風速計，在海上量測風速之準確性均可以信賴，同時顯示金門浮標之音波式風速計訊號品質良好。依據以上的討論，顯示使用於金門浮標之音波式資料與旋槳式資

料比對結果相關性非常好，而且於測試期間(約半年)該風速計之穩定性良好，但風速計於稍後作業時在港邊吊運過程不慎遭受吊垂撞擊，使得測試無法繼續進行，此為外力因素導致故障，事後經過檢討將作業程序調整為吊放浮標下水後再組裝超音波風速計，後續各浮標布放時即依此程序進行，類似情形已不再發生

在有了金門浮標成功經驗的鼓勵下，於民國 94 年 11 月布放之鵝鑾鼻浮標也進行加裝音波式風速計進行分析及研究評估，鵝鑾鼻浮標使用 Young 81000 風速計時，並將風速計內建之濾波功能設定為"OMIT INVALID DATA"，其意義為若有雜訊時將不會被風速計輸出。使用於鵝鑾鼻浮標之音波式風速計使用約 12 個月時方始產生雜訊(風速約為極限量測風速 56m/s)，其運作大致正常，惟音波式資料與旋槳式資料比對結果相關係數較金門浮標低，顯示數據點較為散亂(圖 3)，尤其當旋槳式風速計約為 2m/s 時，音波式風速計風速測值約達到 14m/s。經進一步檢討 Young 81000 風速計與旋槳式風速計比對資料，民國 95 年 3 月 8 日 10~15 時以及 22 時音波式風速較旋槳式風速大很多，音波式風速計幾乎達到極限量測風速(56m/s)，再檢查 3 月 8 日 10 時及 15 時超音波風速計各軸原始訊號，發現 10 時原始訊號全為雜訊，而 15 時原始訊號超過一半為雜訊，顯示風速計濾波功能啟動後，仍然會發生雜訊，這些雜訊使得統計分析結果發生偏差，因此爾後除了啟動風速計內建濾波功能外，資料擷取系統必須加入濾波程序，以改善大部分統計分析結果，少部分的數據如 3 月 8 日 10 時者，資料擷取系統之濾波程序亦將不會發生作用，必須改用訊號較為穩定的風速計才可以解決此問題。

由於鵝鑾鼻浮標採用之 YOUNG 三軸風速計，常出現雜訊無法濾除現象，故本計劃在積極尋求其他解決方案，於 2006 年澎湖浮標佈放時則安裝 YOUNG 二軸風速計，以進行研究評估。測試比對結果旋槳式與音波式風速計相當良好，其相關性達 99%，但是此型風速計步較不具耐海性，僅使用不到二個月即告故障，不建議繼續使用本型於海上

為持續尋找適用於海上之音波式風速計，研究團隊於後續佈放之彰化浮標，選用 Gill 二軸音波式風速計安裝於浮標上進行測試，截至目前為止，其

運作約達 3 個月，其功能仍維持正常，其資料與旋槳式風速計分析比對結果十分良好，相關性達 99%。是目前海上資料浮標換裝的首要考量

除了持續尋找適用於海上資料浮標的音波式風速計外，亦積極尋找適用於陸上氣象站之音波式風速計，首先於大武壠位氣象站加裝 Gill 二軸音波式風速計，至今約半年的時間運作均正常，與旋槳式風速計觀測值之比較十分良好，相關性達 99%，是相當適合的選擇

為了獲得更多音波式風速計應用於海氣象觀測之相關資訊，本計劃茲安裝獨立系統於石梯及外傘頂測站，除了與測站現場與旋槳式風速計作分析比對，並能獲得原始時序列(圖 4)，供作進一步之研究分析。經比對超音波風速計與現場測站之螺旋槳風速計之觀測資料，其相關性均相當良好達 99%(圖 5)。但外傘頂氣象站安裝時通訊系統發生問題，無法即時回傳資料，已於 2007 年重新安裝，目前運作正常。石梯氣象站則因控制箱門鎖頭故障，無法上鎖，導致控制系統易被雨水淋濕，已取回維護，目前停止觀測

#### 四、結論

由近年所使用時各類測站之超音波風速計所觀測得之資料，與當地之螺旋槳式風速計觀測資料做比對分析，發現不論是安裝於海上資料浮標或陸上氣象站，其相關性均可達相當良好之程度，顯示超音波風速在觀測資料的準確性與螺旋槳式並無差別。

另一考量重點則為其耐用性，由表 1 可以發現多款超音波風速計，於海上僅使用 2~3 個月即告故障，不符合現作業化觀測的需求，故超音波風速計後續研究的重點應在找到適合海上作業化觀測之測計。

此外，超音波風速計特有的較高頻訊號觀測及輸出功能為旋槳式風速計所欠缺的，若有研究風紊流特性需求，則可選用超音波風速計進行後續研究。

#### 謝誌

本研究承蒙「經濟部水利署-近海水文觀測技術提升與資料分析研究 MOEAWRA0960002」計畫提供經費，使本研究得以順利進行，謹致謝忱。

## 參考文獻

1. 中央氣象局 (2004)「地面氣象測報作業規範」，中央氣象局出版。
2. 經濟部水利署 (2006)「水利署水文資料圖冊」，經濟部水利署。
3. Gii Instruments limited (2006) *WindMaster & WindMaster Pro Ultrasonic Anemometer User Manual*, Doc No. 1561-PS-0001.

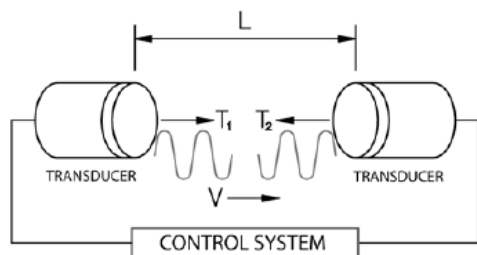


圖 1 超音波風速計觀測示意圖

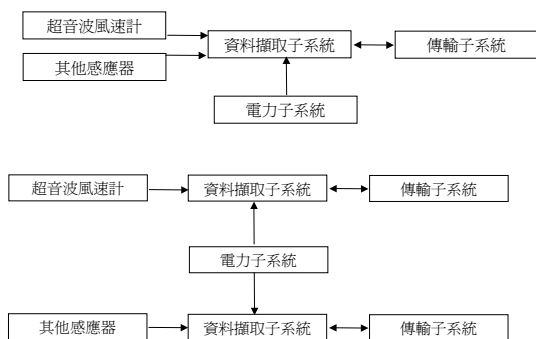


圖 2 超音波風速計觀測示意圖

表 1 超音波風速計測試地點及型號表

測站	廠牌型號	資料時間	備註	相關性
金門浮標	Gill 三軸	040721~050107	2只螺旋槳	88%
鵝鑾鼻浮標	Young 三軸	051102~070531	1只螺旋槳	98%
澎湖浮標	Young 二軸	060920~061029	2只螺旋槳	82%
彰化浮標	Gill 二軸	070304~迄今	取代風速2	99%
埤港氣象站	FT702	010517~031019	取代風速3	99%
大武氣象站	Gill 二軸	061020~迄今	取代風速2	99%
石梯氣象站	Gill 三軸	061025~070412	獨立系統	99%
外傘頂氣象站	Campbell 三軸	061116~061218	獨立系統	99%

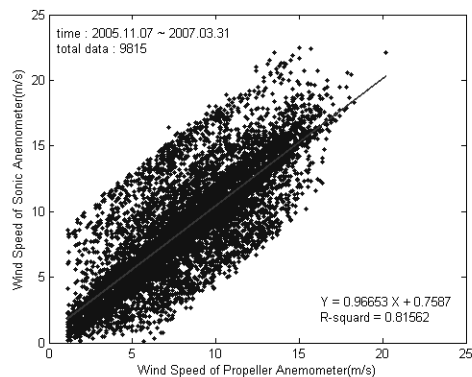


圖 3 鵝鑾鼻風速計相關性分析

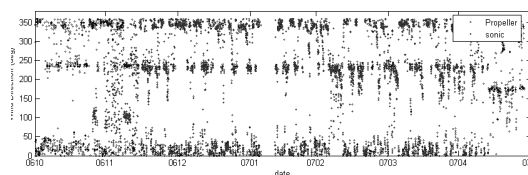
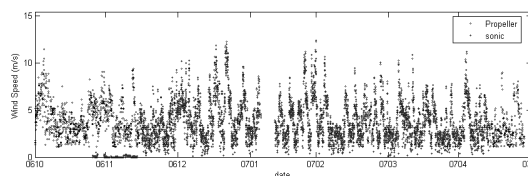


圖 4 石梯氣象站風速風向觀測時序列圖

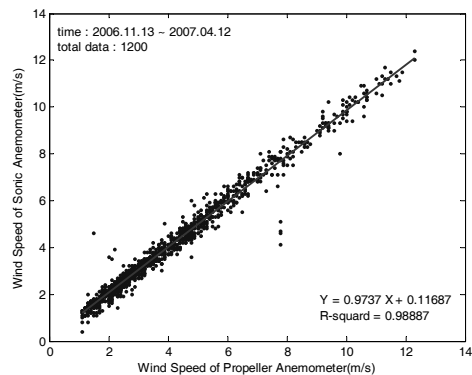


圖 5 石梯氣象站風速計相關性分析