



三維超聲波風速計在風力發電中的應用

振聯科技有限公司／王駿



一、前言

在大自然環境中的風能資源豐富，是沒有公害的能源之一。而且它取之不盡，用之不竭；對於缺水、缺燃料和交通不便的沿海島嶼、草原牧區、山區和高原地帶，因地制宜地利用風力發電，非常適合。海上風電也是可再生能源發展的重要領域，加快風電項目建設，對於促進治理大氣霧霾、調整能源結構和轉變經濟發展方式具有重要意義。

把風的動能轉化為機械能，再把機械能轉化為電能，這就是風力發電。風力發電是利用風力帶動風車葉片旋轉，再透過增速機將旋轉的速度提升，來促使發電機發電，依據目前的風車技術，三級風就有利用的價值，但從經濟合理的角度出發，風速大於每秒4米才適合用於發電。據測定，一台55千瓦的風力發電機組，當風速為每秒9.5米時，機組的輸出功率為55千瓦；當風速每秒8米時，功率為38千瓦；風速每秒6米時，只有16千瓦；而風速每秒5米時，僅為9.5千瓦。可見風力愈大，經濟效益也愈大。

▼表1 風速等級表

風級	名稱	風速 米/秒	陸地物象	水面物象	浪高 (米)
0	無風	0.0-0.2	煙直上，感覺沒風	平靜	0
1	軟風	0.3-1.5	煙示風向，風向標不動	微波峰無飛沫	0.1
2	輕風	1.6-3.3	樹葉有一點響聲	小波峰未破碎	0.2
3	微風	3.4-5.4	樹葉樹枝搖擺，旌旗展開	小波峰頂破裂	0.6
4	和風	5.5-7.9	吹起塵土、紙張、灰塵	小浪白沫波峰	1
5	輕勁風	8.0-10.7	小樹搖擺，湖面泛小波，	中浪折沫峰群	2
6	強風	10.8-13.8	樹枝搖動，電線有聲	大浪到個飛沫	3
7	疾風	13.9-17.1	步行困難，大樹搖動	破峰白沫成條	4
8	大風	17.2-20.7	折毀樹枝，前行阻力很大	浪長高有浪花	5.5
9	烈風	20.8-24.4	屋頂受損，樹枝折斷	浪峰倒卷	7
10	狂風	24.5-28.4	拔起樹木，摧毀房屋	海浪翻滾咆哮	9
11	暴風	28.5-32.6	損毀普遍，房屋吹走	波峰全呈飛沫	11.5
12	颱風	32.7-36.9	陸上極少，災害巨大	海浪滔天	14
13	颱風	37.0-41.4			
14	強颱風	41.5-46.1			
16	強颱風	51.0-56.0			
17	超強 颱風	56.1-61.2			
17 以上	超強 颱風	≥61.3			



▲ 圖1 風力發電

二、風速計在風力發電中的應用

1. 提高風力發電機的效率

一般的風力發電機，從較低的風速中帶動發電機馬達開始運轉，轉速隨風速增加，一直到額定風速，此時雖未進入失速狀態，但仍可選擇合適的槳距角使發電機輸出最大功率；當風速超過額定風速時則通過增大槳距角以保持轉速穩定在額定轉速附近，使輸出功率穩定在一定範圍內，因此，需要準確的測量風速風向讓風力發電機及時調整。



▲ 圖2 常見的風力發電機槳葉

2. 防止強風破壞

風電場所處的位置都是風能比較充足的地方，通常在西北地方和沿海地區，這些地方甚至曾經出現過12級的大風，但是對於風電機組而言，通常超過10級的大風通常都會有破壞性的，當遇到強風時可把槳葉調為順風狀態，即葉片的主要段弦線與風輪軸線平行，此時葉片迎風面積最小，風輪受風力作用大大減小，而且葉片的阻力可使風輪迅速停轉，有效地保護風力機安全，而且在自然界中風的走向不一定就是水準方向，尤其山區風速會有一定的角度，所以需要安裝風速感測器設備測量風速大小和方向。



▲ 圖3 山區的風力發電

三、傳統機械式風速計的缺點

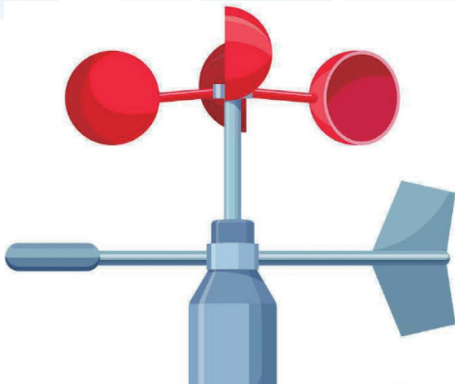
近幾年來隨著風電技術的發展，風電的感測器也在不斷地革新。作為一種對天氣測量的設備，用來測量風的方向在大小小的機械式風速風向儀在使用中慢慢暴露出許多問題，影響了風電的效率。

1. 機械式的風速風向儀依靠軸承的轉動來完成測量，所以其精度及壽命基本取決於軸承。例如：在風沙揚塵嚴重的場合以及腐蝕性嚴重的沿海場合軸承會過早由於異物



及腐蝕而引起卡轉，其使用壽命不會超過1年半。在環境相對良好的場合，風速風向儀隨時使用一定時間後軸承的阻尼也會發生變化，其測量資料的誤差會隨著時間的推移越來越大，一般其使用壽命為3年左右。

2. 資料誤差太大，不僅造成發電效率低，而且測量的錯誤資料也會影響其他設備的壽命，大大的增加設備使用成本。



▲ 圖4 機械式風速計

四、三維超聲波風速計的優點

三維超聲波風速感測器主要是利用超聲波時差法來實現風速的測量，聲音在空氣中的傳播速度，會和風向上的氣流速度疊加。若超聲波的傳播方向與風向相同，它的速度會加快;反之，它的速度會變慢。由於通常風力的變化與風速的大小有著直接的關係，因此超聲波在空氣中傳播的速度可以和風速函數對應，通過計算三對超聲波的探頭信號，即可得到精確的風速和風向。

三維超聲波風速計具有以下優點：

1. 沒有運動部件，不存在機械磨損。
2. 反應快。

3. 靈敏度高，檢測風速最小值可達每秒幾釐米。
4. 測量的結果屬於線性輸出，準確度較高。
5. 可以測量任意方向的風速，且在測風的同時還可以測量大氣的溫度。



▲ 圖5 安裝完畢的SONIC SAT-600三維超聲波風速計

五、SONIC三維超聲波風速計SAT-600/SAT-900



▲ 圖6 SAT-600/SA-T900三維超聲波風速計

1. 主要特點：

- (1) SAT-600/SA-T900採用了新型的感測器，提高了惡劣環境的適應性。
- (2) 可以三維測量橫向和垂直方向風向(測量向上或者向下吹的風)。
- (3) 可以高速測量0 m/s 到 90 m/s的風速，並且有很高的線性度。
- (4) 沒有可以移動的零部件，在強風中不易損壞。
- (5) 採樣頻率高，可達20次每秒。
- (6) 可配備加熱器，減少雨雪天氣對測量的影響。

2. 產品參數：

測量範圍：0-60 m/s (SAT-600) 0-90m/SAT-900
(可選1,2,5,10,15,20,30,40,50,60,70,80,90m/s)

精度：±(3%讀取數值+0.05m/s)(風速) ±3 (風向)

輸出解析度：0.01m/s(風速) 0.1 (風向)

採樣頻率：4次/秒(可選：10次/秒或者20次/秒)

數位輸出：RS-422(可以輸出任何參數)
[數位輸出細節通信速率/1200,2400,4800,9600,19200bps 資料長度/8位元，同位/無，停止位/1位輸出格式/ASCII 風速輸出格式為CSV格式

模擬輸出：0-20mA 或者4-20mA (4CH)

輸出信號：暫態風速(U_i) 暫態風向(θ_i) 暫態垂直風速(W_i) 暫態風速(X_i, Y_i) 平均向量風速(U_m) 平均向量風向(θ_m) 平均垂直風速(W_m) 平均風速(X_m, Y_m) 3秒平均風速(U_3)

平均時間：1 - 15 min. (可以每一分鐘一分鐘的設置)

使用環境：溫度範圍-20~+50℃ 濕度範圍10%~95%RH

電力供應：直流24V 4W

主體材料：不銹鋼

重量：大概. 4.5kg

可選：加熱器(規格: DC24V 60W 包含50m 線纜) 超聲波溫度計

3. 從以上參數可以看到，SONIC三維超聲波風速計測量精度高，測量範圍廣，回應頻率高，並且有數位和類比輸出，方便連接風力發電機的控制系統，給風力發電機運行提供風速和風向重要的參數資料。

4. 通常陸地內一般不會有17級颶風，選擇量程0-60m/s三維超聲波風速計SAT-600即可，如果是在海上，可能會遇到超強颱風，可以選擇量程0-90m/s的三維超聲波風速計SAT-900。

5. 在寒帶區域，為了防止探頭結冰，可以加配加熱器，加熱探頭，確保測量精度，還可以選擇超聲波風速計，測量探頭所處的環境溫度。



▲ 圖7 海上風力發電

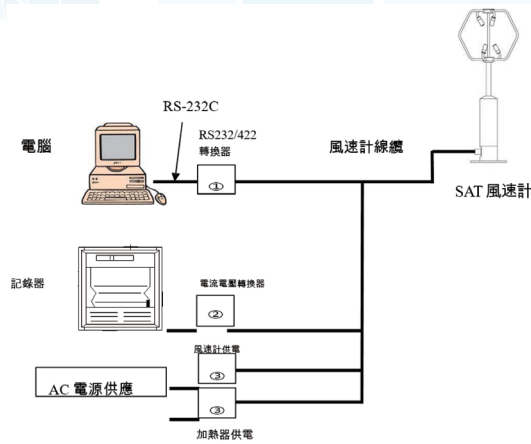


六、SAT-600風速計的使用

1. 硬體連接的方式

SAT-600硬體連接方式如圖8所示：

- (1) 風速計的信號線通過轉換器，連接到電腦的RS-232C介面上。
- (2) 輸出的電流信號可以通過電流-電壓轉換器，連接記錄儀，採集資料。
- (3) 電源線對風速計供電，如果配置加熱器，也可對加熱器進行供電。

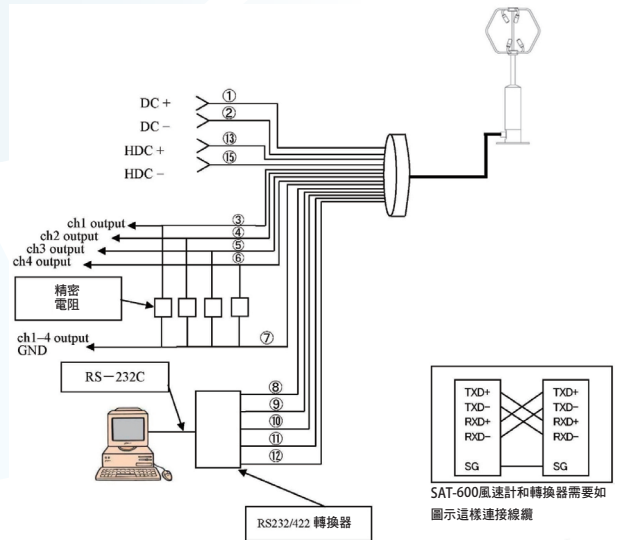


▲ 圖8 SAT-600的硬體連接方式

2. 電纜顏色代表的含義

電纜裡每根線的含義如圖9所示，可以看到SAT-600有很多輸出：

- (1) 有四個模擬輸出，輸出0-20mA或者4-20mA。
- (2) 如果需要電壓輸出，可以按照圖9接精密電阻。
- (3) 有RS-422輸出，如果需要轉化為RS-232需要按照圖9右下方的方式接線。
- (4) 標準線纜的長度是20米，長度可以定做，例如50米的線纜。



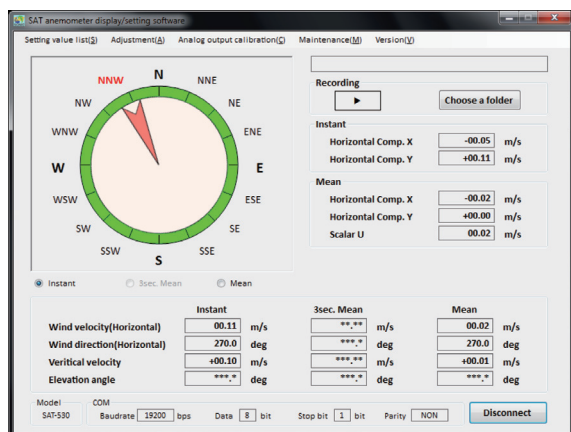
▲ 圖9 電纜裡每根線的顏色及含義

線的顏色和功能如下表所示：

引腳序號	7個不同的顏色 +7個混合白色 線纜外皮顏色	信號	備註
1	紅	D+	主機的供電正極
2	紅-白	DC-	主機供電接地
3	綠	模擬輸出1	
4	綠-白	模擬輸出2	
5	黃	模擬輸出3	
6	黃-白	模擬輸出4	
7	棕-白	AG	模擬輸出的接地
8	藍	RS-422 TXD+	
9	藍-白	RS-422 TXD-	
10	棕	SG	
11	灰	RS-422RXD+	
12	灰-白	RS-422RXD-	
13	黑	HDC+	給加熱器供電的正極
14	沒有使用	-	沒有使用
15	黑-白	HDC-	給加熱器供電的負極
16	沒有使用	-	沒有使用

3. 軟體介面

軟體介面如圖10所示：可以顯示風向、風速，並把測量的資料記錄下來。



▲ 圖10 軟體介面

4. 三維超聲波風速計安裝注意事項

- (1) 為了提高測風儀器測量結果的區域代表性，考慮到地形和障礙物對風速測定影響，一般要求三維超聲波風速計安裝在開闊的地方，高度大約距離地面10m高處，理想的安裝高度是和使用風電機組的高度相同。
- (2) 為了提高三維超聲波風速計的測量結果具有時間代表性，可以對一段時間內測量的數值進行平均。
- (3) 為了使三維超聲波風速計測量的結果具有比較性，必須使用統一規定型號的三維超聲波風速計。
- (4) 選擇三維超聲波風速計時必須考慮到三維超聲波風速計的機械構造特性和空氣動力學特性。機械構造方面的特性，指準確度、靈敏度、解析度、量程範圍等。空氣動力學特性，指阻尼比、時間常數、距離常量、慣性等。



▲ 圖11 SAT-600/SAT-900風速計安裝在高處

七、結語

風能是清潔能源中最重要的可再生能源之一，在歐洲、澳洲及美國等相對發達的國家，已得到了普遍性的運用。預計到2020年，全球風電累計裝機量達792.1GW，新增裝機量為79.5GW。

在世界各地，面對日益嚴峻的環境問題，大力發展以風電為代表的可再生能源非常有必要。例如：在大陸地區具有豐富的風能資源，開發潛力巨大。如果考慮3級及以上(風功率密度 ≥ 300 瓦/平方米)的風功率密度條件的地區可供開發，不包括青藏高原海拔高度超過3500米以上的區域，可供風能資源技術開發量為20-34億千瓦。正是基於如此巨量的風能資源，大陸在風電近年來的發展後勁十足，且台灣在風力發電上也積極發展中，三維超聲波風速計作為風力發電機的重要測量工具，在風力發電的市場會越來越廣闊。

✉ 參考資料

- [1] SONIC網站
- [2] 百度百科