

中華民國國家標準	風力機－小型垂直軸風力機 設計、性能及安全要求	總號	
CNS		類號	C 4

Wind turbines – Design , performance and safety requirements for small
vertical axis wind turbines

建議單位	台灣中小型風力機發展協會
起草委員或單位	台灣中小型風力機發展協會
建議案號	CNS 建-制 1010255
草案編號	CNS 草-制 1010259
編擬依據	台灣中小型風力機發展協會(TSWA)「小型垂直軸風力發電機組標準」
編訂說明	目的:制定該項標準可作為小型垂直軸風力機產品於設計、製造時有關性能及安全之規定，以確保使用者安全之目的。 理由: 小型垂直軸風力機為全球小型風力機發展趨勢，惟現行國際標準均以水平軸風力機為基礎，為協助國內小型垂直軸風力機產業出口，並確保使用者安全之基本要求，制定為國家標準有其必要性。

(共 11 頁)

公 布 日 期 年 月 日	經濟部標準檢驗局印行	修 訂 公 布 日 期 年 月 日
------------------	-------------------	----------------------

印行年 月 日

本標準非經本局同意不得翻印



1. 適用範圍

本標準規定了中小型垂直軸風力發電機組的術語和定義、主要結構形式和參數、技術要求、試驗方法、安裝要求、標誌、包裝、運輸及貯存。

本標準適用於轉子掃掠面積小於 200 m²，輸出電壓小於 1,000 V_{a.c.}或 1,500 V_{d.c.}之垂直軸風力發電機組。

本標準應與相關之國家標準、IEC 及 ISO 標準(如第 2 節所引用之標準)結合使用

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。

CNS 15176-1	風力機－第 1 部：設計規定
CNS 17025	測試與校正實驗室能力一般要求
ISO 2394	General principles on reliability for structures
ISO/IEC 17025 : 2005	General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratory
IEC 61400-2:2006	Wind turbines – Part 2: Design requirements for small wind turbines
IEC 60034-1	Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance
IEC 60034-2	Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)
IEC 60034-5	Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification
IEC 60034-8	Rotating electrical machines – Part 8: Terminal markings and direction of rotation
IEC 60038:1983	IEC standard voltages Amendment 1 (1994) Amendment 2 (1997)
IEC 60204-1	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements
IEC 60364-5-54	Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors
IEC 60721-2-1	Classification of environmental conditions – Part 2-1: Environmental conditions appearing in nature – Temperature and humidity
IEC 61400-12-1	Wind turbines – Part 12-1: Power performance measurements

IEC 61400-13	of electricity producing wind turbines Wind turbine generator systems – Part 13: Measurement of mechanical loads
IEC 61400-23	Wind turbine generator systems – Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades
IEC 61643-1	Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests
IEC 62103:2003	Electronic equipment for use in power installations
IEC 61727:2004	PV systems-Characteristics of the utility interface

3. 用語及定義

為達成本標準的目的，下列名詞和定義適用。

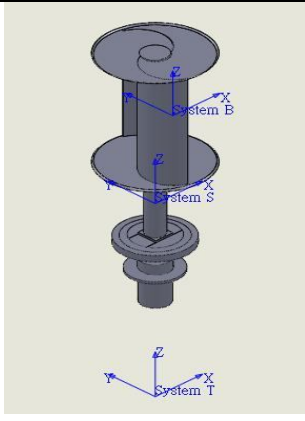
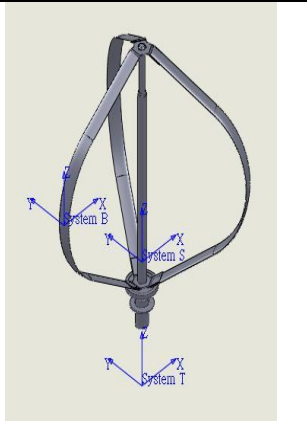
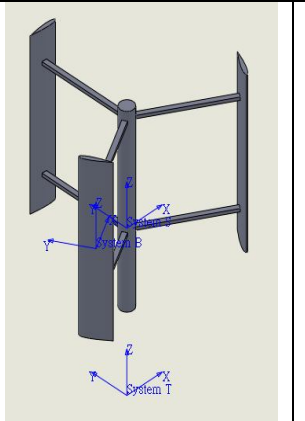
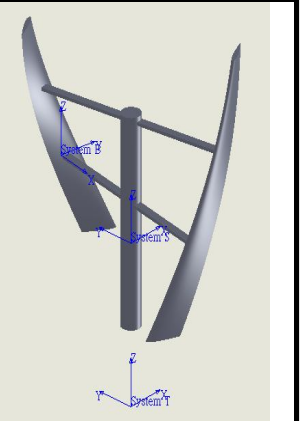
3.1 垂直軸風力發電機組 (Vertical Axis Wind Turbines ; VAWT)

垂直軸風力發電機組(以下簡稱垂直軸風力機)為其風力機風輪之旋轉軸(風輪軸)垂直於地面的風力發電機組。主要部件包括垂直風輪、發電機、控制器、電力轉換器、及支撐機構或塔架等組件所組成。

3.2 主要部件

3.2.1 風輪 (Rotor)

為垂直軸風力機將風能轉化為機械能的主要裝置，由葉片、葉片連接件、風輪軸件三大部件組成。某些設計則以葉片直接與風輪軸相連。以下則為數種依葉片型態分類之典型設計圖式，但本標準之適用並不僅限於這些設計。

			
Savonius 垂直軸風力機	Darrieus 型垂直軸風力機	H 直翼型垂直軸風力機	H 旋翼型垂直軸風力機

- (1) 葉片：為垂直風輪承受來自風的升力與阻力之氣動力特性，並將風能轉化為機械能的主要組件。
- (2) 葉片連接件：連接葉片與風輪軸的組件。
- (3) 風輪軸：由主轉軸(某些設計可能包括主轉軸軸筒)、軸承、及其他附屬機械部件組成，承受整個風輪的重量及風荷載傳遞的彎矩。

3.2.2 發電機 (Genetator)

將機械能轉換為電能的部件，分內轉子及外轉子兩種。

3.3.3 控制器 (Controller)

主要提供發電機輸出端整流、功率控制、剎車控制及(或)充電控制與進行各項電氣保護功能的裝置。

3.2.4 電力轉換器 (Inverter)

將發電機輸出端或發電機再經由控制器調控後的輸出端電能轉化為實用化的電能型式，一般分為離網與併網型兩種。某些設計之電力轉換器並可能與控制器整合成控制與電力轉換合為一體之裝置。

3.2.5 支撐機構 (Supporting Structure)

支撐整體風機系統並保證風機在運行過程中穩定的機構裝置，支撐機構可以是獨立於地面的塔架型式及其基座，也可以是與其他固定裝置(例如建築結構體、燈桿、拉索等)相連結的機構裝置。

3.3 垂直軸風力機之掃摺面積 (Swept Area of VAWT)

與迎風方向垂直的風輪旋轉面之投影面積。

3.4 垂直軸風力機之輪轂高度 (Hub Height of VAWT)

為上述投影面積範圍內的幾何中心離地面之高度。

4. 技術要求

4.1 技術範圍

垂直軸風力機組考量的系統技術範圍包含風力機主要部件，包括垂直風輪、發電機、控制器、電力轉換器、及支撐機構(或塔架與基礎)。對外部環境有影響的主要技術考量則為機組運轉所產生的噪音、振動與電磁輻射等。

4.2 一般要求

4.2.1 風力發電機等級

垂直軸風力機應依其適用區域風況，主要依據輪轂高度之基準風速(V_{ref})、年平均風速(V_{ave})、以及擾流參數(I_{15})，設計其適用等級，等級之劃分應依據 IEC 61400-2:2006 之 6.2 之規定，如下表所示。

小型風力機之等級	I	II	III	IV	S
V_{ref} (m/s)	50	42.5	37.5	30.0	由設計者 設定之值
V_{ave} (m/s)	10	8.5	7.5	6.0	
I_{15}	0.18	0.18	0.18	0.18	
a	2	2	2	2	

備考 1：以上數值均適用於輪轂高度

備考 2： I_{15} 為在 15 m/s 時之擾流強度之無因次特徵值

備考 3： a 為 IEC 61400-2 (ed.2)第 6.3.2.3 公式(7)所用之無因次斜率參數

備考 4：S 級是針對特殊要求(例如特殊風況、其他外部條件或特殊安全等級)時所定義。設計者選擇 S 級風力機，應將設計值明載於設計報告中。有關此等特殊設計，設計條件中所選擇之數值應至少要反映出小型風力

機使用之環境中可預期之嚴峻狀況。S 級之設計報告並應包含 IEC61400-2 (ed.2) 附錄 B 所示之內容。

4.2.2 工作條件

- (1) 一般環境條件：垂直軸風力機之設計應保證其整機系統在所宣稱之一定設計壽命期間，於一般環境工作條件下能維持正常運轉。這些一般環境條件包括：
 - (i) 環境溫度範圍 $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。
 - (ii) 太陽輻射強度小於或等於 1000 W/m^2 。
 - (iii) 環境相對濕度小於或等於 95%。
 - (iv) 標準空氣密度 1.225 kg/m^3 。(適用於不同海拔高度之空氣密度不同，應以適用之公式進轉換)。
- (2) 極端環境條件：垂直軸風力機之設計可以考量在一般環境條件以外的極端環境條件下存活的特定運轉性能，這些條件包括溫度、雷擊、結冰、沙塵、鹽害、颱風及地震。設計為極端環境條件下運轉之垂直軸風力機，應保證其與此等環境條件直接相關及所關切之重要組件在其正常運轉下的壽命期間維持正常功能；該風力機應接受模擬此等條件之試驗，此等試驗宜在整組風力發電機組上進行，若此為不可行時，則此等試驗應在系統中可能受到該外部條件影響之所有組件進行。
- (3) 正常風況條件：垂直軸風力機之設計應考慮其適用區域之風況條件，風況為影響結構完整性之主要外部考量。正常風況條件用以決定風機正常運轉下的結構疲勞負載。正常風況應依據 IEC 61400-2(2006)之 6.3.2 所定義的模式，包括風速分佈、正常風剖面模型(NWP)、正常擾流模型(NTM)等相關參數。
- (4) 極端風況條件：極端風況條件用以決定風機之結構極限負載，包含因暴風及風速與風向急速變化所產生之尖峰風速。應依據 IEC 61400-2:2006 第 6.3.3 節所定義的模式，考慮 1 年或 50 年回歸期下之極端風況，包括極端風速模型(EWM)、極端運轉陣風(EOG)、極端風向變化(EDC)、極端持續陣風(ECG)、具風向變化之極端持續陣風(ECD)等相關參數。設計為不須對準特定風向或沒有轉向誤差考量之垂直軸風力機，則不需考慮風向變化之模式。

4.2.3 基本性能參數

- (1) 切入風速(Cut in Wind Speed)：風力機開始發電時，輪轂高度中心處之最低平均風速。某些設計以外電供應驅動電動機之方式協助自啟動，其切入風速之定義應以電力轉換器輸出端淨電力輸出為正值時之風速為切入風速。
- (2) 切出風速(Cut out Wind Speed)：風力機在設計在穩態風速(無湍流)下發電時，輪轂高度中心處之最高平均風速。
- (3) 額定風速(Rated Wind Speed)：對應於額定功率之特定風速。
- (4) 額定功率(Rated Power)：風力機在正常穩態運轉下的最大一分鐘平均輸出功

率。此處最大輸出功率指經由電力轉換器調控過後的最大輸出功率。

- (5) 相較額定功率(Comparable Rated Power)：依據本標準試驗方法所量測的功率曲線，在 11m/s 風速時的輸出功率。
- (6) 年發電量(Annual Energy Production)：在風速機率分佈按照瑞利分佈，假設風機可用率為 100%，依據本標準試驗方法所量測功率曲線所預估一台風力機的年發電量。
- (7) 相較額定年發電量(Comparable Rated Annual Energy Production)：在風速機率分佈按照瑞利分佈，假設風機可用率為 100%，依據本標準試驗方法所量測功率曲線，所計算的以輪轂高度年平均 5 m/s 風速為基準的年發電量。本項參數目的在讓各型風機於同一個試驗平均風速條件下有相同的年發電量比較基準。
- (8) 相較視在聲壓位準(Comparable Apparent Sound Pressure Level)：依本試驗方法噪音量測方法，以瑞利風速機率分佈，在年平均 5 m/s 風速及距離 60m，於風力機正常運轉期間 95%之時間內不會超過之聲壓值。本項參數目的在讓各型風機於同一個試驗平均風速條件下有相同的噪音比較基準。
- (9) 風輪最大設計工作轉速：風輪經過所有設計限速控制機制後，所能達到的最大轉速，該值以依據本標準試驗方法安全與功能試驗實測結果並發表於正式測試報告之最大轉速值為準，風輪最大設計工作轉速用於計算強度評估中的離心力。
- (10) 過速控制方式：垂直風機應具備當風速超過額定風速或風輪最大工作轉速後具有自動限速之控制機制，保證風機在超過額定風速後並在切出風速前，風機能夠保持較穩定的轉速和功率。
- (11) 最大電流：風力機運轉時在系統控制或功率轉換電路所產生的最大瞬間電流。
- (12) 最大電壓：風力機運轉時(包含開放迴路狀態)產生的最大瞬間電壓。
- (13) 功率輸出形式：儲能或直接併網，或儲能兼併網，或其他任何將風力機輸出功率運用至負載的方式。
- (14) 功率係數：風力機的淨輸出電功率對自由流形態流過轉子掃略面積的風能之比值。淨輸出電功率對離網型風力發電系統而言，係指充電控制器的輸出端電能；對併網型風力發電系統而言，係指電力轉換器輸出併入市電端點的電能。

4.2.4 基本安全功能

垂直軸風力機之設計應至少包括下列基本安全功能考量，安全功能應考量包括運

轉上可能危害系統穩定度及可能因而進一步危害人員與環境等因素，此等安全功

能應能以試驗及(或)分析加以驗證：

- (1) 系統結構安全功能：風機系統應設計在系統正常風況下各項結構組件在正

常壽命期間不致因結構疲勞而影響系統結構安全，在極限風況條件下各項組件不致因結構極限強度破壞而影響系統結構安全。

- (2) 風輪過速保護功能：風機設計應具備使轉子於超過風輪最大工作轉速時，具有自動限速於最大設計轉速以下、減速，甚至完全停止之功能。該項保護功能可為主動或被動控制之裝置，可為機械、空氣動力、或電氣與負載結合之控制方式。過速保護功能建議具備故障安全(Fail-Safe)設計或雙重安全設計(Redundancy)，該項設計應能保護小型風力發電機不受任一單項保護裝置失效而影響過速保護之功能。
- (3) 安全停機功能：額定功率 1 千瓦以上(含 1 千瓦)的風力機的風輪轉軸上應配備有機械式的安全停機裝置，該裝置應能透過自動(控制器程式驅動電磁或油壓制動裝置等)以及可以手動(按鈕、開關、或拉桿等驅動制動裝置)的方式進行動作，並依所宣稱之風力機等級在所設計負載條件下將風力機帶至待機(Parked)狀態。安全停機裝置可與(3)所述之自動過速保護裝置配合形成更為安全的停機方式，但手動安全停機裝置應能凌駕自動控制系統，其按鈕、開關、或拉桿等應設計位於權責操作人員可接近之樓板或地面位置，並考慮了啟動這些操作所需之時間。安全停機裝置必需能有效安全操作，並應於安全與功能測試及耐久性測試中評估與驗證。任何額定功率之風力機於進行檢查、服務或維護前停機均應考慮在風速條件不低於 10m/s or $1.4V_{ave}$ (視何者為大)之風速下進行該程序之相關安全程序與規範。維修可設計為傾倒至地面維修或在塔架頂端進行維修，但維修前均應有安全程序以保證轉子不會任意位移，造成危險。
- (4) 電氣系統保護功能：本項功能應包含適當裝置以確保護垂直軸風力機控制器、電力轉換器及所連結之外部電力系統不受故障之影響，或因故障而導致不安全之狀態發生。此等保護功能應依據實際電力系統設計，考慮包括下列保護功能：
 - (i) 過電流保護功能：系統應具備當工作電流超過最大設計保護電流 50% 時，過電流保護裝置應能啟動，以保護電氣系統安全。
 - (ii) 極性反接電路保護功能：系統應具備發電機、或當有蓄電池及其他輔助供電裝置時之極性反接的電路保護功能。
 - (iii) 欠電壓保護功能：，當有蓄電池裝置時，當輸入端蓄電池電壓過低時，控制器應能保護性自動關機，以保護蓄電池。
 - (iv) 解聯功能：系統應具備依照維護或試驗之需要，可將風力發電機之電氣系統與所有電力供應源完全隔離，不應單獨採用半導體裝置作為解聯裝置。
 - (v) 接地與雷擊保護功能：系統應設計有局部接地設備(包括接地電極、接地導體、主要接地終端及接地棒或接地網) 以符合 IEC 60364-5-54，其安裝、配置、及設備選擇應與當地電氣法規包括例如「屋內線路裝置規則」及「屋外供電線路裝置規則」之要求，及對風力發電機系統之雷擊保護

考量相配合。

- (vi) 電氣導體與電纜保護功能：風力發電機系統相關之導體應依據 IEC 60204-1 選擇能對溫度、電壓、電流、環境條件及對外來會影響物質劣化環境之暴露有適應性，並應考慮安裝時及運轉中可能會遭受之扭曲或機械應力。應採用有保護效用被覆之電纜或導管，若屬地下電纜如無導管或線溝槽保護時，應以電纜蓋板或適當標示帶加以標示。其絕緣保護應經適當設計，以使得任何傳導到電氣組件之過電壓均不致超過該組件之絕緣水準所設定之界限值。
- (5) 電氣系統之外的其它風機系統防雷保護：本項應由製造商和用戶協商。建議小型風力發電機系統之雷擊保護與接地要求可參考 IEC 61400-24，其中接地系統及其接地電阻之考量可依據該標準第 9 章要求。

4.3 功率性能要求

垂直軸風力機之設計宜具備一定之功率性能，此等特性應能以試驗及(或)分析加以驗證。重要性能特性應包括依據 IEC 61400-2:2006 第 8 節所定義及依據本標準之試驗方法所量測的功率曲線(Power Curve)、相較額定年發電量(Comparable Rated Annual Energy Production)、和功率係數(Power Coefficient)。

4.4 耐久性與運轉可靠度要求

垂直軸風力機之設計應能通過依據本標準之試驗方法進行至少六個月期間及特定風況條件運轉時數之耐久性試驗，同時具備一定之運轉可靠度水準，以呈現在其設計運轉範圍下的耐久與可靠特性，包括結構完整性與材料劣化情形、風力機之環保品、及風力機之動態行為。

4.5 噪音要求

噪音管制要求通常在日夜間以及不同住宅或工商使用區域均有不同管制標準，垂直軸風力機之設計宜具備符合多數區域環保要求的噪音水平，此等特性應能以本標準之噪音試驗方法展示在運轉風速範圍及扣除背景噪音條件下，於不同距離所呈現的噪音特性。

4.6 支撐塔架與基座要求

4.6.1 支撐結構設計負載考量

- (a) 支撐結構或塔架以及基座之設計負載，應考量包括從轉子葉片、葉片連接件、風輪軸、機體、塔架以至基礎等之負載傳遞途徑下，傳遞至支撐結構的轉動與振動之空氣動力負載，以及整體系統重量負載。
- (b) 一般而言，建議風力機製造廠商應提供空氣動力極限負載及整體系統重量負載等相關資訊予結構技師進行支撐結構計算及/或簽證。
- (c) 上述空氣動力極限負載建議依據 ASCE 7-02『建築及其他結構最小設計負載 (Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)』第 6 章風載重 (Wind load)之規範計算，其基本設計風速則依據各地區法規要求(例如台灣各地依據『建築物耐風設計規範及解說』2.4 節規定)，如該地區未有法規要求，則依循各地離地 10 公尺高 50 年一遇的 3 秒最大陣風統計值做為基本設

計風速。

(d) 屬於獨立於地面之支撐結構並應考慮安裝地域土壤之特性及其相關之基座設計負載，屬於與既成建物結構結合之支撐結構應考慮對建物原始結構強度之影響。

4.6.2 勿須考量之支撐結構設計

轉子掃掠面積低於 2 m^2 時，可不需考慮支撐結構問題。轉子掃掠面積超過 2 m^2 時，則支撐結構應視為 SWT 系統之一部分。

4.6.3 支撐結構與建築相關規範

支撐結構設計應符合當地建築相關規範與法規。

4.6.4 支撐結構與維修

維修無法安全地卸下至地上之 SWT 及塔架，宜具備人員之昇降或於塔架上作業時能防止墜落之措施或設計。

4.6.5 支撐結構共振考量

支撐結構設計時應注意避免使風力機系統持續在共振頻率下運轉以免發生過度振動。

4.7 控制器及電力轉換器性能要求

控制器及電力轉換器必須能依據所設計風機之特性，提供發電機輸出端整流、功率控制、煞車控制或進行各項電氣保護功能；同時將電能轉化為安全與實用化的離網與併網電能應用。其組件性能要求應符合本標準第 5 章關於控制器及電力轉換器性能要求之試驗；其與系統搭配的性能表現可以由本標準關於功率性能試驗、及安全與功能試驗及/或評估中具體而得。

垂直軸風力機完成測試認證後，可能遇到控制器及電力轉換器需配合各地電力法規等因素須更換時，必須將欲更換之控制器與電力轉換器、原有之控制器與電力轉換器、以及發電機，送至合格試驗場，以電動機(電動機)拖動，確認在不同轉速下電力轉換器輸出端量測功率值誤差均不超過 $\pm 10\%$ ，此控制器與電力轉換器之組合可視為與原測試認證過之垂直軸風力機系統完全匹配。

4.8 電力品質要求

垂直軸風力機併網應考慮 IEC 61400-2:2006 之 6.5 之規定，並應符合安裝地區電網併聯相關法規之規定。

4.9 電磁相容性要求

垂直軸風力機的電磁相容性技術要求對象主要為發電機與控制器兩類組件，應考慮其電磁干擾(EMI, Electromagnetic Interference)和電磁耐受性(EMS, Electromagnetic Susceptibility)兩種特性。

4.9.1 發電機電磁相容性

其相關規定可參考 IEC 60034-12004 第 13 節之要求，並考慮安裝當地之特定電磁相容性指令要求。

4.9.2 控制器電磁相容性

(1) 一般小型風機控制器(併網市電的電流 $< 16 \text{ A}$)電磁相容性技術要求可參照

IEC 61000-6-3:1997 電磁兼容通用標準關於居住、商業和輕工業環境中的發射標準，及 IEC 61000-6-1:2007 電磁兼容通用標準關於居住、商業和輕工業環境中的抗干擾標準。

- (2) 控制器與發電機的電磁干擾部分可選擇分開進行測試，單就控制器的電磁干擾測試可用三相的交流電源供應器或自耦變壓器模擬風機做為測試的來源，並操作輸出在額定功率下進行驗證測試。
- (3) 離網型控制器的輸出未接於市電電源，但是仍應考量無線(輻射傳導)的電磁相容性。

5. 試驗

5.1 試驗場地

5.1.1 實際風況條件下進行之試驗場地

- (1) 風力機技術要求之試驗，其屬於必須在實際風況條件下進行之相關試驗應於符合 IEC 61400-12-1 之 5.2 所敘之合格試驗場地進行，該合格試驗場地並應有合格之試驗評估與儀器操作人員，其配屬相關試驗儀器應符合該標準第 6 節之要求。同時具備噪音試驗能量之合格試驗場地並應符合 IEC 61400-11 之 7.1.1 關於噪音量測位置及第 6 節關於量測儀器之要求。
- (2) 考量多數垂直軸風力機之運轉不需對準特定風向之特性，IEC 61400-12-1 之 5.2.2 有關排除特定方位受風力機尾流效應影響的量測數據之敘述，試驗場地可於原設氣象塔之 180° 度及與風機原距離相同之位置增設另一氣象塔，以此氣象塔所量測之相關方位之量測數據則可以不受原排除條款之限制。
- (3) 合格試驗場地應能提供構築於地面之穩固基礎設施供試驗風力機及其塔架進行試驗時與其搭接，該基礎設施必須能承受來自於試驗風機運轉期間加諸於地面之負載。

5.1.2 不屬於必須在實際風況條件下進行之試驗場地

風力機技術要求之驗證，其不屬於必須在實際風況條件下進行之相關試驗，包括極限或疲勞負載相關之結構安全之評估，應由合格評估人員或機構進行評估；以及與終端負載相連之電力轉換裝置之試驗，應由合格之電氣試驗機構進行試驗及/或評估。

5.2 強制要求之試驗與評估

任何垂直軸風力機應經過下列各節所述之強制要求試驗與評估，以驗證其性能與安全，及噪音之品質。合格場地或評估機構所出具之試驗與評估報告，均應於其報告首頁載明受檢測風機之基本風輪尺寸與其他可供識別之重要規格參數，並應附有受檢測風機之實體照片。

5.2.1 功率性能試驗(power performance test)

風力發電機功率性能測試應依 IEC 61400-12-1:2005 之方法及本標準附錄 A 之補充規定進行測試。測試結果應至少包呈現 IEC 61400-12-1:2005 第 8 節所列的下列重要功率性能相關項目：

- (a) 功率曲線(power Curve)。

(b) 年發電量(annual energy production, AEP)。

(c) 功率係數(power coefficient)。

5.2.2 耐久性試驗(duration test)

耐久性測試如無其他要求下，須符合 IEC 61400-2:2006 之 9.4 之要求。耐久測試的目的在於探討：結構完整性與材料退化情形(腐蝕、裂痕、變形等)、風力機的環保品質(主要為噪音)、以及風力機的動態行為。

(a) 當風力機全部達到以下項目時，則風力機視為通過耐久測試：

(i) 至少 6 個月於合格試驗場地的運轉測試；

(ii) 在各種風速之下至少進行 2,500 h 的發電運轉；

(iii) 在 1.2 倍 V_{ave} 以上風速下至少 250 h 的發電運轉；

(iv) 在 1.8 倍 V_{ave} 以上風速下至少 25 小時的發電運轉；

備考：上述兩項 V_{ave} 係以風力機廠商依 IEC 61400-2:2006 之 4.2 所宣稱之風力機等級下，輪轂高度之年平均風速。

(v) 在 $2.2V_{ave}$ 以上(但不小於 15 m/s)風速至少 10 min 的正常運轉。

(vi) 測試期間至少達 90% 以上的運轉可靠性，運轉可靠性以運轉時間比例 (operational time fraction) 來表達，運轉時間比例的計算應參考 IEC 61400-2:2006 之 9.4.2.2 之規定。

(b) 本節第(a)項(v)所稱之正常運轉，包括下列項目：

(i) 風力機發電中。

(ii) 在低風速切入與高風速切出時因風速變換而產生之自動啟動與停機。

(iii) 在風速低於切入風速或高於切出風速時之惰轉或停機狀態。

(iv) 風力機正常關機(並非故障所造成)到重新啟動之間的時間(例如煞車冷卻循環與尖端煞車回復等)。

(c) 本節第(a)項(vi)以運轉時間比例所表達的運轉可靠性，必須風力機本身或機構系統中的組件沒有重大故障(包括葉片、控制器、發電機、轉向軸承或電力轉換器)，風力機系統組件(包括系統支撐結構或塔架)沒有明顯磨損、腐蝕或損壞(意指可推斷在風力機壽命期間，任何會造成無法接受之強度或間隙減損之磨損情形)，且在可比較的風速下所產生的電力並無退化現象。試驗期間發生重大故障或任何上述重大故障關切之主要組件被替換，應視為試驗失敗。

(d) 本節第(a)項各項測試之基本參數或風速是以連續 10 min 之平均值為準，亦即 25 h 意味須有 10 min 平均一筆測試資料共 150 筆，合格試驗場地場應經驗證具備此等測試條件。

(e) 針對本節第(a)項(iv)及(v)，若風機設計為在 1.8 倍 V_{ave} 以上風速就已經停機，則可以由發電運轉改為正常運轉。

(f) 本節第(c)項所稱任何隱藏發電量退化現象之評估，可以依據耐久測試進行期間，將每一個月發電水準依照風速作分類。每一個風速均以分組之發電水準繪製成時間函數的圖形。如果可以看出趨勢時，則應進行討論以找出原

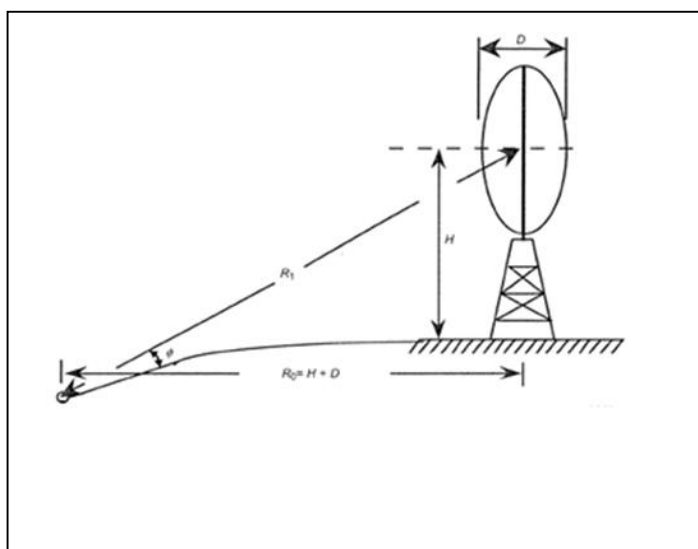
因。在電池充電系統的情況下，應畫出具有可比較之充電狀態的各點。本評估應僅採用被視為正常運轉的資料點。

- (g) 風力機的動態行為應加以觀察、評估與紀錄，從切入風速到 20 m/s (或 $1.8 V_{ave}$) 之間所有運轉條件(例如有負載、無負載、過速控制狀態等)，而總數應至少為 1 h ，以證實系統並未出現過度振動。測試期間內有關風力機及塔架有任何可見的問題及缺失皆須詳實記錄。
- (h) 耐久測試期間風力機的行為應由檢測單位及廠商進行協議，以盡可能與風力機的各项正常使用狀況相似，例如在電池充電系統中，電池的電壓水準應改變以反映電池組的充電與放電；或者於測試期間必須進行的少量可以被允許的維修；但這些都必須於測試報告中載明。

5.2.3 噪音試驗(acoustic sound test)

噪音量測之方法及測試內容應依據 IEC 61400-11:2006 進行，所使用之儀器應符合該標準第 6 節之規定，但仍應遵照下列附加規定：

- (a) 每一次量測所取的平均時間由 1 min 改為 10 s 。
- (b) 量測位置參照 IEC 61400-11 :2006 之 7.1 之規定，除量測基準點外，選擇性的另 3 個輔助量測位置得使用在量測上。量測位置相對於風向精確度應在 ± 15 度內。由風力機塔身垂直中心線至各麥克風位置的水平距離 R_0 ，許可差為 20% ，量測的精確度應為 $\pm 2\%$ 。對於垂直軸風力機 R_0 之定義為 $R_0=H+D$ ，如下圖所示。



- (c) 風速應以直接量測為主，避免使用依據功率及風速關係所推導出的風速值。
- (d) 應採用數據組法(bin 法)以線性迴歸的數據組分析法，決定整數風速時的音壓位準，視在聲功率位準(Apparent Sound Power Levels)之計算應依據 IEC 61400-11 之 8.3。
- (e) 在麥克風使用防風罩仍有效的情况下，應盡量量測更寬廣的風速範圍。
- (f) 應當觀察在高風速而過速保護裝置啟動的狀況下，是否風力機之噪音有明顯

變化。

(g) 聲值 (tonality) 不需分析，然而仍須在報告中說明所量測到的主要純音 (prominent tones)。

(h) 噪音試驗應包括下列重要結果：

(i) 風速、風向、大氣條件及相關風力機控制參數；

(ii) 視在聲功率位準 (apparent sound power levels)，依據 IEC61400-11 之 8.3 之量測及計算，並修正背景聲壓位準後，位於 5 m/、6 m/、7 m/、8 m/、9 m/、10 m/s 風速下的聲壓位準；

(iii) 風力機的相較噪音位準，建議引用 AWEA (AWEA 9.1, 2009) 對噪音量測位置與風機距離之關係，考慮距離風機輪轂中心 60 m，於年平均風速 5 m/s，並排除背景噪音的貢獻度，所量測與計算出的相較視在聲壓位準 (comparable apparent sound pressure level)。然而距風力機越遠的噪音總量 (風力機噪音加上背景噪音)，背景噪音的貢獻度將越高，背景噪音與風力機所在位置是否有道路或其他音源有絕大的關係。下式可用於計算風力機噪音與距離之關係：

$$\text{Turbine sound level} = L_{\text{AWEA}} + 10 \log(4\pi \times 60^2) - 10 \log(4\pi R^2),$$

式中， L_{AWEA} ：AWEA 額定聲壓位準

R ：觀測點與風力機轉子中心距離 (m)

風力機噪音加入背景噪音而得到噪音總量則為下式。

$$\text{Overall sound level} = 10 \log \left(10^{\frac{\text{turbine level}}{10}} + 10^{\frac{\text{background level}}{10}} \right)$$

5.2.4 強度評估及安全與功能試驗 (strength evaluation and safety/function test)

小型垂直軸風力機實際投入運轉之時間會比其於試驗場所測試的時間長許多，因此可能出現之結構極限強度或結構疲勞損壞必須輔以合理之計算與分析。風力機強度評估依據 IEC 61400-2:2006 之規範，與運轉條件息息相關，此運轉條件係設計時依據風況 (如低或高風速) 與工況 (如發電、待機、或停機等) 等條件，所配合訂定的風機運轉邏輯，以及因此所計算出的各種設計負載狀況 (design load case)，這些負載決定了風機原始設計的各個組件的結構強度，因此必須加以評估。同時，風機運轉邏輯中必須包含若干安全與系統運作功能，這些安全與系統功能多數均能在試驗場地予以試驗及評估是否確實有效。

(a) 風機機組強度評估：除了塔架與基礎之外，風力機廠商應提供整個機組的機械結構強度安全分析與評估。機械結構強度分析應至少涵蓋葉片、葉片連接件、風輪軸、以及整個垂直風輪與塔架搭接之組件強度，結構極限強度與疲勞強度均必須分析。其他機構部分可以依需要用快速檢視的方式觀察有無明顯的缺陷或損壞發生，再輔以相關分析。結構強度安全分析可分為負載計算及結構應力分析與結構強度評估兩部分：

(i) 負載計算：負載值之取得有 3 種方式：(1) 依據本標準附錄 B 所描述之垂直軸風力機簡易負載計算模型進行計算，同時必須考慮 IEC

61400-2:2006 第 7.8 節之安全係數；(2)依據 IEC 61400-2:2006 第 7.5 節之步驟，採用符合 IEC 規範之氣彈力模型(Aeroelastic Model)進行計算，由於垂直軸風力機無指向性問題，設計負載案例(Design Load Case, DLC)中之 DLC 1.2 與 1.4 並不適用於垂直軸風力機，並必須考慮該標準 7.8 之安全係數；(3)依據 IEC 61400-2:2006 第 7.5 節之設計負載案例，進行實際負載量測，量測方式與數據處理須符合 IEC 61400-13 之範疇。

採用上述(1)與(2)方式決定負載時，風機製造廠商應提供設計功率 P_{design} 、設計轉速 n_{design} 、設計主轉軸力矩 Q_{design} ，建議該 3 項參數並應在風機設計階段即已經由適當試驗取得。

- (ii) 結構應力分析與結構強度評估：結構應力分析方式主要分為 2 種方式：(a) 採用垂直軸風力機簡易負載計算模型取得負載值者，建議依

IEC 61400-2:2006 之 7.7 之公式進行結構應力分析。

- (b) 採用氣彈力模型進行負載計算取得負載值者，應用有限元素模型(Finite Element Model, FEM)進行結構應力分析。依據 IEC 61400-2:2006 之 7.9 之步驟，以及應力分析之結果進行結構強度安全評估，要注意的是，風力發電機系統之附屬部品如齒輪與軸承，以及機械系統接合點如螺栓與焊道等，可以耐久性測試結果加以評估，若有必要再依據如 ISO、VDI 或 AWS 等相關規範進行強度評估。

- (b) 針對支撐結構或塔架之結構強度及風力機運轉時與支撐結構或塔架之共振評估，應考量如下：

- (i) 共振一般較有可能發生於單一轉速或雙轉速之系統如採用一個或兩個感應式發電機之風力發電系統，至於變轉速之風力發電系統比較無耦合振動之疑慮。若廠商使用試驗試場之塔架，則僅需依 5.2.2(f)所述之方式進行評估；若廠商自備塔架進行測試，則除依 5.2.2(f)所述之方式進行評估之外，製造商應提供塔架自然振頻，評估時應確認塔架自然振頻應避開垂直風輪風輪一階、二階固有頻率，以避免與塔架產生耦合共振。

- (ii) 風力機製造廠商可提供經由結構技師所進行之支撐結構強度計算及/或簽證，該項計算必須基於風力機製造廠商確實提供之空氣動力極限負載及整體系統重量負載等相關資訊而為之。廠商對於本標準之符合尚須提供下列資訊：

- (1) 風力機組與塔架接合點規格，含機械結構與電力等接合點之細節。
- (2) 葉片與塔架之自然振頻。
- (3) 塔頂最大設計負載。
- (4) 允許之塔架最大變形量。

(5) 基座之相關規格，包括適用之基座設計負載；**基座配置**；若有支撐索，則支撐索位置及支撐索最大與最小建議及支撐索安裝規定；樣本基座系統之詳圖；可搭配之適當之土壤或其他搭接建物之條件。

(c) 安全與功能試驗及/或評估：本項試驗及/或評估可配合功率性能實驗或耐久性試驗進行，試驗人員應與提供試驗之風機廠商就安全與功能試驗及/或評估項目進行磋商，並明確表列安全與功能試驗及/或評估項目，因試驗所需而影響原可靠度之時間計算可以不列入可靠度時間計算中。至少應試驗及評估風機廠商所提出的下列各項：

(i) 運轉邏輯說明或運轉程序，包含功率與速度控制邏輯、待機及停機邏輯。

(ii) 在設計風速以上之過速保護機制。

(iii) 在設計風速以上之開機與停機機制。

(iv) 緊急或維修時之減速或停止機制。

其他可適用之試驗及/或評估項目為如下。

(v) 保養與維護手冊。

(vi) 高/低環境溫度運轉之操作條件說明，並提出相關文件以供審查(如潤滑油規格、電子元件等與操作溫度相關之規格)。

(vii) 過度振動保護機制。

(viii) 電池過電壓或低電壓保護。

(ix) 正常運轉下之緊急停機。

(x) 纜線扭轉。

(xi) 併網時之孤島保護機制。

(xii) 因組件故障或其他關鍵事件或操作條件所觸發之任何額外之保護系統功能，亦可加以試驗。此試驗可包含關鍵事件或操作條件之模擬。

5.2.5 葉片及葉片連接件結構強度試驗或評估

葉片及葉片連接件結構強度可經由載荷試驗，進一步輔助所設計之葉片結構極限強度是否足夠，疲勞強度則以評估分析為佳。載荷試驗可以按所定義運轉邏輯下的風況與工況條件而計算出的葉片及葉片連接件的分別最大負載(包含安全係數考量)進行結構強度之驗證，此最大負載通常是發生在切出風速之前葉片離心力產生的最大動態負載，以及在極端風速條件下必須承受的最大靜態負載。

(a) 靜態荷載試驗：靜態荷載試驗為強制性驗證項目，試驗所須施加的荷載必須取最大動態負載和最大靜態負載兩者最大者做為試驗的荷載依據。同樣以固定夾具將葉片或葉片連接件兩端鎖合於夾具上，可以按均勻分佈之荷載施加在葉片或葉片連接件上，或以重心位置之極限負載施加在葉片或葉片連接件的重心位置，建議試驗時載入至少 1 h 後卸載。

(b) 動態荷載試驗：動態荷載試驗可依個別廠商之產品特性而選擇是否進行，建議葉片的動態荷載試驗可以用驅動電動機所帶動的旋轉試驗來完成。旋轉試

驗應依照葉片實際設計情況，以固定夾具將葉片(有葉片連接件者應先與葉片連接件結合)兩端鎖合於夾具上，夾具與以電動機驅動的旋轉軸相連接，並於驅動器旋轉軸另一側配重使之保持整體平衡，而後平穩增加轉速至極限風況對應之最大轉速，建議試驗時載入至少 1 h 後卸載。

以上不論動態或靜態荷載試驗，應觀察卸載後的無任何開裂或損傷。另外，葉片連接件和風輪軸連接部位的結構強度，主要可能為螺栓、及 / 或其他焊道等，應評估其具備承受在極端風速下之最大負載所對應的結構強度。

5.3 發電機試驗

5.3.1 發電機之定額功率和性能指標

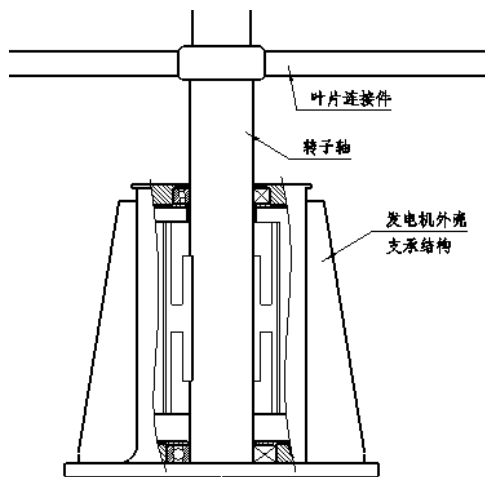
風力機廠商應要求發電機製造廠出具發電機之定額輸出功率和性能等相關指標供驗證。建議製造廠依據發電機標準 IEC 60034-1:2004 提供相關之定額功率和性能指標，同時提供發電機電流密度、發電機線負荷，發電機極對數、發電機最大短路電流和短路電流倍數等發電機設計基本參數供驗證。風場測試後，發電機漏電流(或絕緣電阻測試)應不大於發電機額定電流的 0.1%。

5.3.2 發電機耐用特性試驗

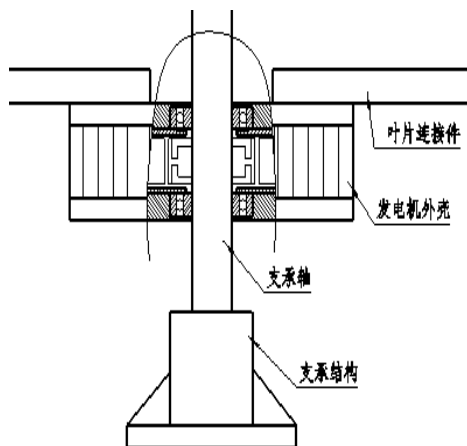
風力機廠商可透過要求發電機製造廠出具與發電機可能使用環境有關的以下特性試驗，以保證發電機的堅固與耐用特性，建議考慮包括機身防水防塵試驗、耐電壓試驗、耐低溫試驗、電磁相容性試驗、起動阻力矩測試、濕熱試驗、空載超速試驗、溫升試驗、過載試驗等。

5.3.3 發電機外殼或其支承結構

垂直軸風力機的發電機外殼結構根據功能不同分為二種類型，如下圖所示，第一種是發電機外殼承擔支撐整個垂直風輪和風輪風載的功能；第二種係發電機外殼不承擔支撐整個風輪和風載的功能，這種發電機軸為空心結構，風輪的軸穿越發電機軸和底部基座連接，則該基座(或支承結構)就作為支撐整個風輪和載荷的功能。若屬於第一種就必須對垂直發電機外殼(或支承結構)進行必要的結構強度評估，以保證垂直風機的安全性。



垂直軸風力機的發電機外殼承擔



垂直軸風力機的發電機外殼不承

支撐整個垂直風輪和風輪風載的功能

擔支撐整個風輪和風載的功能

若發電機外殼承擔支撐整個風輪重量和軸彎矩的功能，發電機外殼應在極端風速下，材料在彈性範圍內工作，發電機外殼載荷應按軸載荷計算。如果發電機外殼不承擔支撐整個風輪和軸彎矩的功能，則必有另一個部件替代發電機外殼承擔支撐整個風輪的功能，則該部件應在風機極限風速下，材料在彈性範圍內工作。

5.4 控制器及電力轉換器性能試驗

電力轉換器性能試驗屬於風機控制、保護、功率調節的部分應依據所設計風機控制之特性進行試驗，屬於功率輸出至儲能、家用獨立型電網與電力網的性能試驗應依據各使用地區電氣安規要求進行試驗，並通過符合該標準的試驗場測試為佳。

5.4.1 風力機控制器及電力轉換器的安全試驗

- (1) 風力機控制器的安全試驗，建議依據 4.2.4.4 的電氣系統保護功能，所定義的相關條件進行試驗。
- (2) 電力轉換器的安全試驗，建議參考 IEC 62103:2003 之相關規範進行試驗。

5.4.2 電力轉換器電氣性能試驗

(1) 電壓限制

電網電壓範圍：允許偏差為額定電壓的 $\pm 10\%$ 範圍內，控制器應設定在此範圍內運行。

備考：超出此範圍時用戶應與製造商協商，為安全起見可設定的電壓參數具有密碼保護功能。

(2) 頻率限制

電網頻率範圍：允許偏差為額定頻率的 $-5\% \sim +3\%$ 範圍內，控制器應設定在此範圍內運行。

備考：超出此範圍時用戶應與製造商協商，為安全起見可設定的頻率參數應具有密碼保護功能。

(3) 防孤島效應

併網型控制器應具有主動與被動防孤島效應的保護功能。電網失效時，防孤島效應保護應在 2 秒內動作，建議參考 IEC 61727:2004 之相關規範進行試驗。除將風力機系統與電網斷開之外，控制器應能確保風力機減速(卸載)與停止，以進入安全靜止狀態。

(4) 直流電流分量

額定運行時，併網型控制器向電網饋入的電流之直流成分應小於其輸出額定電流的 0.5%。

(5) 功率因數

控制器的輸出大於其額定輸出的 50% 時，平均功率因數應不小於 0.95(超前

或滯後)。

(6) 諧波失真(畸變)

控制器在額定下的輸出電流諧波總失真(畸變)率應小於 5%。

5.4.3 風力機控制性能試驗

(1) 切入與切出風速時控制器啟動/停機判斷的精準度：

控制系統應具備準確判斷切入與切出風速的同時確實做出啟動/停機/卸載功能的相應動作。當風機控制系統不具備風速計時，風機的切入/切出的風速可經由商定義或模擬推算為風機電壓或轉速為判斷依據，當風機到達風機切入電壓(若判斷依據為風機電壓)的 $\pm 10\%$ 時，風機控制器應做出判斷即進入發電狀態；當風機到達風機切出電壓(假設依據風機電壓做為判斷依據)的 $\pm 10\%$ 時，風機控制器應做出判斷同時也能夠做出降低轉速或停止風機轉動的功能。

(2) 風機運轉若達到最大轉速時，控制系統應具備判斷及卸載功能(如:定速、減速或煞車保護功能)：

(i) 控制器之作動應能確保在控制風機的減速(卸載)與停止的過程中能夠安全無虞，系統使用於卸載減速的負載功率大小，應依據風機實際的減速操作邏輯進行設計，考量如發電機內阻、卸荷電阻阻值、及減速過程中是否持續抽載等總和減速負載效應。

(ii) 對於由額定風速至切出風速之間如採近乎定速運轉的風機而言，較保守的卸荷電阻功率大小應不小於風機切出風速和額定風速比值的立方數減 1 倍，而發電機亦應相對加大設計容量，以確保運作能夠安全無虞。本項減速卸載功能應能透過安全與功能試驗及/或評估中展現。風機系統並須明確定義風機減速程序中所承受的結構強度應大於風機停止時產生的慣量與離心力。

(3) 風機運轉若達到最大風機電流、電壓、及功率時的保護：

控制系統應具備判斷上列異常狀態同時也能夠利用機械式或電磁式做出降低轉速或停止風機轉動的功能，確保風機與塔架整體結構皆處於安全狀態。

(4) 嚴峻風況狀態發生時(瞬間風速變化過大，或颱風狀態)的保護機制：

控制系統應能根據風機的結構特性，判斷當嚴峻風況狀態發生時(風速或風機轉速的瞬間變化過大時，例如：5 s 內，風速變化迅速上升 30 m/s)，能同時利用機械式或電磁式做出長時間(超過 1 h)的停止風機轉動之功能，確保風機與塔架整體結構在嚴峻風況下皆處於安全或靜止狀態。

(5) 控制系統應具備狀態指示功能

6. 外觀防護

垂直軸風力機部件所有外露部分應塗漆或鍍層，塗鍍層應表面光滑、牢固和色澤一致。用在風多沙、低溫區、或近海鹽霧區的風力發電機組，其塗鍍層應考慮風沙或鹽霧的影響。風機系統可能有暴露於外部環境的組裝間隙之部分，應具備有防止異物進入的結構設計。

7. 運輸及貯放

垂直軸風力機之貯放，包含包裝考慮下列重點：

- (a) 風力發電機組的部件包裝應能保證在正常的儲運條件下自發貨之日起一年時間內不致因包裝不善而導致受潮與損壞。發貨用之包裝箱外壁的文字標示應清楚整齊，內容應包括發貨站及生產公司名稱、收貨站及收貨單位名稱、風力發電機組型號及出品編號、包裝箱所含零部件清單、包裝箱外適當位置應標有“小心輕放”、“防濕”等字樣。
- (b) 塔架及葉片允許露天放置，其餘零部件應放於通風、乾燥及無腐蝕性氣體之室內。垂直軸風力機系統之運輸應考慮下列重點：
 - (1) 塔架應牢固地固定在集裝箱或貨車等運載體上。
 - (2) 葉片、發電機、控制器及其他零部件不應相互擠壓，貼近處用隔離層、墊等柔軟物將其隔離。
 - (3) 運輸過程中各部件不能有撞擊、位移及晃動。
 - (4) 吊裝過程應平穩，各部件不能有摔打、撞擊及倒置現象。
 - (5) 運輸過程中應防潮、防雨，不允許淋濕。

8. 組裝及安裝

垂直軸風力機製造廠商應提供足夠的系統組立與安裝程序說明書及對人員施予組立與安裝訓練，包含下列重點：

- (a) 組立與安裝包括風機本體組裝、塔架或支撐結構基座施工及舉立、電纜線佈設、電氣系統與儲能或電網之連結等重要步驟。
- (b) 垂直軸風力機製造廠商應提供圖面、程序、規範、說明及裝貨單手冊或文件，供小型風力機組立、安裝、運轉及豎立之用。文件中應包含小型風力機安全處理與安裝所需之所有負載、重量、吊裝工具及程序之詳細資料，包括所有吊索、吊鉤及其他安全吊裝工作所需之設備。手冊中與組件上應清楚標示吊裝點。安全安裝作業所需之所有特殊工具、吊具、固定件及其他設備均應清楚說明。
- (c) 手冊中本節應含有清楚標示具國際標示之電力機械終端電力線路圖，且若相關電導體係由業主/安裝承包商所提供時所需之必要資料。手冊之安裝或維修章節應具備系統線路圖。
- (d) 垂直軸風力機製造廠商應訓練或委託其他機構代訓人員，使其具備合格安全組立與安裝能力。

9. 操作與檢修

垂直軸風力機製造廠商應提供足夠的操作與檢修說明文件，包括：

- (a) 操作文件中應包含正常運轉條件下啟動與停止小型風力機所需之詳細程序。手冊中應包含所有適當之控制器設定，例如緊急待機控制設定點。該文件應有手動停機程序敘述，其中應包含風速極限與程序可以安全進行之其他狀況之詳細說明。文件中應提供有聯絡資料以便臨時維修/客戶支援之用。
- (b) 檢修文件中應明示各項檢修程序，包含例行維修檢查項目及定期更換組件項目。檢修程序若僅能由受過專業訓練之人員進行時，則應在文件封面清楚標

示。文件中應包含具體下列停機程序項目之說明：

- (i) 負載及/或能量來源之切斷。
- (ii) 停止並固定轉子。
- (iii) 連接至公共電力網路時，則應提供將風力機從公共電力網路切斷之程序。
- (iv) 攀爬塔架之安全建議事項，包括適當之攀爬設備與適用之程序。

10. 標誌

垂直軸風力機製造廠商應以銘牌標誌風機系統各項屬性與性能，銘牌應固定在風力發電機組明顯位置，銘牌材料及銘牌上資料的刻劃方法應保證其字跡在風力發電機組整個使用時期內不易磨滅。應標明的項目如下：

- (a) 系統廠商名稱、風機系統型號、出廠年月和產品序號。
- (b) 基本性能參數，包括：額定風速、風力機等級、額定功率、相較額定功率、相較額定年發電量、相較視在聲壓位準。
- (c) 風力機系統終端之最大電壓與電流，連接到電力網路時的系統終端之頻率。

11. 文件規定

垂直軸風力機產應至少具備下列各項文件：

- (a) 功率性能試驗報告。
- (b) 耐久性試驗報告。
- (c) 噪音試驗報告。
- (d) 安全與功能試驗及/或評估報告。
- (e) 結構強度評估報告(含支撐結構或塔架與基座之分析或技師簽證報告)，風機產品手冊(包括系統組立與安裝程序書、操作與檢修說明書等)。

附錄 A

(規定)

關於 IEC 61400-12-1 小型風力機功率性能試驗之額外說明

- A.1** 針對 IEC61400-12-1 第 5.1 節，當說明蓄電池充電性能特性時，風力機系統應包含風力機、風力機塔架、風力機控制器及風力機與負載間的線路。風力機系統包含做為電壓防護裝置的充電控制器，當蓄電池完成充電時，該裝置能降低風力發電機的輸出功率，其中還包含備用負載，當蓄電池完成充電時，可利用備用負載從風力機釋放電能。因蓄電池組是負載的一部分，故風力機系統並未包含蓄電池組。
- A.2** 針對 IEC61400-12-1 第 5.1 節，當說明系統輸出對電網的特性時，風力機系統應包含風力機、風力機塔架、風力機控制器、風力機和負載間的線路、充電控制器、與備用負載（若有使用）。此外，系統如果使用電壓反相器，且變壓器裝設在電壓反相器與電網之間的話，變壓器就是風力機系統或負載的一部分。若系統使用蓄電池組的話，蓄電池組需視為風力機系統的一部分。針對內含蓄電池組之併網型風力機，蓄電池組亦視為風力機之一部分。
- A.3** 同樣針對 IEC61400-12-1 第 5.1 節，風力機應連接至能代表負載的電力負載，其中風力機就是設計供應該負載。如果應用於蓄電池充電時，負載是由蓄電池組、電壓調節器、以及經由電壓調節器釋放電力的工具所組成。當建立理想測試條件時，蓄電池組並沒有儲存由風力機所產生的電能。所有風力機的輸出都要經由電壓調節器。因此，只要由風力機連接至負載的電壓能維持在以下規格所說明的範圍之內時，蓄電池組可較一般建議供風力機使用的規格更小。
- (a) 同樣針對 IEC61400-12-1 第 5.1 節，應採用製造商所指定的架設系統來安裝風力機。倘若未將特定架設系統提供給風力機的話，宜將發電機安裝在至少 10m 的輪轂高度。
- (b) 同樣針對 IEC61400-12-1 第 5.1 節，應根據製造商的規格連接小型風力機與負載間的線路，如果沒有提供規格的話，纜線尺寸應能保持風力機與負載間的壓降等效於額定電壓值的 10% (前提是額定功率下)。從塔架基座算起電線長度須至少為轉子直徑 8 倍以上，其線徑依需製造商之安裝說明書選用之。
- (c) 同樣針對 IEC61400-12-1 第 5.1 節，電壓調節器應能在整個風力機輸出功率範圍內，使風力機連接至負載的電壓保持在下表所指定之設定值的 10% 以內。負載電壓的一分鐘平均值必須在下表所指定之設定值的 5% 以內，且下表 G.1 要包含在使用數據組內。

表 G.1 蓄電池組之電壓設定表

額定電壓	需要的設定值	可選擇的低設定值	可選擇的高設定值
12	12.6	11.4	14.4
24	25.2	22.8	28.8

36	37.8	34.2	43.2
48	50.4	45.6	57.6
其它	2.1*	1.9*	2.4*
* 每個蓄電池的伏特數			

- (d) 針對 IEC61400-12-1 第 5.2.1 節，如果將風速計固定在長懸臂上、而長懸臂連接至風力機塔身更為實際的話，就不需要另外豎立氣象天線桿。為了使風速計、風標、以及架設硬體產生尾流的可能性降至最低，而不會影響流入小型轉子之氣流，所有這類構件應位在離轉子任一部分以外至少 3m 的位置。
- (e) 針對 IEC61400-12-1 之 6.1，應測量連接至負載之風力機的輸出功率。
- (f) 針對 IEC61400-12-1 之 6.1，除了電功率外，應測量連接至負載的電壓值。
- (g) 針對 IEC61400-12-1 之 6.6，只有當風力機控制器顯示風力機發生故障時，才需要監控小型風力機的狀態。
- (h) 針對 IEC61400-12-1 之 7.2，當選擇高電壓設定條件時，若風力機的充電控制器會降低風力機的電壓輸出時，可將該裝置調整至高電壓值。倘若調整了該裝置，應在測試報告內記錄調整前後的設定值。有任何對風力機控制裝置的其它調整都須清楚報告。
- (i) 針對 IEC61400-12-1 之 7.3，前處理數據應有一分鐘的持續時間。當測試小型風力機時，所有後續與該標準 10 分鐘數據組相關的部分均適用一分鐘數據組。
- (j) 針對 IEC61400-12-1 之 7.6，當資料庫遇到下列準則時，應考慮完整的資料庫：
- (1) 當風速在開機速率以下 1m/s 至 14m/s 之間時，各風速數據(bin)值應至少包含 10 分鐘的取樣數據。
 - (2) 當小型風力機在風速範圍以內時，總資料庫包含至少 60 小時的數據。
 - (3) 若是收捲式發電機，當收起渦輪時，資料庫宜包含完整風速數據(bin)值的特性表現。
- (k) 針對 IEC61400-12-1 第 8.1 節，若是被動功率控制的風力機，如尾翼偏折或葉片顫振，要利用其 8.1 節的公式(5)(風速調整)、公式(6)(功率調整)、或其他方法，對風速進行常態化(normalization)。採用其他方式須提供文件證明。至少須包含以最大功率 95%下對應之風速值，將該風速值至少再增加 5m/s 之風速範圍，以此風速範圍下，每個區間至少須具備 10 分鐘(1 分鐘平均資料共 10 筆)之取樣資料。
- (l) 針對 IEC61400-12-1 第 8.3 節，當風速偏高而沒有停止小型風力機時，應算出量測 AEP 與推算 AEP 使關機風速為最高值而滿足風速數據(bin)值或 25m/s 中較大的一項。
- (m) 針對 IEC61400-12-1 第 9 節，風力機與建立測試的說明應包含以下資訊：
- (1) 線路尺寸、導體材質、類型、長度、以及用來連接風力機與負載之接頭。

- (2) 測量反相器和負載之間線路的阻值，如果未使用反相器的話，則測量風力機與負載之間線路的阻值。
 - (3) 任何過電保護裝置或低電壓保護裝置的電壓設定均為小型風力機系統的一部分。
 - (4) 蓄電池組的額定電壓(如 12 V、24 V、48 V)。
 - (5) 蓄電池組的規格(即安培小時容量)，蓄電池的類型與使用時間。
 - (6) 用於維持特定時限內蓄電池組電壓之電壓調節裝置的品牌、類型、與規格的說明。
- (n) 建議取得額外的性能數據，用來量化蓄電池組變動時會對風力機性能所造成的影響。宜將蓄電池組電壓選定為下表所列的高低設定值以求出這些額外的功率曲線，利用一分鐘預平均求出至少 30 小時的數據。在這些功率曲線報告中，圖表應清楚顯示選定在高低電壓設定值時的性能情況，並應顯示這些電壓設定值。建議利用單獨的圖表來顯示功率隨風速和蓄電池組電壓的變動情形。

附錄 B

(參考)

小型垂直軸風力機簡易負載計算模式

B.1 使用前須知

IEC 61400-2 是針對小型風力發電機訂定之設計要求[0]，目前最新版本為 2006 年第二版，然而其中關於設計安全認證相關之設計負載計算案例，以及計算模式皆是針對水平軸風力發電機(HAWT)之特性所推導，換言之，IEC 61400-2 規範中建議之計算模式並無法直接應用於垂直軸風力發電機(VAWT)。

簡易負載計算模式之觀念是應用可測得之數據，以及工程系數等，計算風力機在既定案例下之負載值，以提供結構安全分析之依據。

本附錄應用既有之研究結果，以及基本理論，明確定義垂直軸風力機運轉的獨特性，並推導適用於垂直軸風力機之簡易負載計算模式，相關參考文獻列於報告結尾。

B.2 垂直軸風力機型式簡介與座標系統定義

本附錄目前涵蓋之垂直軸風力機型式為：

- (1) Savonius 如圖 B.2-1所示。
- (2) Darrieus 如圖 B.2-2所示。
- (3) H-Type(有時亦稱為 Giromill)如圖 B.2-3所示。

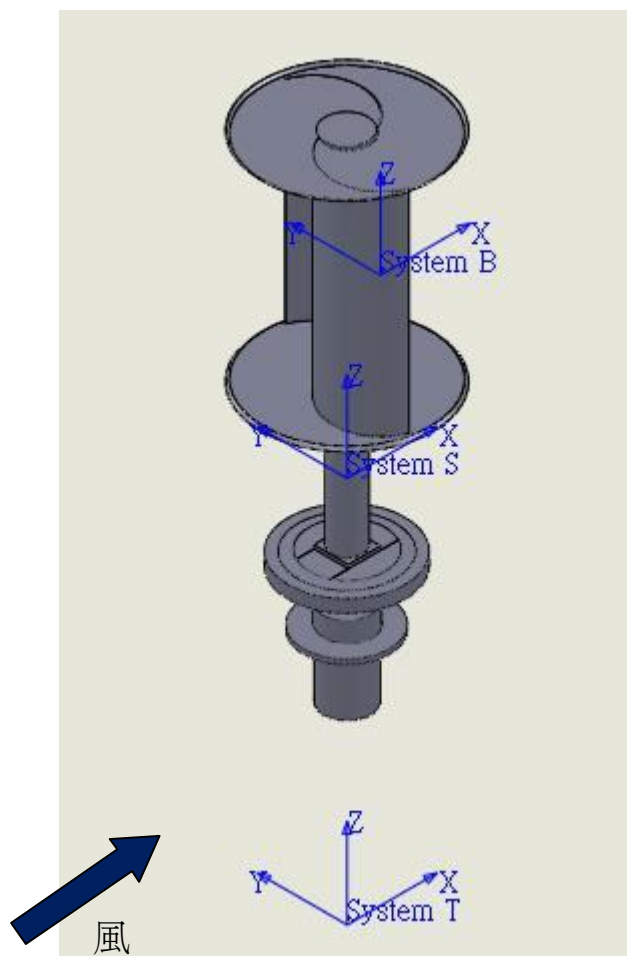


圖 B.2-1 Savonius 垂直軸風力機與座標系統示意圖

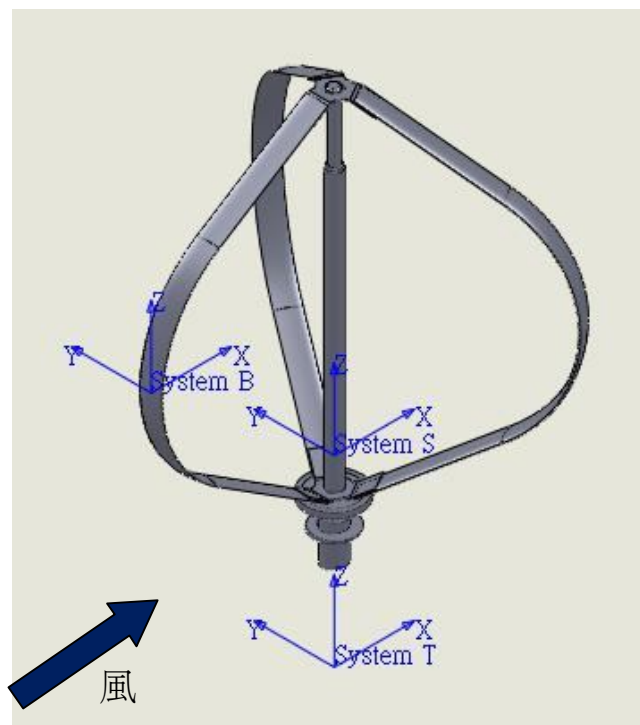


圖 B.2-2 Darrieus 垂直軸風力機與座標系統示意圖

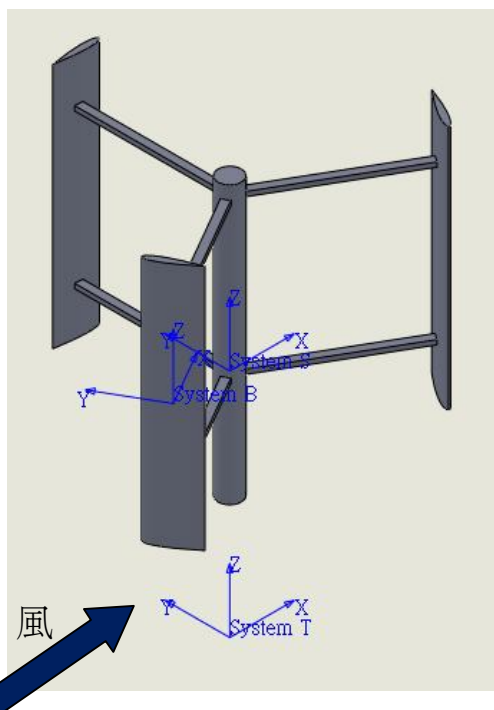


圖 B.2-3 H-Type 垂直軸風力機與座標系統示意圖

如上圖所示，一般垂直軸風力機關鍵組件可分為葉片、主軸、與塔架，因此，在座標系統設計上可依循這三個組件之特性而定：

- (1) 塔架座標系統(System T)，T 代表塔架(Tower)，固定在地面上，X 軸為風的去向，Z 軸向上；

- (2) 主軸座標系統(System S), S 代表主軸(Shaft), 此座標系統並不會隨著主軸轉動, 但會隨著主軸變形, 同樣地, X 軸為風的去向, 而 Z 軸也是向上;
- (3) 葉片座標系統(System B), B 代表葉片(Blade), 此座標系統固定在葉片上, 因此, 會隨著葉片轉動, 以及隨著葉片變形, 同樣地, Z 軸也是向上, X 與 Y 軸則因風機型式而在定義上有所不同, 如果是 Darrieus 或 H-Type 垂直軸風力機, X 軸指向旋轉中心, Y 軸指向旋轉切線方向, 而如果是 Savonius 垂直軸風力機, X 軸指向葉片垂直方向, Y 軸指向葉片切線方向。

如上所述, 垂直軸風力機關鍵組件可分為葉片、主軸、與塔架, 因此, 通用之關鍵位置可簡化為葉片連接點(一般可分為上與下接合點), 以及主軸與塔架接合點等兩處, 相關負載之代表符號總結如表 B.2-1 所示, 而參數符號說明總結於

表 B.2-2。如表 B.2-1所示，相關負載皆為連接點之負載，若要求得零組件負載如葉片負載，則僅需將上下連接點負載加總即可。負載計算建議之係數值列於表 B.2-3與表 B.2-4。

IEC 61400-2 針對水平軸風力發電機所考慮的簡易負載計算案例可歸納為：

- (1) Load Case A，疲勞負載計算。
- (2) Load Case B，風機轉向時所產生之負載。
- (3) Load Case C，風機與風向形成一偏差角所造成之負載。
- (4) Load Case D，最大軸向推力負載。
- (5) Load Case E，最大離心力負載。
- (6) Load Case F，運轉時發電機短路造成之負載。
- (7) Load Case G，由運轉進入停機所產生之負載。
- (8) Load Case H，發生頻率 50 年一次之極限風況負載，並分為完全靜止與惰速運轉 2 種狀況。
- (9) Load Case I，發生頻率 1 年一次之極限風況負載。由於垂直軸風力機在運轉上不受風向影響之特性，更無轉向速率的問題，在轉向誤差角度(Yaw Error)為 0，以及轉向速率(Yaw Rate)為 0 的情況下，Load Case B 與 C 的相關負載直接為 0，因此，Load Case B 與 C 並不適用於垂直軸風力機。

表 B.2-1 負載符號總結表

F_{Xb-up}	葉片上連接點 X_B 方向之力(N)
F_{Yb-up}	葉片上連接點 Y_B 方向之力(N)
F_{Zb-up}	葉片上連接點 Z_B 方向之力(N)
M_{Xb-up}	葉片上連接點 X_B 方向之力矩(N-m)
M_{Yb-up}	葉片上連接點 Y_B 方向之力矩(N-m)
M_{Zb-up}	葉片上連接點 Z_B 方向之力矩(N-m)
F_{Xb-low}	葉片下連接點 X_B 方向之力(N)
F_{Yb-low}	葉片下連接點 Y_B 方向之力(N)
F_{Zb-low}	葉片下連接點 Z_B 方向之力(N)
M_{Xb-low}	葉片下連接點 X_B 方向之力矩(N-m)
M_{Yb-low}	葉片下連接點 Y_B 方向之力矩(N-m)
M_{Zb-low}	葉片下連接點 Z_B 方向之力矩(N-m)
F_{Xs}	主軸與塔架接合點 X_S 方向之力(N)
F_{Zs}	主軸與塔架接合點 Z_S 方向之力(N)
M_{Ys}	主軸與塔架接合點 Y_S 方向之力矩(N-m)
M_{Zs}	主軸與塔架接合點 Z_S 方向之力矩(N-m)

表 B.2-2 計算參數符號總結表

A_B	葉片投影面積
A_R	葉片掃略投影面積
B	葉片數目
c	葉片弦長
C_d	阻力係數
$C_{l,max}$	最大昇力係數
e_r	主軸軸心水平偏移之距離(0.005R)
h	轉子質心至主軸與塔架連接點之距離
h_B	葉片長度
m_B	單一葉片質量
m_r	轉子質量
P_{design}	在設計風速下之輸出功率
Q_{design}	在設計風速下之主軸扭力
R_{cog}	葉片質心至旋轉軸之距離
R	葉片最大旋轉半徑
V_{ave}	平均風速
V_{design}	設計風速(1.4 V_{ave})
V_{e1}	發生頻率 1 年一次之極限風速(0.7 V_{e50})
V_{e50}	發生頻率 50 年一次之極限風速(1.4 V_{ref})
V_{ref}	參考風速
Δm_B	葉片質量不平衡(2% m_B)
η_{total}	葉片至功率輸出點間組件之總合效率
λ_{design}	在設計風速下之尖端速度比
ρ	空氣密度
ω_{design}	在設計風速下之轉速
ω_{max}	最高轉速

表 B.2-3 ΔQ 與 ΔQ_{blade} 參照表

q_{min}	ΔQ	$B=2$ ΔQ_{blade}	$B=3$ ΔQ_{blade}	$B=4$ ΔQ_{blade}	$B=5$ ΔQ_{blade}
-4.0	10 Q_{design}	11.25 Q_{design}	13.02 Q_{design}	13.9 Q_{design}	14.72 Q_{design}
-3.5	9 Q_{design}	10.13 Q_{design}	11.81 Q_{design}	12.7 Q_{design}	13.55 Q_{design}
-3.0	8 Q_{design}	9 Q_{design}	10.59 Q_{design}	11.51 Q_{design}	12.39 Q_{design}
-2.5	7 Q_{design}	7.88 Q_{design}	9.37 Q_{design}	10.31 Q_{design}	11.23 Q_{design}
-2.0	6 Q_{design}	6.75 Q_{design}	8.15 Q_{design}	9.13 Q_{design}	10.08 Q_{design}
-1.5	5 Q_{design}	5.63 Q_{design}	6.94 Q_{design}	7.94 Q_{design}	8.94 Q_{design}
-1.0	4 Q_{design}	4.5 Q_{design}	5.72 Q_{design}	6.77 Q_{design}	7.81 Q_{design}
-0.5	3 Q_{design}	3.38 Q_{design}	4.52 Q_{design}	5.61 Q_{design}	6.72 Q_{design}
0.0	2 Q_{design}	2.25 Q_{design}	3.33 Q_{design}	4.5 Q_{design}	5.68 Q_{design}
0.5	1 Q_{design}	1.13 Q_{design}	2.33 Q_{design}	3.55 Q_{design}	4.81 Q_{design}

$$Q_{design} = \frac{P_{design}}{\eta_{total} \omega_{design}}$$

表 B.2-4 q_{\min} 建議值彙整表

	H-Type	Darrieus	Savonius
B	q_{\min}	q_{\min}	q_{\min}
2	-4	0	-0.5
3	-2		
4	0		
5	0.5		

B.3 Savonius 垂直軸風力機簡易負載計算模式

本節主要是針對 Savonius 垂直軸風力機簡易負載計算模式進行說明，符號說明請參考

表 B.2-2，相關係數可參考表 B.2-3與表 B.2-4，而尺寸說明請參考圖 B.3-1及圖 B.3-2。

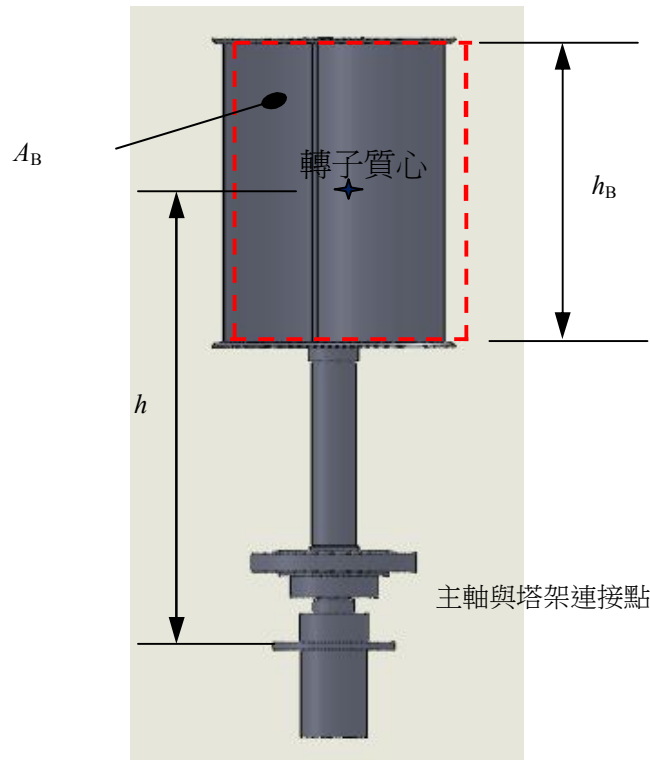


圖 B.3-1 Savonius 系統正視尺寸示意圖

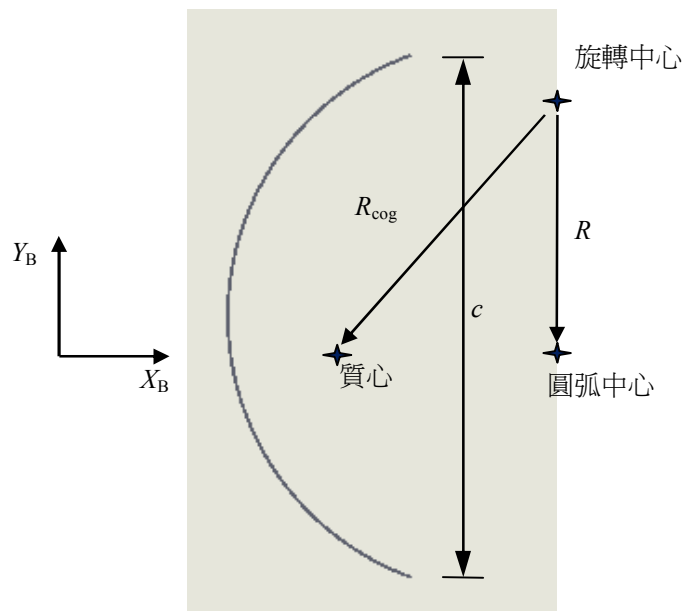


圖 B.3-2 Savonius 葉片上視尺寸示意圖

B.3.1 Load Case A

若小型風機已經過測試確認最大轉速(ω_{max})，且最大轉速小於 $1.5\omega_{design}$ ，則應以

ω_{\max} 為轉速區間之上限，亦即條件(I)風機已經過測試確認 ω_{\max} ，且 ω_{\max} 小於 $1.5\omega_{\text{design}}$ ，則轉速區間之上限採用 ω_{\max} ；條件(II) ω_{\max} 大於 $1.5\omega_{\text{design}}$ ，或風機未經過測試確認 ω_{\max} ，則轉速區間之上限採用 $1.5\omega_{\text{design}}$ 。

葉片連接點

$$\Delta F_{Xb-up} = \frac{\Delta Q_{blade}}{2R} + \frac{(m_B + \Delta m_B)(\omega_{\max}^2 - 0.25\omega_{\text{design}}^2)\sqrt{R_{cog}^2 - R^2}}{2}, \text{ (I)成立}$$

$$= \frac{\Delta Q_{blade}}{2R} + (m_B + \Delta m_B)\omega_{\text{design}}^2\sqrt{R_{cog}^2 - R^2}, \text{ (II)成立 (B.3.1-1)}$$

$$\Delta F_{Xb-low} = \Delta F_{Xb-up} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-2)}$$

$$\Delta F_{Yb-up} = \frac{(m_B + \Delta m_B)(\omega_{\max}^2 - 0.25\omega_{\text{design}}^2)R}{2}, \text{ (I)成立}$$

$$= (m_B + \Delta m_B)\omega_{\text{design}}^2 R, \text{ (II)成立} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-3)}$$

$$\Delta F_{Yb-low} = \Delta F_{Yb-up} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-4)}$$

$$F_{Zb-up} = \frac{-(m_B + \Delta m_B)g}{2} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-5)}$$

$$F_{Zb-low} = F_{Zb-up} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-6)}$$

$$\Delta M_{Xb-up} = \frac{\Delta F_{Yb-up} h_B}{6} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-7)}$$

$$\Delta M_{Xb-low} = \frac{\Delta F_{Yb-low} h_B}{6} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-8)}$$

$$\Delta M_{Yb-up} = \frac{\Delta F_{Xb-up} h_B}{6} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-9)}$$

$$\Delta M_{Yb-low} = \frac{\Delta F_{Xb-low} h_B}{6} \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-10)}$$

主軸與塔架連接點

$$\Delta F_{Xs} = \rho V_{\text{design}}^2 C_T A_R (1 - f_{\min}) + 2 \Delta m_B R_{cog} \omega_{\max}^2, \text{ (I)成立}$$

$$= \rho V_{\text{design}}^2 C_T A_R (1 - f_{\min}) + 4.5 \Delta m_B R_{cog} \omega_{\text{design}}^2, \text{ (II)成立 (B.3.1-11)}$$

式中 C_T 建議值為 1.1， f_{\min} 建議值為 0 至 0.5 之間。

$$\Delta M_{Ys} = \Delta F_{Xs} h + 2 m_r g e_r \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-12)}$$

$$\Delta M_{Zs} = \Delta Q \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-13)}$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots \text{ (B.3.1-14)}$$

B.3.2 Load Case D

$$F_{Xs} = \frac{1}{2} \rho V_{\text{hub}}^2 C_T A_R (2 - f_{\min}) \dots\dots\dots \text{ (B.3.2-1)}$$

式中， $V_{\text{hub}} = 2.5 V_{\text{ave}}$ ， C_T 建議值為 1.1，而 f_{\min} 建議值為 0 至 0.5 之間。

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots \text{ (B.3.2-2)}$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots \text{ (B.3.2-3)}$$

B.3.3 Load Case E

葉片連接點

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{-(m_B + \Delta m_B) \omega_{\max}^2 \sqrt{R_{cog}^2 - R^2}}{2} \dots\dots\dots (B.3.3-1)$$

$$F_{Yb-up} = F_{Yb-low} = \frac{-(m_B + \Delta m_B) \omega_{\max}^2 R}{2} \dots\dots\dots (B.3.3-2)$$

$$F_{Zb-up} = F_{Zb-low} = \frac{-(m_B + \Delta m_B) g}{2} \dots\dots\dots (B.3.3-3)$$

$$M_{Xb-up} = \frac{F_{Yb-up} h_B}{6}, M_{Xb-low} = \frac{-F_{Yb-low} h_B}{6} \dots\dots\dots (B.3.3-4)$$

$$M_{Yb-up} = \frac{-F_{Xb-up} h_B}{6}, M_{Yb-low} = \frac{F_{Xb-low} h_B}{6} \dots\dots\dots (B.3.3-5)$$

主軸與塔架連接點

$$F_{Xs} = \Delta m_B R_{cog} \omega_{\max}^2 \dots\dots\dots (B.3.3-6)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.3.3-7)$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B.3.3-8)$$

B.3.4 Load Case F

$$M_{Zs} = G Q_{design} \dots\dots\dots (B.3.4-1)$$

式中， $G=2$

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{1.02 M_{Zs}}{2 B R} \dots\dots\dots (B.3.4-2)$$

$$M_{Yb-up} = \frac{-F_{Xb-up} h_B}{6}, M_{Yb-low} = \frac{F_{Xb-low} h_B}{6} \dots\dots\dots (B.3.4-3)$$

B.3.5 Load Case G

如果 M_{brake} 無法量測或未知，則可應用公式 B.3.5-4 估算，式中功率與轉速為額定負載值，而 n 介於 2 至 4 之間，若無其他佐證資料，則 $n=4$ 為最保守條件。

$$M_{Zs} = M_{brake} + Q_{design} \dots\dots\dots (B.3.5-1)$$

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{1.02 M_{Zs}}{2 B R} \dots\dots\dots (B.3.5-2)$$

$$M_{Yb-up} = \frac{-F_{Xb-up} h_B}{6}, M_{Yb-low} = \frac{F_{Xb-low} h_B}{6} \dots\dots\dots (B.3.5-3)$$

$$M_{brake} = \frac{n P_{rated}}{\eta_{total} \omega_{rated}} \dots\dots\dots (B.3.5-4)$$

B.3.6 Load Case H

Load Case H 可分為兩種狀況：

- (1) 完全靜止狀態 (Parked)。
- (2) 惰速運轉狀態 (Spinning rotor)。

風機靜止 (Parked)

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{1}{4} \rho V_{e50}^2 C_d c h_B \dots\dots\dots (B.3.6-1)$$

式中， $C_d=1.5$

$$F_{Zb-up} = F_{Zb-low} = \frac{-(m_B + \Delta m_B)g}{2} \dots\dots\dots (B.3.6-2)$$

$$M_{Yb-up} = \frac{-F_{Xb-up}h_B}{6}, M_{Yb-low} = \frac{F_{Xb-low}h_B}{6} \dots\dots\dots (B.3.6-3)$$

$$F_{Xs} = \frac{1}{2}\rho V_{e50}^2 C_d A_B, \text{ 式中 } C_d=1.5 \dots\dots\dots (B.3.6-4)$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B.3.6-5)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.3.6-6)$$

風機惰速運轉(Spinning rotor)

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{1}{4}\rho V_{e50}^2 C_l c h_B, \text{ 式中 } C_l=1 \dots\dots\dots (B.3.6-7)$$

$$F_{Zb-up} = F_{Zb-low} = \frac{-(m_B + \Delta m_B)g}{2} \dots\dots\dots (B.3.6-8)$$

$$M_{Yb-up} = \frac{-F_{Xb-up}h_B}{6}, M_{Yb-low} = \frac{F_{Xb-low}h_B}{6} \dots\dots\dots (B.3.6-9)$$

$$F_{Xs} = 0.17 A_B \left(\frac{\omega_{max} R}{V_{e50}} \right)^2 \rho V_{e50}^2 + \Delta m_B R_{cog} \omega_{max}^2 \dots\dots\dots (B.3.6-10)$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B.3.6-11)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.3.6-12)$$

B.3.7 Load Case I

Load Case I 是用來確認風機在 1 年一次之極限風況下的安全強度，負載計算公式與式 B.3.6-1 至 B.3.6-6 相同，只是將 V_{e50} 替換為 V_{e1} 。

B.4 Darrieus 垂直軸風力機簡易負載計算模式

本節主要是針對 Darrieus 垂直軸風力機簡易負載計算模式進行說明，符號說明請參照

表 B.2-2，相關係數可參考表 B.2-3與表 B.2-4，而尺寸說明請參照圖 B.4-1。

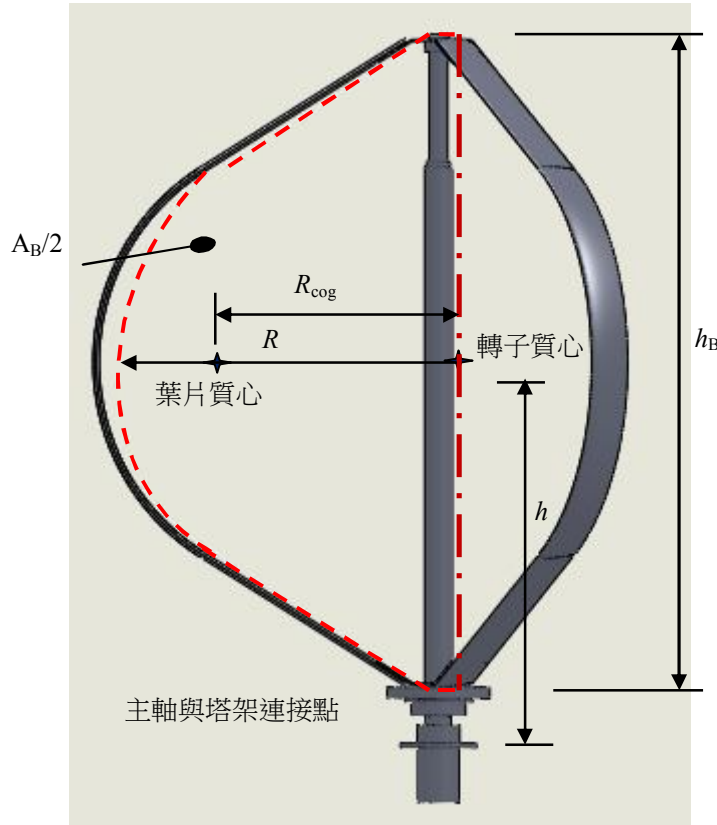


圖 B.4-1 Darrieus 系統正視尺寸示意圖

B.4.1 Load Case A

若小型風機已經過測試確認最大轉速 (ω_{max})，且最大轉速小於 $1.5\omega_{design}$ ，則應以 ω_{max} 為轉速區間之上限，亦即條件(I) 風機已經過測試確認 ω_{max} ，且 ω_{max} 小於 $1.5\omega_{design}$ ，則轉速區間之上限採用 ω_{max} ；條件(II) ω_{max} 大於 $1.5\omega_{design}$ ，或風機未經過測試確認 ω_{max} ，則轉速區間之上限採用 $1.5\omega_{design}$ 。

葉片連接點

$$\Delta F_{Xb-up} = \frac{(m_B + \Delta m_B)R_{cog}(\omega_{max}^2 - 0.25\omega_{design}^2)}{2} , (I)成立$$

$$= (m_B + \Delta m_B)R_{cog}\omega_{design}^2 , (II)成立 \dots\dots\dots(B.4.1-1)$$

$$\Delta F_{Xb-low} = \Delta F_{Xb-up} \dots\dots\dots (B.4.1-2)$$

$$\Delta F_{Yb-up} = \Delta F_{Yb-low} = \frac{3\Delta Q_{blade}}{4R} \dots\dots\dots (B.4.1-3)$$

$$\Delta F_{Zb-up} = \Delta F_{Xb-up} \tan(\theta) \dots\dots\dots (B.4.1-4)$$

$$\Delta F_{Zb-low} = \Delta F_{Zb-up} \dots\dots\dots (B.4.1-5)$$

$$\Delta M_{Xb-up} = \frac{\Delta Q_{blade}}{2} \tan(\theta) \dots\dots\dots (B.4.1-6)$$

$$\Delta M_{Xb-low} = \Delta M_{Xb-up} \dots\dots\dots (B.4.1-7)$$

$$\Delta M_{Zb-up} = \frac{\Delta Q_{blade}}{2} \dots\dots\dots (B.4.1-8)$$

$$\Delta M_{Zb-low} = \Delta M_{Zb-up} \dots\dots\dots (B.4.1-9)$$

$$M_{Yb-up} = -0.5(\Delta m_B + m_B) g R_{cog} \dots\dots\dots (B.4.1-10)$$

主軸與塔架連接點：

$$\Delta F_{Xs} = \rho V_{design}^2 C_T A_R (1 - f_{min}) + 2 \Delta m_B R_{cog} \omega_{max}^2, \text{ (I) 成立}$$

$$= \rho V_{design}^2 C_T A_R (1 - f_{min}) + 4.5 \Delta m_B R_{cog} \omega_{design}^2, \text{ (II) 成立} \quad (B.4.1-11)$$

式中， C_T 建議值為 0.8， f_{min} 建議值為 0.5。

$$\Delta M_{Ys} = \Delta F_{Xs} h + 2 m_r g e_r \dots\dots\dots (B.4.1-12)$$

$$\Delta M_{Zs} = \Delta Q \dots\dots\dots (B.4.1-13)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.4.1-14)$$

B.4.2 Load Case D

$$F_{Xs} = \frac{1}{2} \rho V_{hub}^2 C_T A_R (2 - f_{min}) \dots\dots\dots (B.4.2-1)$$

式中， $V_{hub} = 2.5 V_{ave}$ ， C_T 建議值為 0.8，而 f_{min} 建議值 0.5。

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B.4.2-2)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.4.2-3)$$

B.4.3 Load Case E

葉片連接點

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{-(m_B + \Delta m_B) R_{cog} \omega_{max}^2}{2} \dots\dots\dots (B.4.3-1)$$

$$F_{Zb-up} = F_{Xb-up} \tan(\theta) - 0.5(m_B + \Delta m_B) g \dots\dots\dots (B4.3-2)$$

$$F_{Zb-low} = -F_{Xb-low} \tan(\theta) - 0.5(m_B + \Delta m_B) g \dots\dots\dots (B4.3-3)$$

$$M_{Yb-up} = -0.5(m_B + \Delta m_B) g R_{cog} \dots\dots\dots (B4.3-4)$$

$$M_{Yb-low} = M_{Yb-up} \dots\dots\dots (B4.3-5)$$

主軸與塔架連接點

$$F_{Xs} = \Delta m_B R_{cog} \omega_{max}^2 \dots\dots\dots (B4.3-6)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B4.3-7)$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B4.3-8)$$

B.4.4 Load Case F

$$M_{Zs} = G Q_{design} \dots\dots\dots (B.4.4-1)$$

式中， $G=2$

$$M_{Zb-up} = M_{Zb-low} = \frac{1.02 M_{Zs}}{2B} \dots\dots\dots (B.4.4-2)$$

$$M_{Xb-up} = -M_{Zb-up} \tan(\theta), M_{Xb-low} = -M_{Xb-up} \dots\dots\dots (B.4.4-3)$$

B.4.5 Load Case G

如果 M_{brake} 無法量測或未知，則可應用公式 B.4.5-4 估算，式中功率與轉速為額定負載值，而 n 介於 2 至 4 之間，若無其他佐證資料，則 $n=4$ 為最保守條件。

$$M_{Zs} = M_{brake} + Q_{design} \dots\dots\dots (B.4.5-1)$$

$$M_{Zb-up} = M_{Zb-low} = \frac{1.02 M_{Zs}}{2B} \dots\dots\dots (B.4.5-2)$$

$$M_{Xb-up} = -M_{Zb-up} \tan(\theta), M_{Xb-low} = -M_{Xb-up} \dots\dots\dots (B.4.5-3)$$

$$M_{brake} = \frac{n P_{rated}}{\eta_{total} \omega_{rated}} \dots\dots\dots (B.4.5-4)$$

B.4.6 Load Case H

Load Case H 可分為兩種狀況：(1)完全靜止狀態 (Parked)；(2)惰速運轉狀態 (Spinning rotor)。

風機靜止 (Parked)

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{1}{4} \rho V_{e50}^2 C_d c h_B \dots\dots\dots (B.4.6-1)$$

式中， $C_d=1.5$

$$F_{Zb-up} = F_{Xb-up} \tan(\theta) - 0.5(m_B + \Delta m_B)g \dots\dots\dots (B.4.6-2)$$

$$F_{Zb-low} = -F_{Xb-low} \tan(\theta) - 0.5(m_B + \Delta m_B)g \dots\dots\dots (B.4.6-3)$$

$$M_{Yb-up} = M_{Yb-low} = -0.5(m_B + \Delta m_B)g R_{cog} \dots\dots\dots (B.4.6-4)$$

$$F_{Xs} = 0.6B(F_{Xb-up} + F_{Xb-low}) \dots\dots\dots (B.4.6-5)$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B.4.6-6)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.4.6-7)$$

風機惰速運轉 (Spinning rotor)

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{1}{4} \rho V_{e50}^2 \frac{C_{l,max}}{R} c \frac{A_R}{2} \dots\dots\dots (B.4.6-8)$$

$$F_{Zb-up} = F_{Xb-up} \tan(\theta) - 0.5(m_B + \Delta m_B)g \dots\dots\dots (B.4.6-9)$$

$$F_{Zb-low} = -F_{Xb-low} \tan(\theta) - 0.5(m_B + \Delta m_B)g \dots\dots\dots (B.4.6-10)$$

$$M_{Yb-up} = M_{Yb-low} = -0.5(m_B + \Delta m_B)g R_{cog} \dots\dots\dots (B.4.6-11)$$

$$F_{Xs} = 0.17 B c h_B \left(\frac{\omega_{max} R}{V_{e50}} \right)^2 \rho V_{e50}^2 + \Delta m_B R_{cog} \omega_{max}^2 \dots\dots\dots (B.4.6-12)$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B.4.6-13)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.4.6-14)$$

B.4.7 Load Case I

Load Case I 是用來確認風機在 1 年一次之極限風況下的安全強度，負載計算公式與公式 B.4.6-1 至 B.4.6-7 相同，只是將 V_{e50} 替換為 V_{e1} 。

B.5 H-Type 垂直軸風力機簡易負載計算模式

本節主要是針對 H-Type 垂直軸風力機簡易負載計算模式進行說明，符號說明請

參考

表 B.2-2，相關係數可參考表 B.2-3與表 B.2-4，而尺寸說明如圖 B.5-1所示。

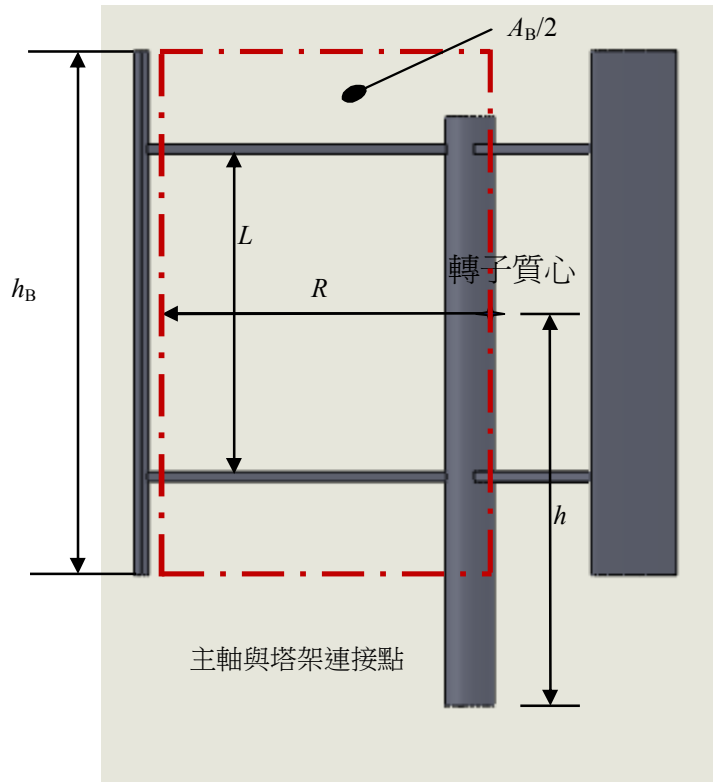


圖 B.5-1 H-Type 系統正視尺寸示意圖

B.5.1 Load Case A

若小型風機已經過測試確認最大轉速 (ω_{max})，且最大轉速小於 $1.5\omega_{design}$ ，則應以 ω_{max} 為轉速區間之上限，亦即條件(I) 風機已經過測試確認 ω_{max} ，且 ω_{max} 小於 $1.5\omega_{design}$ ，則轉速區間之上限採用 ω_{max} ；條件(II) ω_{max} 大於 $1.5\omega_{design}$ ，或風機未經過測試確認 ω_{max} ，則轉速區間之上限採用 $1.5\omega_{design}$ 。

葉片連接點

$$\Delta F_{Xb-up} = \frac{(m_B + \Delta m_B)R(\omega_{max}^2 - 0.25\omega_{design}^2)}{2}, \text{ (I)成立}$$

$$= (m_B + \Delta m_B)R\omega_{design}^2, \text{ (II)成立} \dots\dots\dots \text{(B.5.1-1)}$$

$$\Delta F_{Xb-low} = \Delta F_{Xb-up} \dots\dots\dots \text{(B.5.1-2)}$$

$$\Delta F_{Yb-up} = \Delta F_{Yb-low} = \frac{\Delta Q_{blade}}{2R} \dots\dots\dots \text{(B.5.1-3)}$$

$$F_{Zb-up} = -0.5(m_B + \Delta m_B)g \dots\dots\dots \text{(B.5.1-4)}$$

$$F_{Zb-low} = F_{Zb-up} \dots\dots\dots \text{(B.5.1-5)}$$

$$\Delta M_{Yb-up} = \Delta F_{Xb-up} \left(\frac{h_B}{4} - \frac{L}{2} + \frac{L^2}{12h_B} \right) \dots\dots\dots \text{(B.5.1-6)}$$

$$\Delta M_{Yb-low} = \Delta M_{Yb-up} \dots\dots\dots \text{(B.5.1-7)}$$

主軸與塔架連接點

$$\begin{aligned} \Delta F_{Xs} &= \rho V_{design}^2 C_T A_R (1 - f_{min}) + 2 \Delta m_B R_{cog} \omega_{max}^2, \text{ (I) 成立} \\ &= \rho V_{design}^2 C_T A_R (1 - f_{min}) + 4.5 \Delta m_B R_{cog} \omega_{design}^2, \text{ (II) 成立} \end{aligned} \quad (\text{B.5.1-8})$$

式中 C_T 建議值為 1， f_{min} 建議值為 0 至 0.5 之間。

$$\Delta M_{Ys} = \Delta F_{Xs} h + 2 m_r g e_r \dots\dots\dots (\text{B.5.1-9})$$

$$\Delta M_{Zs} = \Delta Q \dots\dots\dots (\text{B.5.1-10})$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (\text{B.5.1-11})$$

B.5.2 Load Case D

$$F_{Xs} = \frac{1}{2} \rho V_{hub}^2 C_T A_R (2 - f_{min}) \dots\dots\dots (\text{B.5.2-1})$$

式中， $V_{hub} = 2.5 V_{ave}$ ， C_T 建議值為 1，而 f_{min} 建議值為 0 至 0.5 之間。

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (\text{B.5.2-2})$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (\text{B.5.2-3})$$

B.5.3 Load Case E

葉片連接點

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{-(m_B + \Delta m_B) R \omega_{max}^2}{2} \dots\dots\dots (\text{B.5.3-1})$$

$$F_{Zb-up} = -0.5 (m_B + \Delta m_B) g \dots\dots\dots (\text{B.5.3-2})$$

$$F_{Zb-low} = F_{Zb-up} \dots\dots\dots (\text{B.5.3-3})$$

$$M_{Yb-up} = F_{Xb-up} \left(\frac{h_B}{4} - \frac{L}{2} + \frac{L^2}{12 h_B} \right) \dots\dots\dots (\text{B.5.3-4})$$

$$M_{Yb-low} = -M_{Yb-up} \dots\dots\dots (\text{B.5.3-5})$$

主軸與塔架連接點：

$$F_{Xs} = \Delta m_B R \omega_{max}^2 \dots\dots\dots (\text{B.5.3-6})$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (\text{B.5.3-7})$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (\text{B.5.3-8})$$

B.5.4 Load Case F

$$M_{Zs} = G Q_{design} \dots\dots\dots (\text{B.5.4-1})$$

式中， $G=2$

$$F_{Yb-up} = F_{Yb-low} = \frac{1.02 M_{Zs}}{2 B R} \dots\dots\dots (\text{B.5.4-2})$$

B.5.5 Load Case G

如果 M_{brake} 無法量測或未知，則可應用式 B.5.5-3 估算，式中功率與轉速為額定負載值，而 n 介於 2 至 4 之間，若無其他佐證資料，則 $n=4$ 為最保守條件。

$$M_{Zs} = M_{brake} + Q_{design} \dots\dots\dots (\text{B.5.5-1})$$

$$F_{Yb-up} = F_{Yb-low} = \frac{1.02 M_{Zs}}{2 B R} \dots\dots\dots (\text{B.5.5-2})$$

$$M_{brake} = \frac{n P_{rated}}{\eta_{total} \omega_{rated}} \dots\dots\dots (B.5.5-3)$$

B.5.6 Load Case H

Load Case H 可分為兩種狀況：(1)完全靜止狀態(Parked)；(2)惰速運轉狀態(Spinning rotor)。

風機靜止(Parked)

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{1}{4} \rho V_{e50}^2 C_d c h_B \dots\dots\dots (B.5.6-1)$$

式中， $C_d=1.5$

$$F_{Zb-up} = F_{Zb-low} = -0.5(m_B + \Delta m_B)g \dots\dots\dots (B.5.6-2)$$

$$M_{Yb-up} = F_{Xb-up} \left(\frac{h_B}{4} - \frac{L}{2} + \frac{L^2}{12h_B} \right) \dots\dots\dots (B.5.6-3)$$

$$M_{Yb-low} = -M_{Yb-up} \dots\dots\dots (B.5.6-4)$$

$$F_{Xs} = 0.6 B (F_{Xb-up} + F_{Xb-low}) \dots\dots\dots (B.5.6-5)$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B.5.6-6)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.5.6-7)$$

風機惰速運轉(Spinning rotor)：

$$F_{Xb-up} = F_{Xb-low} = \frac{1}{4} \rho V_{e50}^2 C_{l,max} c \frac{\pi h_B}{4} \dots\dots\dots (B.5.6-8)$$

$$F_{Zb-up} = F_{Zb-low} = -0.5(m_B + \Delta m_B)g \dots\dots\dots (B.5.6-9)$$

$$M_{Yb-up} = F_{Xb-up} \left(\frac{h_B}{6} - \frac{L}{2} + \frac{L^2}{6h_B} - \frac{L^3}{24h_B^2} \right) \dots\dots\dots (B.5.6-10)$$

$$M_{Yb-low} = -M_{Yb-up} \dots\dots\dots (B.5.6-11)$$

$$F_{Xs} = 0.17 B c h_B \left(\frac{\omega_{max} R}{V_{e50}} \right)^2 \rho V_{e50}^2 + \Delta m_B R \omega_{max}^2 \dots\dots\dots (B.5.6-12)$$

$$M_{Ys} = F_{Xs} h + m_r g e_r \dots\dots\dots (B.5.6-13)$$

$$F_{Zs} = -m_r g \dots\dots\dots (B.5.6-14)$$

B.5.7 Load Case I

Load Case I 是用來確認風機在 1 年一次之極限風況下的安全強度，負載計算公式與公式 B.5.6-1 至 B.5.6-7 相同，只是將 V_{e50} 替換為 V_{e1} 。


參考資料

- [1] International Electrotechnical Commission, IEC 61400-2, “Wind turbines – Part 2: Design requirements for small wind turbines” :2006
- [2] Amos, G. W., and Bragg, G. M., “A Comparison of Analytic Prediction Methods for Vertical Axis Wind Turbines”, Proceedings of the European Wind Energy Conference, Hamburg, Germany, October, 1984
- [3] Strickland, J. H., “A Review of Aerodynamic Analysis Methods for the Vertical-Axis Wind Turbine”, Proceedings of the 5th ASME Wind Energy Symposium, 9th Annual Energy Sources Technology Conference and Exhibition, New Orleans, La., February, 1986
- [4] Gregory F. Homicz, “Numerical Simulation of VAWT Stochastic Aerodynamic Loads Produced by Atmospheric Turbulence: VAWT-SAL Code”, Sandia National Laboratory, SAND91-1124, September 1991
- [5] J. W. Oler, J. H. Strickland, B. J. Lm, G. H. Graham, “Dynamic Stall Regulation of the Darrieus Turbine”, Sandia National Laboratory, SAND83-7029, August 1983
- [6] B. Stich, D. Bode, K. Freudenreich, “Simplified Load Assumptions for Wind Turbines with Vertical Axis”, Hamburg, Germany, Germanischer Lloyd Industrial Service GmbH

正字標記簡介

正字標記驗證制度係為推行中華民國國家標準，自民國 40 年起實施的產品驗證制度，是依據「標準法」及「正字標記管理規則」之規定，為落實國家標準的實施而辦理的產品驗證標記。藉由正字標記之核發，可彰顯產品品質符合國家標準，且其生產製造工廠採用之品質管理系統，亦符合相關規定。生產廠商藉正字標記之信譽，可爭取顧客信賴以拓展市場，消費者亦可經由辨識正字標記圖式，簡易地購得合宜的優良產品，權益因此獲得保障。



由中華民國國家標準之英文代號「CNS」及中文符號「」組成

正字標記核准要件

- 工廠品質管理經評鑑取得標準檢驗局指定品管制度之認可登錄。
- 產品經檢驗符合國家標準。

申請正字標記的益處

■ 提升廠商競爭力

藉由正字標記信譽，爭取顧客信賴以拓展市場；透過與國外驗證標記之相互承認，促進正字標記國際化，進而掌握商機及拓展國內外市場，增加產業競爭力。

■ 品牌加值行銷

在邁入品牌行銷的世代，產品品質符合國家標準是塑造獨有品牌專業形象的重要指標，也是企業奠定品牌知名度的基礎，以及追求永續穩定發展的最佳保證。取得正字標記，不僅可以提升您的產品形象，還可以加值行銷您的品牌價值，打造品牌屹立不搖的專業磐石。

■ 擴展宣傳管道

正字標記每年規劃系列推廣活動、標章教學、媒體廣告、記者會、文宣等，維持及增進和採購人員及社會大眾間的交流，讓正字標記成為消費者與採購單位的信賴指標。因此當廠商產品取得正字標記後，在其產品或包裝上印製正字標記的圖式，即可讓品牌達到加乘效果，更易獲取顧客信賴，增加廠商產品之市場競爭力。

本局正字標記推廣宣導網站，提供取得正字標記的產品進行「產品訊息上架」，讓消費者及採購單位進行查詢、指定購買，免費提供正字標記產品宣傳的通路。

■ 政府採購利基

行政院公共工程委員會於 95 年 11 月發函通知各政府機關表示：「正字標記係我國推行國家標準品質保證之驗證標記，為促進政府採購與公共工程品質之提升，本會鼓勵各機關以正字標記加註同等品作為規格標示。本會 91 年 1 月 29 日工程企字第 09200044060 號函已明示『各機關如使用正字標記產品，其就該產品已依規定辦理之檢驗事項，機關得免重行檢驗。』」。

採購規格指定為正字標記產品，可保障採購規格之妥善、週延性，驗收時只需查驗生產廠商所送交之產品是否具有正字標記證書即可，亦毋須逐項檢驗，可減少產品送驗之人力、物力、財力和時間。

相關資訊 Information

正字標記推廣網站 (<http://www.cnsmark.org.tw>)

正字標記查詢系統 (<http://cnsmark.bsmi.gov.tw>)

經濟部標準檢驗局 (<http://www.bsmi.gov.tw>)
