



檢驗技術簡訊 83

INSPECTION TECHNIQUE

檢驗技術簡訊 第 83 期

2024 年 7 月出刊

每季出刊 1 期



台電彰濱離岸測風塔

◆ 專題報導

日本如何運用通用設計標準打造全員友善工作環境

財團法人金屬工業研究發展中心 工程師 謝松良
財團法人金屬工業研究發展中心 工程師 嚴治宇

浮式離岸風場介紹

財團法人中國驗船中心再生能源處 管理師 林曉琪
財團法人中國驗船中心再生能源處 工程師 楊淳宇

◆ 儀器介紹

儲能電池防火試驗量測系統簡介

電資技術科 技士 王建達
財團法人金屬工業研究發展中心 副處長 陳鍾賢

風能量測設備之檢測驗證介紹

財團法人金屬工業研究發展中心 工程師 黃宇祥

出版資料

出版單位 經濟部標準檢驗局檢驗技術組

聯絡地址 臺北市中正區濟南路 1 段 4 號

聯絡電話 02-23434523

傳 真 02-23921441

電子郵件 chingwen.lee@bsmi.gov.tw

網頁位置

<https://www.bsmi.gov.tw/wSite/lp?ctNode=8849&CiUnit=325&BaseDSD=7&mp=1>

發行人 黃志文

工作小組

主 持 人 楊禮源

召 集 人 李瑋瑄

總 編 輯 李靜雯

編 輯 蔡宛臻 (化性技術領域)

林好珊 (綠能技術領域)

陳明峰 (電磁相容領域)

孫崇文 (物性技術領域)

黃舜國 (電氣領域)

總 校 訂 李靜雯

網頁管理 黃勝雄 吳文正

印 製 李靜雯

G P N 4710003764

日本如何運用通用設計標準打造全員友善工作環境

財團法人金屬工業研究發展中心 工程師 謝松良

財團法人金屬工業研究發展中心 工程師 嚴治宇

一、前言：

日本「促進消除身心障礙歧視法」最初於2013年通過，並於2016年4月1日頒布生效，該法律說明企業必須為身心障礙者提供必要的調整和支持，並且對違反法律的企業予以處罰，藉此促進身心障礙者在社會各個領域的平等參與。通用設計開始不局限於商品本身，更實際走入到職場工作環境當中，依循相關ISO及JIS的標準規範，使勞動環境的通用性得到進步，為此金屬中心特別赴日瞭解相關法規及標準規範。

本次拜訪的NTT CLARUTY Corporation，是日本電信電話集團(Nippon Telegraph and Telephone Corporation，以下簡稱NTT)旗下僱用身心障礙者的特殊子公司，其含義是「每個人的才能像珠寶一樣以各種方式閃耀」，透過通用設計的理念，建立一個所有族群都能夠發揮才能的環境，讓通用設計不再局限於傳統的產品設計範疇，更擴展至工作環境的友善，由身心障礙者的角度為他們提供各種服務及促進日常化，該公司遵循「日本促進消除身心障礙歧視法」，符合ISO 24495-1[1]、JIS X 8341-3[2]標準規範，打造良好的全員友善工作環境。

二、通用設計 ISO 與 JIS 相關規範新應用

在數位化快速發展的今日，網路無障礙 (Web Accessibility) 的重要性日益凸顯，這不僅關乎技術層面，更反映了社會對平等和包容的追求，網路無障礙的核心理念是確保所有人，無論其身體狀況如何，都能平等地獲取和使用網路資訊。這包括視障、聽障、行動不便等各類身心障礙者，也包括高齡者和非母語使用者等特殊需求群體。

網路無障礙的概念可以追溯到互聯網初期。當時由於技術限制，圖像載入緩慢甚至無法顯示，為了讓使用者仍能了解圖片內容，開發者開始使用「替代文字」(Alt Text)。這項技術允許將文字說明與圖像關聯，即使圖片無法顯示，使用者也能通過文字了解內容，隨著技術進步，「替代文字」的功能演變為輔助視障者使用網路的重要工具，視障者可以通過螢幕閱讀器將「替代文字」轉換為語音或點字輸出，從而知曉網頁上的圖像內容。

為了推動上述網路無障礙的普及，該公司主要依循標準如下：

1. ISO 24495-1:2023「簡單易懂的語言—基本原則與指引」：於2023年6月發布，旨在指導內容創作者如何製作簡明易懂的文件，特別適用於面向廣泛公眾的網路內容，為與溝通相關的國際標準。它提出了「提供公眾相關且

必要的資訊」、「讓資訊易於查詢」、「確保資訊易於理解」及「使資訊便於使用」等4項核心原則。

2. JIS X 8341-3:2020「考慮高齡者和身心障礙者的設計指引－資訊和通訊設備，軟體與服務－第3部分：Web內容」：這是日本的工業標準，專門針對網頁內容的無障礙設計。它要求網頁內容必須確保所有使用者，包括高齡者和身心障礙者都能使用，無論他們使用何種設備、瀏覽器或輔助技術。該標準定義了3個級別：A級、AA級和AAA級，為網站開發者提供了明確的指引。
3. 日本「促進消除身心障礙歧視法」：最初於2013年通過，並於2016年4月1日頒布生效，企業必須為身心障礙者提供必要的調整和支持，並且對違反法律的企業予以處罰，藉此促進身心障礙者在社會各個領域的平等參與，這意味著企業必須採取措施，確保其服務和設施，包括網站，對身心障礙者友善。

NTT集團的所有網站，也是透過本次拜訪的NTT CLARUTY Corporation來檢視所有的網站確保符合上述規範。同時，該公司也拓展其業務至社外，承接其他公司的網頁評估工作，在眾多的實施的經驗中，本次與會的田中先生也分享了幾點在技術執行經驗上值得注意的地方：

1. 技術實現：網站開發者需要掌握各種無障礙技術，如正確使用HTML語義標記、提供替代文字、確保鍵盤可訪問性等，因為視覺障礙者及相關軟體，也會依照這些內容進行判讀，正確的標記可以保持內容結構的完整。
2. 內容創作：網站內容創作者需要考慮多元受眾的需求。例如，使用簡明的語言，避免過於複雜的表達；為視頻內容提供字幕和音頻描述；確保文本與背景的對比度足夠等。
3. 用戶體驗設計：設計師需要在美觀和功能性之間取得平衡。例如，確保字體大小可調節、色彩搭配考慮色盲用戶、頁面結構清晰易讀等。
4. 持續維護：網路無障礙不是一次性的工作，而是需要持續關注和改進的過程。隨著新內容的添加和技術的更新，網站需要定期檢查和優化其無障礙性。
5. 成本考量：對許多組織來說，實現全面的網路無障礙可能需要大量投資。然而，與實體設施改造相比，網路無障礙的成本相對較低，且能惠及更廣泛的受眾。

此外，該公司在推動的過程中，網路無障礙不僅是除了上述的技術問題，更是社會平等和包容的體現，包括以下重點：

1. 教育與就業機會：無障礙網站為身心障礙者提供了更多接受教育和尋找工作的機會。如果在線課程及求職網站能做到無障礙，將大大擴展身心障礙者的選擇範圍。

2. 公共服務可及性：政府網站和在線服務的無障礙化，對確保公民權利至關重要。例如，在災害情況下，確保所有人都能獲取重要資訊可能關乎生命安全。
3. 商業機會：隨著人口老齡化，無障礙網站將吸引更多潛在客戶。企業通過提供無障礙服務，不僅履行了社會責任，也擴大了客戶群。
4. 技術創新：推動網路無障礙也促進了相關技術的創新。例如，更智能的語音識別、自動字幕生成等輔助技術的發展。
5. 社會責任與經營者意識提升：關注網路無障礙有助於提高整個社會對身心障礙者需求的認識，促進更廣泛的社會包容才能促進一個公司的永續發展。
6. 人工智慧的優勢：期待人工智能和機器學習在改善網路無障礙方面發揮更大作用，例如自動生成高質量的替代文字。
7. 通用設計：更多地融入主流技術開發流程，成為標準做法而非附加功能。
8. 法律法規：期望未來能將更加完善，為網路無障礙提供更強有力的支持。
9. 教育體系：關注無障礙設計，培養具備相關技能的專業人才。

網路無障礙是一個複雜而持續演進的領域，它涉及技術、設計、法律和社會多個方面。隨著數位技術在生活中的重要性不斷提升，確保每個人都能平等地參與數位世界變得越來越重要，這不僅是一個技術挑戰，更是一個反映社會價值觀的問題，通過持續努力和創新，創造一個更加包容、平等的數位環境，讓技術真正成為連接而非分隔人類的工具，這需要政府、企業、技術專家和社會各界的共同努力，在這個過程中，技術方面可透過JIS與ISO標準規範的發展而進步，在經營者的價值觀上，更應該有其社會責任，打造一個更加公平、包容的社會。

最後，NTT CLARUTY Corporation也帶我們實地參觀了其公司在環境硬體設施通用設計職場環境打造，展現公司讓通用設計的理念，不局限於商品本身，更實際走入到職場工作環境當中，列舉實例摘要如下：

1. 印表機：配合所有人身高及輪椅使用者操作也非常友善的印表機。
2. 地毯：友善視覺障礙者方向導航的地毯，當前進方向需要左轉或右轉時，以顏色友善指引視覺障礙者，例如藍色地毯指向左轉，白色地毯是右轉方向，微凸起的設計，發揮類似導盲磚的功用，但以通用設計為出發點，所有人使用起來皆不突兀的地毯設計。
3. 走道：明亮且寬敞的走道，方便輪椅的會車，所有人也都得到更舒適的走道空間，並且在視覺死角加裝安全鏡，避免轉角碰撞。
4. 洗手間：可雙向開門洗手間，對於半身肢體無力或是左右撇子的使用者都可以便利使用，而且類似像在乘坐飛機與高鐵一樣，只需要抬頭就可知道洗手間目前的使用情形。
5. 網頁無障礙：NTT CLARUTY Corporation 人員示範網頁設計之無障礙評估檢查。

三、參考文獻

1. ISO 24495-1：2023 Plain language — Part 1: Governing principles and guidelines。
2. JIS X 8341-3：2020 高齡者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器，ソフトウェア及びサービス—第3部：ウェブコンテンツ。

浮式離岸風場介紹

財團法人中國驗船中心再生能源處 管理師 林曉琪

財團法人中國驗船中心再生能源處 工程師 楊淳宇

一、前言：

當固定式離岸風電場域逐漸飽和，各國遂試想將開發區域拓展至較深之水域，因而出現「浮式離岸風力發電（Floating Offshore Wind，以下簡稱浮式風電）」概念，所謂浮式風電係指可安裝於浮動結構之離岸風力發電系統，通常適合運用於海床深度大於 50 公尺之海域，不僅突破固定式基礎結構既有環境限制，亦有利擷取深海海域潛在風能。

首座位於蘇格蘭外海之 Hywind Scotland 浮式風場自 2017 年 10 月運營後，許多廠商即更加積極尋求開發浮式風電的機會，藉由遍布全球各地之示範推動計畫，一方面嘗試製造浮式風力機，並加以評估不同浮式平台與繫纜系統結合之適用性，另一方面亦透過示範推動計畫逐步累積安裝及運維技術。

以下將簡介常見之浮式風電型式、國際浮式風場現況與進一步說明浮式風電於國內發展必須留意之重要議題。

二、浮式平台種類與優缺點分析

依據 IEC TS 61400-3-2，浮式風電主要由轉子機艙總成(Rotor-Nacelle Assembly, RNA)、塔架、浮式下部結構(Floating Substructure)、繫纜系統(Mooring Line)及錨錠系統(Anchor)等五大組件組成；其中浮式下部結構或可稱為浮式平台(Floating Platform/Floater)，常見型式包含駁船式(Barge)、浮筒式(Spar)、半潛式(Semi-submersible)及張力腿式平台(Tension Leg)，四種浮式平台如下圖 1 所示。

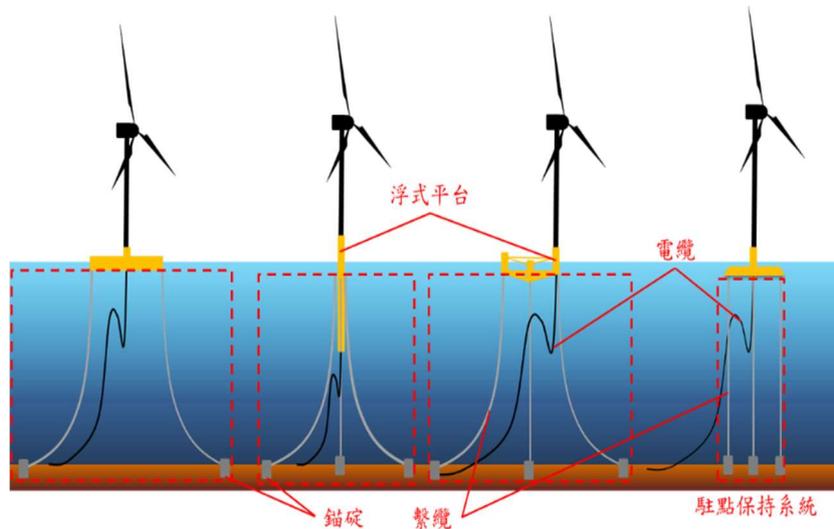


圖 1 常見浮式平台型式
 (由左至右分別為駁船式、浮筒式、半潛式及張力腿式平台)
 (財團法人中國驗船中心繪製)

各浮式平台亦具備不同特性說明如下。

- **駁船式**：採用此型式如西班牙 DemoSATH 浮式原型風力機，此型式外觀為方形或環狀，藉由較大吃水面積以穩定浮式離岸風力機，其吃水深度相對較淺；某些駁船式平台呈現回字形，以減少平台之運動響應。
- **浮筒式**：採用此型式如蘇格蘭 Hywind Scotland 與挪威 Hywind Tampen 浮式風場，此型式結構簡單、易於製造與平台穩定度高，常以鋼或混凝土組成；平台透過浮台之浮力與壓載水維持穩度，結構體較巨大且吃水深度遠大於一般港口水深，因此難以於碼頭組裝，需藉由具有起重設備與動態定位系統之船舶將其施放至欲安裝風力機之場域組裝。
- **半潛式**：採用此型式如葡萄牙 Windfloat Atlantic 與蘇格蘭 Kincardine 浮式風場，此型式結構複雜，銲接節點多以致使技術門檻略高；平台由數個柱狀支撐結構結合水下浮箱組成，透過水下浮箱提供浮力與維持穩度，水下浮箱包含環形浮箱、雙浮箱與多腳浮箱等不同設計。
- **張力腿式**：預計於 2024 年底營運法國 Provence Grand Large 浮式風場即採用此型式，而設計概念與其他平台之主要差異在於影響平台垂直運動主因為張力腿之張力，平台須提供高於其所需之垂直支撐負載之浮力維持駐點保持系統中張力腿所需之張力。

各浮式平台可適用之環境條件不盡相同，場址限制、組裝要求、投資成本乃至運維便利性等因素均為開發商所考量，如下表 1 所示。

表 1 各類浮式平台技術特性
(財團法人中國驗船中心整理)

平台型式	技術優勢	缺點
駁船式(Barge)	設施吃水較淺，平台搭載懸鏈式繫纜系統，亦可於碼頭組裝完成後，再以拖船或駁船運輸至場址安裝。	吃水面積較大，所受風、海浪或波流之作用力更大。
浮筒式(Spar)	結構簡單，可大量生產。	因設施吃水較深而不易於港口組裝，若風力機故障時，僅能現場修復，無法拖回港口作業。
半潛式(Semi-submersible)	設施吃水較淺，於碼頭組裝完成後，以拖船或駁船運輸至場址安裝，有助降低於海上安裝之風險。	結構複雜，銲接節點多以致使技術門檻略高。
張力腿式(Tension Leg)	結構較輕，於碼頭組裝完成後，以拖船或駁船運輸至場址安裝。	安裝較為複雜，繫泊系統與安裝成本較其他浮台類型高。

三、國際浮式離岸風場之概況簡介

承前言所述，繼 Hywind Scotland 浮式風場商轉後，為以往被視認為不利發展離岸風電的國家帶來市場動力，各國亦陸續投入浮式平台技術的開發，目前已營運之風場如挪威的 Hywind Tampen、葡萄牙的 Windfloat Atlantic 以及蘇格蘭的 Kincardine 浮式風場，日本的 Fukushima Forward 浮式風場則步入除役階段；以下將進一步簡介各浮式風場及其現況。

- **挪威 Hywind Tampen 浮式風場：**由挪威石油公司 Equinor 開發，該公司亦為 Hywind DEMO 與 Hywind Scotland 浮式風場之推手，Hywind Tampen 風場位於挪威西南部外海離岸約 125 公里、水深約 260 至 300 公尺處，共安裝 11 座 SGRE 8 MW 風力機，總裝置容量為 88 MW，採用浮筒式平台；風場自 2023 年始全面營運，為鄰近五個石油與天然氣平台之電力來源。



圖 2 Hywind Tampen 浮式風場之浮筒式平台預組裝圖[1]

- **葡萄牙 Windfloat Atlantic 浮式風場**：由 Windplus 團隊開發，Windplus 係由法國能源公司 Ocean Winds、西班牙國家石油公司 Repsol 與歐洲能源公司 Principle Power 組成，該風場位於葡萄牙北部外海，離岸約 20 公里、水深約 85 至 100 公尺處，共安裝 MHI Vestas 8.4 MW 風力機 3 座，總裝置容量為 25 MW，採用半潛式平台；風場自 2020 年始營運，並於維亞納堡港口(Viana do Castelo)設置運維基地。



圖 3 Windfloat Atlantic 浮式風場之半潛式平台安裝圖[2]

- **蘇格蘭 Kincardine 浮式風場**：由 Flotation Energy 團隊開發，該風場位於蘇格蘭亞伯丁外海，離岸約 15 公里、水深約 60 至 85 公尺處，共安裝 MHI Vestas 9.5 MW 風力機 5 座與 MHI Vestas V80 風力機 1 座，總裝置容量為 50 MW，採用半潛式平台；風場亦自 2020 年始營運，可為五萬多個家庭提供電力。



圖 4 Kincardine 浮式風場之半潛式平台預組裝圖[3]

- **日本 Fukushima Forward 浮式示範計畫：**由日本經濟產業省贊助，並由「福島海上風力聯盟(Fukushima Offshore Wind Consortium)」規劃及興建之離岸風場實證研究，該示範計畫位於福島縣外海約 20 公里、水深約 100 至 120 公尺處；其中包含第 1 期（2011 年至 2013 年）之浮式離岸變電站及 2 MW 的風力發電機，以及第 2 期（2014 年至 2015 年）之 5 MW、7 MW 浮式風力機；惟因維護成本過高、無法滿足商業營運等因素，該示範計畫於 2020 年（令和 2 年）12 月由經產省宣布廢止，並陸續除役。



圖 5 Fukushima Forward 浮式示範計畫[4]

各浮式平台之資訊彙整如下表 2 所示，自前述案例而言，浮式平台多為浮筒式或半潛式，張力腿式因繫纜與錨錠系統較為複雜，尚不常見，然興建中的法國大普羅旺斯計畫(Provence Grand Large)將成為全球第一座採用張力腿浮台的浮式風場。

表 2 各浮式風場之資訊彙整
(財團法人中國驗船中心整理)

浮式風場		總裝置 容量 (MW)	平台			水深 (m)	繫泊系統	
			型式	寬度 (Width) (m)	高度 (Height) (m)		繫纜 直徑 (mm)	錨錠 模式
Hywind Tampen		88	浮筒式	14.7	91	260-300	124	吸力 錨樁
Windfloat Atlantic		25	半潛式	50	30	85-100	103	嵌入 拖錨
Kincardine		50	半潛式	75	30	65-85	118	吸力 錨樁
Fukushima Forward	未來	2	半潛式	64	57	32	132	嵌入 拖錨
	濱風	5	浮筒式	51	59	48		
	新風	7	半潛式	150	85	32		

四、國內發展浮式離岸風場之相關議題簡述

隨著開發場址離岸漸遠、水域漸深，浮式平台將更加具備競爭力，為更進一步推展離岸風電，臺灣正規劃浮式風電示範計畫，除政策支持，為使浮式風電可順利發展，基於環境條件與國際浮式風場不同之考量，臺灣推展浮式風電尚有需留意之相關議題如下簡述。

(一) 技術與基礎設施

1. 港口腹地與碼頭：由於浮式離岸風力機多於碼頭組裝完成再拖航至場址安裝，對於港灣基礎建設具備較高要求，港灣基礎建設包含港口航道與腹地、碼頭長度、水深與承載力、貯存面積及起重設備等項目，其中則涉及如港口腹地是否夠大以利安放各組件或備品、碼頭是否具備承載力以利承載施工所產生之負荷等議題。
2. 錨錠與繫泊系統：錨具有吸力樁錨、拖嵌入式拖錨、打擊樁錨或鑽掘樁錨等多種形式，與繫泊結合而成之錨錠與繫泊系統可使連接海床之平台更為牢固，然而臺灣西部海域海床條件差異甚大，苗栗外海富有礫石，而彰化一帶多為沖積層土質，不同地質即須考量不同錨錠設備；再者，鹽分、海流、水深、土壤與佔地面積等條件亦會影響錨錠與繫泊系統之選定與施工，於設計階段須審慎評估與驗證，方可選擇適合之錨錠型式與系統。
3. 船舶與施工經驗：浮式風電安裝需藉由如錨鏈牽引船(anchor handling tug supply vessel)或多功能工作船舶協助，目前國內缺乏相關船舶於浮式風電之施工經驗，若可配合浮式風電示範計畫，建立相應海事工程

之核心能量，則伴隨如日本、韓國、東南亞國家乃至美國均積極投入離岸風電開發，相關船舶使用與施工需求必然增加，可做為我國向外推廣相應海事工程產業之契機。

4. 運維模式與頻率：良好與完善的運維計畫與排程能提升風力機之可用率，惟國際浮式風電始進入營運期，運維模式有待觀察，且不僅運維模式，運維頻率、所使用之設備及排程均攸關浮式風場發電效益。

(二) 特殊自然環境因素

1. 地震與土壤液化：臺灣因位於歐亞板塊與菲律賓板塊交界區，而促使地震頻繁，另外當土壤因外力使得顆粒間的有效應力逐漸下降，進而失去剪應力強度而呈現液態，即為土壤液化；地震及土壤液化可能使得錨碇之能力下降，對錨碇與繫泊系統與平台穩度造成威脅，需要藉由定期監測與觀察該現象，以評估是否進一步採取修復措施。
2. 海洋附生物：臺灣受暖濕氣流與洋流作用，四季水溫、日照、透光度與營養鹽類之差異，形塑出西部海域豐富的海洋生態與孕育出各式各樣的海洋附生物，惟當海洋附生物增生將增加錨碇與繫泊系統以及電纜之負載，且海洋附生物形成之生物膜中的有機物質或其新陳代謝活動所釋放之化學物質均可能形成腐蝕媒介，進而破壞錨碇與繫泊設施、電纜與平台之腐蝕防護系統；又海平面位置、海流方向、海水鹽度、海水含氧量與酸鹼值及海水溫度亦為影響海洋附生物增生之因素，須加以監測與測量，以掌握其生長速度與決定是否進一步採取清除措施。

(三) 法規與配套措施

1. 跨部會/單位之合作：臺灣離岸風電所涉主管機關甚廣，除經濟部能源署為電業主管機關，若涉及離岸風電施工與營運船舶之航行要求與安全者屬交通部航港局之權責，又如涉及避免海洋污染、生態保護者屬海洋委員會海洋保育署之管轄；隨著浮式風電之開發，如漁業權之保障、電力開發協助金之實施、海域複合利用之管理乃至既存法規之援用（如浮式平台是否適用船舶法）等多元議題，跨部會/單位的溝通有助消弭疑慮，進而擬定合宜之辦法。
2. 驗證標準之建置：浮式風電與固定式相同須按階段完成專案驗證，以確保風場於各階段之安全，然當前產業常用之國際標準(IEC)尚未正式公告標準要求，因此設計、施工或驗證時採用之評估方法、考量之環境參數要求抑或安全係數等暫無明確依據，仍須加以研析，方能擷取適合臺灣環境之要件，且亦須持續訓練驗證人才，以掌握最新關鍵技術與建立符合臺灣環境之驗證技術能量。

五、小結

以國際現況而言，離岸風電雖然於淺水區域逐漸飽和，且亦有其他海洋用途競合之疑慮，整體的市場趨勢與裝置容量依舊上揚，係因部分國家已將離岸

風場之拓展重心延伸至深水海域，歐洲國家如英國或挪威，更明確訂定浮式風電發展容量；浮式平台屬前瞻技術，國際上商業化風場仍不多，臺灣以固定式離岸風場之經驗為基礎，可擬定有關浮式風場於開發進程之相應風險減緩措施，並藉由效仿國際已推動之示範計畫，有利縮短學習曲線。另，離岸風電做為再生能源的重要項目之一，國內已培育出許多專業技術與驗證人員，持續研析浮式平台之驗證標準與技術內涵，一旦產業投入浮式風電，專業技術與驗證人員即可同步協助主管機關掌握開發風險與把關開發安全，更加完善離岸風電管理制度。

六、參考文獻

1. Adnan Durakovic, April 15 2022, Foundations for World's Largest Floating Offshore Wind Farm Under Tow – Gallery, offshoreWIND.biz
2. 葡萄牙 Windfloat Atlantic 浮式風場簡介，取自 <https://www.principlepower.com/projects/windfloat-atlantic>.
3. 蘇格蘭 Kincardine 浮式風場簡介，取自 <https://www.principlepower.com/projects/kincardine-offshore-wind-farm>.
4. 日本 Fukushima Forward 浮式示範計畫簡介，取自 <https://www.fukushima-forward.jp/english/index.html>.

儀器介紹

儲能電池防火試驗量測系統簡介

電資技術科 技士 王建達

財團法人金屬工業研究發展中心 副處長 陳鍾賢

一、前言：

近年各國政府致力於推廣綠色能源，紛紛投入再生能源的發展和電動交通工具的使用，並陸續提出「2050淨零排放」的宣示與行動，行政院國發會於2022年3月公布的《臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明》[1]，其中提到2040年所有新售小客車均為電動車，普及率能達到100%；另外，為了確保電網穩定，大型定置型的儲能系統設置需求也快速增加，儲能的應用越來越廣泛。然而，隨著更多儲能產品投入運行，與儲能系統有關的火災、甚至爆炸事故的發生也更加頻繁。近年國內外幾起重大的儲能系統火災事故，包括：2019年4月美國亞利桑那州瑟普賴斯市電池儲能系統冒煙後起火爆炸，造成4名消防與救災人員受傷[2]；2020年7月台北市內湖區民權大橋下、一個正在測試階段的鋰電池儲能

貨櫃發生火災，消防射水長達三小時以上才逐漸獲得控制[3]；2021年4月北京最大的大紅門儲電站在毫無徵兆情況下發生爆炸，造成3死1傷[4]；2021年7月底，特斯拉與Neoen在澳洲吉朗省合作的巨型儲能系統，還沒啟用便失火，大火連燒4天才撲滅[5]；以及最近的2022年3月，台中龍井儲能1 MWh案場發生火燒[6]，儲能安全問題引發越來越多人的關注。

鋰電池儲能系統係由成千上萬顆電芯組成電池模組、電池櫃，一旦因內部或外部短路發生熱失控，容易造成連鎖反應，火勢蔓延至其他電池，造成突發性爆炸的危險。鋰電池儲能本身是電化學反應，有其危險性與有毒性，有風險但並不代表不能使用，如何做到火勢不延燒，讓災害侷限在特定範圍內，減少損失，便須透過管理及認證的方式，來減低其意外之風險。目前國內要求儲能系統設置須在工業區或離加油站一定距離，以確保附近有足夠的消防設施、減少延燒的可能。而儲能系統獨立區劃，依建築用途應至少有防火時效1小時以上，並設有偵煙及氣體探測器、經認可之撒水系統，戶外設置應距離公共道路、建築、可燃物或危險物品3 m以上，或1小時以上防火牆區隔[7]。

為避免儲能系統火勢蔓延，品質與安全為目前儲能系統需面臨之重要問題，因此，美國消防協會於2019年公布「NFPA 855」[8]固定式儲能系統安裝標準，除要求儲能產品須通過UL認證外，進一步規範消防設備的設置等，以降低火災中工作人員與消防員受傷的風險，近年儲能消防安全及安規認證不斷精進，包含電池芯、電池模組，電池機櫃，以及整體儲能貨櫃，需通過國際安全及本局VPC認證，符合CNS 62933-5-2[9]驗證技術規範，而多數儲能產品更進一步取得IEC 62933-5-2和儲能電池防火試驗量測系統測試，以確保營運時之安全妥善度。

二、儲能電池防火試驗量測系統介紹

儲能電池防火試驗量測系統可用於量測分析電池模組、儲能機櫃於燃燒過程中之熱釋放率、質量損失速率、有效發熱量、發煙特性及毒氣分析等。透過以實體燃燒來模擬火災發生之情形，藉分析在熱失控過程中釋放的氣體成份，評估其毒性和可燃性及對應之安全防護措施，是否能有效防止火災擴散。此試驗係採用「氧消耗原理」測定材料燃燒時之熱釋放率，根據Thornton(1917)及後續研究指出，大部分的氣體在完全燃燒後，所消耗每單位氧氣的熱釋放率趨近一個定值，即消耗1 g氧氣會釋放13.1 kJ之熱量，故透過量測材料燃燒時氧氣的消耗，即可計算材料燃燒時所釋出的淨熱釋放率。氧消耗法的優點在於試驗過程可以隨時觀察到燃燒時發生的現象，且在試驗過程中樣品燃燒產生的煙會盡可能地被收集進入煙罩內，以減少實驗誤差較小。

儲能電池防火試驗量測系統主要由下列部分組成：樣品燃燒區、排氣及流量測試系統、氣體取樣及分析系統。

(一) 樣品燃燒區

樣品燃燒區位於煙罩下方，如圖1所示，透過加熱給予一穩定熱源，使試體產生可燃性氣體，經由集氣風管中抽取燃燒產物樣品進入氣體分析裝置，測量出燃燒後產物的氧濃度。依據檢測標準IEC 62933-5-2附錄C[9]之試驗方法，可

使用之加熱形式有柔性薄膜加熱器、機械性(如針刺)、過度充電、過度放電、烘箱加熱...等。



圖 1 儲能電池防火試驗量測系統實驗設備示意圖

(二) 排氣系統

排氣系統之構造如圖2所示，下方為一3 m x 3 m的正方形煙罩，透過抽氣風扇作為排氣系統的動力來源。煙氣流經整流作用之孔口板及排煙管路，藉由後方設置之熱電偶量測廢氣溫度，並經由壓差流速計用以測定空氣流速，利用測得之流速乘上排煙管路截面積後求得總體積流率，藉此換算其他氣體流量。

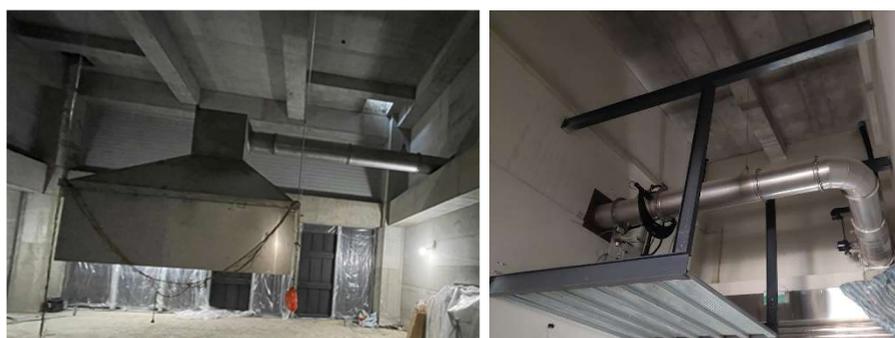


圖 2 排氣系統

(三) 氣體取樣及分析系統

經由排氣管道系統將蒐集的氣體送至氣體取樣及分析系統進行分析。取樣系統中備有一抽氣幫浦，為抽取廢氣之用。當廢氣氣體由取樣探頭進入後，先經過過濾器濾除廢氣中較大之顆粒，再經冷凝器進行燃燒廢氣中水分之凝結，最後進入水分吸收劑後由氧氣/一氧化碳/二氧化碳分析儀測量。氧氣分析系統為順磁式，一氧化碳/二氧化碳分析系統為紅外線，若水分濾除不淨將影響氧氣/一氧化碳/二氧化碳氣體濃度檢測。而排氣管道系統在經過空氣取樣段後，另設置一煙霧光度感測器，利用光學透光原理量測煙霧遮蔽率，量測後的訊號傳遞進入資料收集系統中，數據收集包括氧氣/一氧化碳/二氧化碳分析儀濃度分析、限流孔板兩端壓力差、電偶溫度值及光遮蔽率之即時訊號，並即時運算相關數據。相關數據物理量包括引燃時間、熱釋放率、煙產生率，燃燒時間，煙道流速及各項氣體濃度值，並可同時繪於圖3中即時顯示於螢幕上。



圖 3 氣體取樣及分析系統

本試驗室所建置之設備可用於儲能產品測試，可量測熱釋率為1 MW及10 MW。本設備功能規格如下：

1. 煙罩(Hood)與管道(Duct)：

1.1 煙罩材質：材質為304不鏽鋼，抽風面底面為3 m x 3 m的正方形煙罩，連接抽氣設備之法蘭為不鏽鋼圓管。

1.2 管道：材質為不鏽鋼，管道內徑400 mm ± 10 mm。

2. 氣體取樣與感測器等煙道內量測系統：

2.1 具備線型氣體取樣點，包含氣體採樣管(gas sampling tube)與煙粒子過濾裝置(soot filtration)。

2.2 具備煙霧遮擋系統。

2.3 具備流速系統(Mass flow monitoring)，包含雙向取樣管(Bi-directional probe)、壓差計(differential pressure transducer)與熱電偶(Thermocouple)。

2.4 具備氣流溫度量測系統。

2.5 具備煙霧密度量測系統。

2.6 FTIR採樣管具備保溫處理。

2.7 具備風速儀及定位系統。

3. 氣體分析設備連接系統：

經採樣管採集之氣體須能連接至氣體分析系統進行分析。

3.1 19吋機櫃氣體分析系統

(1) 氧氣濃度分析儀(paramagnetic)

(2) 二氧化碳濃度分析儀(0-10%,infra-red)

(3) 一氧化碳濃度分析儀(0-1%,infra-red)

(4) 前處理系統(flue gas conditioning train)處理待分析氣體，包含煙粒子過濾裝置、製冷劑(refrigerant)、冷卻捕集裝置(cold trap)

3.2 19吋機櫃FTIR氣體分析系統

(1) 符合ISO 19702、EN 45545-2標準

(2) 最高溫度：可達180°C

(3) 光譜範圍：500~5500 cm⁻¹

- (4) 光譜解析度： 1 cm^{-1}
- (5) 偵測器類型：DTGS
- (6) 可分析氣體包含：CO、CO₂、NO、NO₂、N₂O、SO₂、HCl、HF、HCN、HBr、NH₃、CH₄、C₂H₄、C₂H₆、C₃H₈、C₆H₁₄、HCHO、COF₂、丙烯醛、苯酚、水蒸氣

3.3 碳氫化合物分析儀

3.3.1 技術：FID

3.3.2 反應時間： < 15 秒 (90% of full scale)

3.4 氧氣濃度分析儀

3.4.1 解析度： < 1 ppm

3.4.2 反應時間： < 90 秒

4. 點火與校正(ignition/ calibration)燃燒器系統：

自動點火裝置。包含電磁閥(solenoid valve)與flash back arrestor等安全裝置。

三、數位通訊檢測設備測試簡介

操作說明：

1. 測試前須先進行儀器的校正

1.1 檢查儀器狀態(訊號漂移，屬正常現象)及對照軟體與機器顯示之數據是否相近

1.2 壓差計及Burner歸零校正(如圖4)。

1.3 開啟排風機之開關，並將變頻器(洗滌塔)之頻率設定為期望值。

1.4 選擇Calibrate裡的Factors，確認各項參數之校正(如圖5)。

1.5 儀器零點校正執行完後，回到軟體中將Oxygen及CO、CO₂分別點選Zero(如圖6)。

1.6 開啟分析儀視窗，分析儀畫面顯示顯示O₂/CO/CO₂目前量測值，經過3個步驟後，完成氣體校正，確認校正數據(如圖7)。

1.7 熱釋放率校正(氧氣濃度、管道流速、燃燒器熱釋放和校正常數)，校正完成後，畫面將顯示校正結果(如圖8)。

2. 試驗開始

2.1 輸入Filename、Sampling interval資料，並點選收集Smoke、CO/CO₂ data。

2.2 將所有測試樣品放於適當位置後，收集基本資料120秒。120秒後，按Ignition點火，當樣品停止燃燒按Flame Out記錄熄滅時間，試驗過程中可紀錄過程中各種現象(如圖9)。

2.3 結束後點擊Stop，並儲存測試檔案。

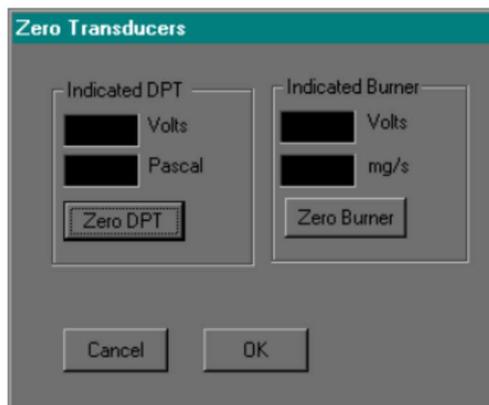


圖 4 壓差計及 Burner 歸零校正

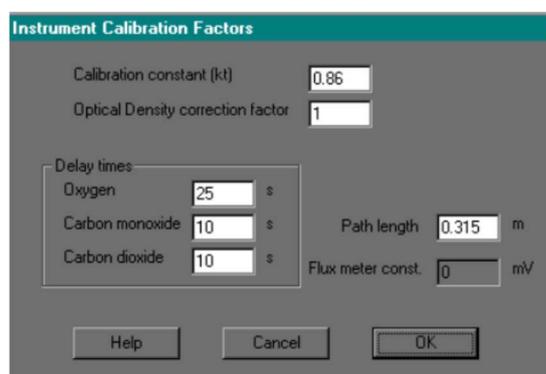


圖 5 校正參數確認

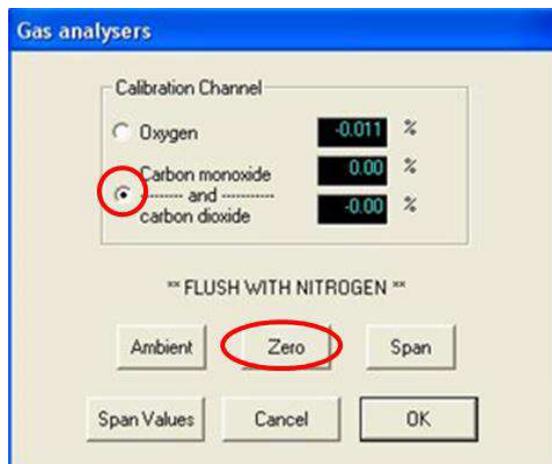
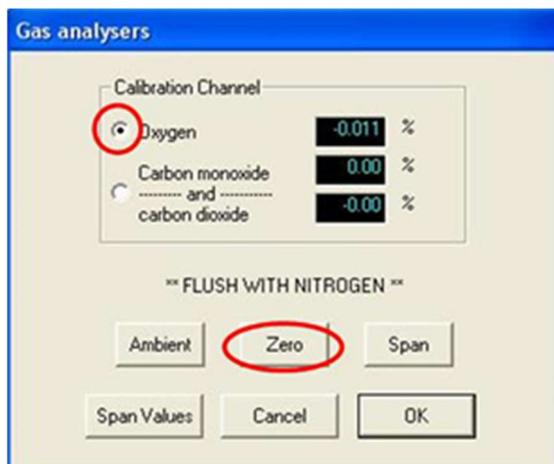


圖 6 零點校正



圖7 氣體分析儀校正

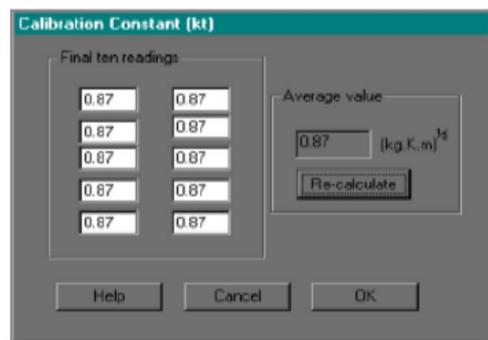
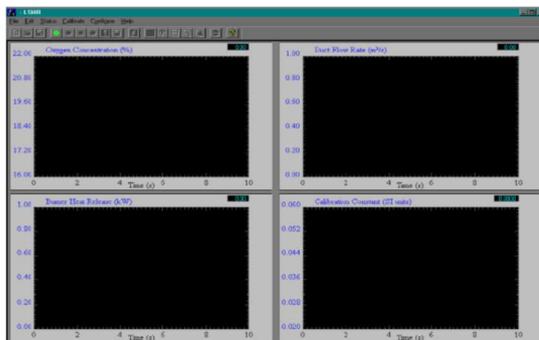


圖8 熱釋放率校正畫面



圖 9 熱釋率量測紀錄

四、結論

儲能系統目前正如火如荼地大量使用及建置，而儲能系統火災過程是由局部隱患演變為故障事件，如何確保儲能系統於電池發生熱失控後，是否能防止災害擴散；以及起火燃燒後，是否會產生氣體或者其他危險因子，透過儲能電池防火試驗量測系統實際測試中所蒐集之數據，做為消防策略規畫的依據，降低儲能產品熱失控風險，提高系統的安全等級，在發生事故時力求控制事故範圍，將災情控制到最低，避免造成任何人員傷亡。

五、參考文獻

1. 臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，2022 年，國家發展委員會
2. 電池爆炸燒出安全議題，美國儲能廠爆炸調查結果出爐，2020 年，科技新報，取自 <https://today.line.me/tw/v2/article/7JBnvm>
3. 降溫釋氧反助燃! 鋰電池竄火燒掉 6 千萬，2020 年，TVBS 新聞網，取自 <https://news.tvbs.com.tw/local/1355934>
4. 4/16 北京大紅門儲能電站起火爆炸事故調查結果公布! 磷酸鐵鋰電池內斷路起火，2021 年，北京市應急管理局，取自 <https://m.bjx.com.cn/mnews/20211123/1189510.shtml>
5. 得電池者得天下 3 / 搶攻大型充電樁市場「消防指引」竟是絆腳石，2024 年，經濟日報，取自 <https://money.udn.com/money/story/123742/7872567>
6. 台中貨櫃儲能站暗夜起火好棘手 消防員全副武裝搶救，2023 年，聯合新聞網，取自 <https://udn.com/news/story/7320/7279049>
7. 提升儲能系統消防安全管理指引，113 年，內政部消防署，取自 <https://law.nfa.gov.tw/MOBILE/law.aspx?lsid=FL099497>
8. [NFPA 855 Standard Development](#)，2023 年 National Fire Protection Association(NFPA)
9. CNS 62933-5-2:2022，電能儲存系統(EESS)－第 5-2 部：併網式電能儲存系統之安全要求－電化學系統

風能量測設備之檢驗證介紹

財團法人金屬工業研究發展中心 工程師 黃宇祥

一、前言：

台灣近年重視淨零排放並推動再生能源政策，積極發展離岸風電，截至2024年4月為止，離岸風電裝置容量已達2.38 GW。現在除了離岸風電以外，既有陸域風場皆已屆臨汰役階段，並持續有風場開發商規劃新地點設置風力機，在規劃設置風場前，皆會進行該場域的風能評估，確認風能條件是否足夠使風力機穩定發電，為精確確認該場域的風能條件，皆會進行實地風能量測，現階段主要由透過測風塔或是氣象式光達進行量測，並有相對應的參考國際標準，以確保量測數據品質。

二、測風塔的介紹：

測風塔，主要為一細長型鋼架結構，並在各高度上安裝量測儀器，以量測風能及氣象數據，包含風速、風向、溫度、濕度、大氣壓力等。依設置方式主要可分為拉線樁固定型或是自立型，拉線樁固定型是在對稱的三邊或四邊設置拉線樁，透過拉線鋼纜來固定測風塔塔體；而自立型是採用跨距較大的鋼結構設計，塔架本身可自行站立。當設置土地面積足夠時，採用拉線樁固定型的成本較低，反之若設置土地面積不足時(如海上)，無法透過拉線固定，則會採用自立式。國內現已有設置數座測風塔，清單如下表1。



圖1 標準檢驗局臺中港100米測風塔



圖2 台電彰濱離岸測風塔

表1 國內現有測風塔列表

國內既有測風塔		高度
陸域	①桃園中央大學測風塔	32 米
	③臺中港標準局測風塔	100 米
	④彰濱台電電源開發處測風塔	120 米
	⑦嘉義外傘頂洲測風塔	17 米
離岸	②新竹外海海洋竹南測風塔	90 米
	⑤彰化外海永傳測風塔	85 米
	⑥彰化外海台電一期測風塔	97 米

備考：嘉義外傘頂洲測風塔原為60米，於2023年拆除縮減，現高為17米

經濟部標準檢驗局於2016年起於臺中港近岸設置一座100米測風塔，長期觀測台灣風能狀況，現已有100個月（2016年2月至今）的量測數據，其中於2016年9月27日量測到梅姬颱風之10分鐘平均風速達53.18 m/s，已超出當時IEC 61400-1及CNS 15176-1標準中Class I等級之風力機設計基準風速(50 m/s)，在與日本NEDO機構(新能源產業技術綜合開發機構)及東京大學石原孟教授合作之下，重新評估熱帶氣候所對應的極端風速，並著手修訂國家CNS 15176-1標準，於2017年1月4日公布CNS 15176-1國家標準制定抗颱風等級57 m/s規範，而國際標準IEC 61400-1第四版草案於2019年2月已新增熱帶環境之極端基準風速57 m/s，強化台灣在風力機設計上的基本要求。



圖3 標準檢驗局臺中港100米測風塔配置儀器

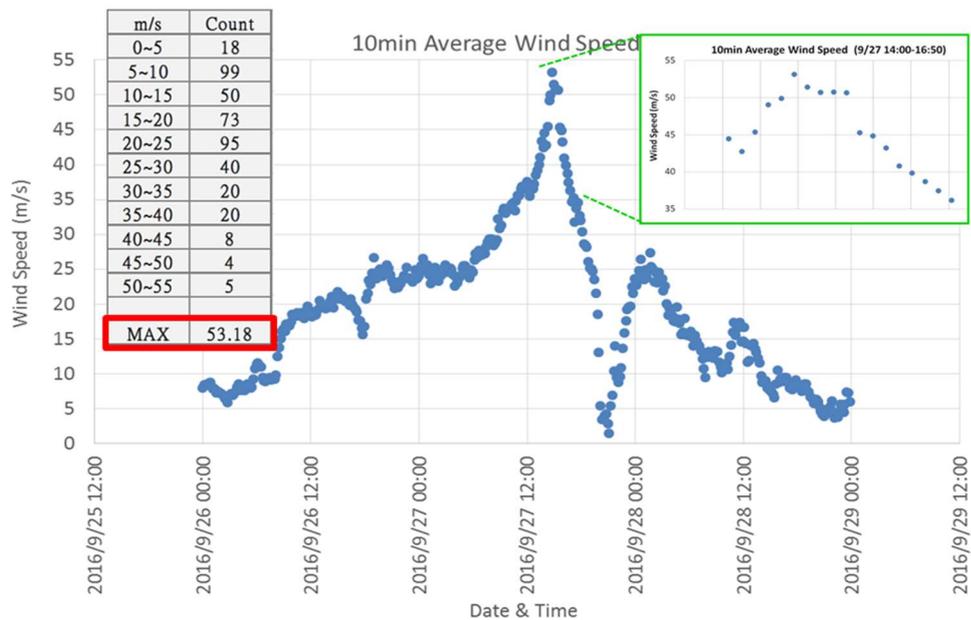


圖4 梅姬颱風-10分鐘平均風速分佈(臺中港100米測風塔)

在風能量測設備上，測風塔的設計要求原本是規定於IEC 61400-12-1中，IEC 61400-12-1主要是為風力機在進行功率性能量測時之標準，而在進行功率性能量測時，需要有客觀獨立的風能數據，與經校正儀器量測的發電功率數據來進行比對分析，確認風力機實際的功率性能曲線，是否與設計一致，故該標準中包含了獨立量測風能的測風塔設計要求，其中主要的設計要求為避免測風儀器遭受測風塔塔架結構干擾，要求儀器支架需要保持一定的距離及空間淨空，並且針對風速計的規格進行等級分類，並可參照該標準對風速計進行校正。

於2022年時，IEC為了更好區分各標準的範圍，將風能量測相關的要求自IEC 61400-12-1截取出來，單獨成立IEC 61400-50標準系列，測風塔相關要求

被規劃在IEC 61400-50-1中，其第一版的內容僅為截取及整理原IEC 61400-12-1的內容，故技術上的內容並無更動。

而原本之IEC 61400-12系列則著重在於進行風力機功率量測上的相關技術準則，並與IEC 61400-50新系列有交互關係，可進行互相參照。

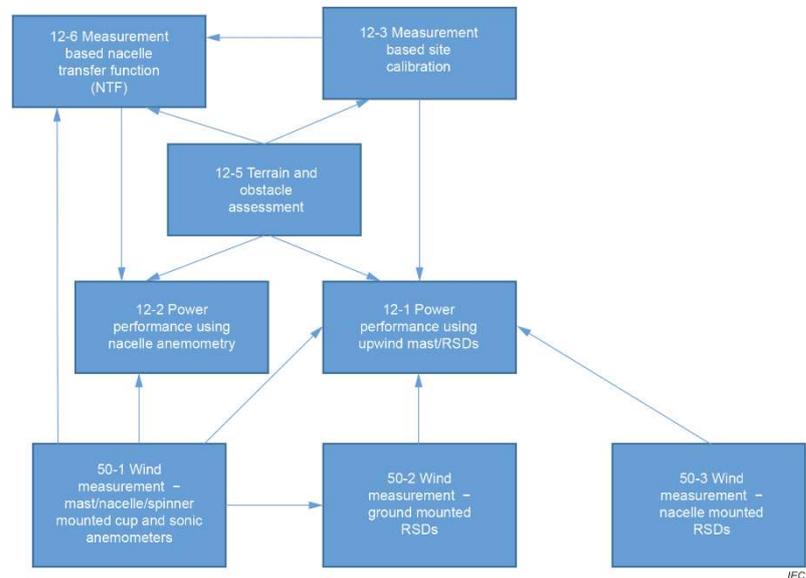


圖5 IEC 61400-12和IEC 61400-50系列標準間的關係一覽

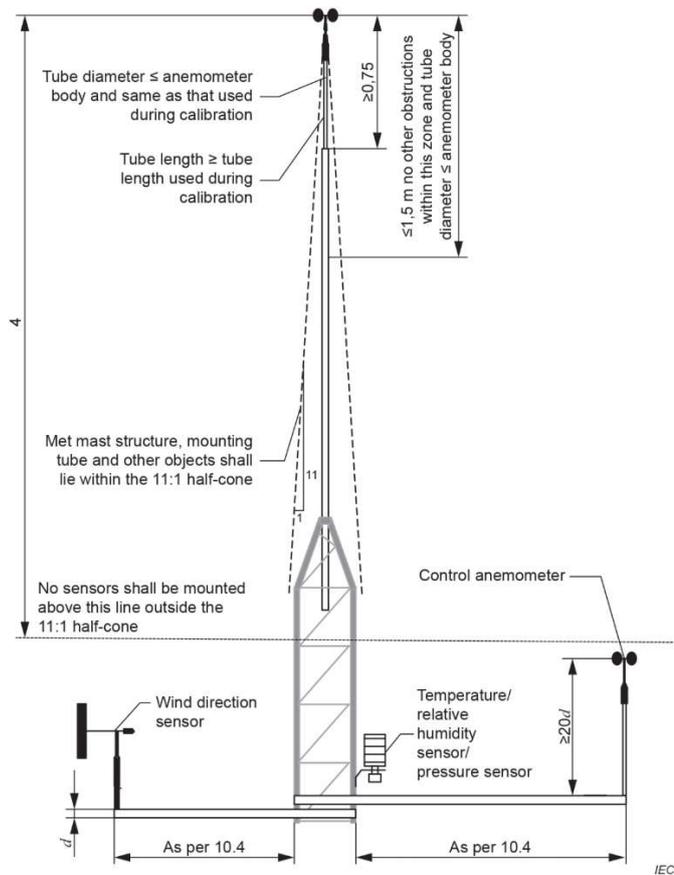


圖6 IEC 61400-50-1測風塔塔頂儀器設計要求

三、氣象式光達的介紹：

氣象式光達，是利用雷射雷達及都卜勒原理，使用連續雷射光照射空氣中的懸浮粒子，透過量測回波光的頻率，可以知道空氣中懸浮粒子的移動速度，並轉換得知風速，為新式測風設備之一，一般商用型的量測範圍可從上空40米起，量測達200米高空的風速及風向，並可設定至少10個高層進行量測，與傳統的固定式測風塔相比，具有體積小、可移動性、建置時間及費用成本低廉的優勢，已經成為現在風能量測設備的趨勢。

在新版IEC 61400-50系列中，IEC 61400-50-2係針對地面型的遙測裝置(光達)的量測數據要求、校驗方式及不確定評估進行規定，以確保使用光達執行風能量測時，量測數據品質有效且穩定。

為確保氣象式光達設備之準確度，標準採用方法為將氣象式光達擺放在一標準測風塔旁，透過設定將光達量測的高度與測風塔儀器高度相同，測風塔的風速、風向計須經過校正可追溯，透過同一時間內的量測數據進行比對，來確認光達量測數據的準確性。

另除常見的地面型氣象式光達，依據設置方式，也有機艙式光達及浮動式光達等應用，其也有相對的國際標準，分別為IEC 61400-50-3及IEC 61400-50-4(尚未公告)，內容也包含了對應的量測技術及校驗方法。



圖7 地面型氣象式光達

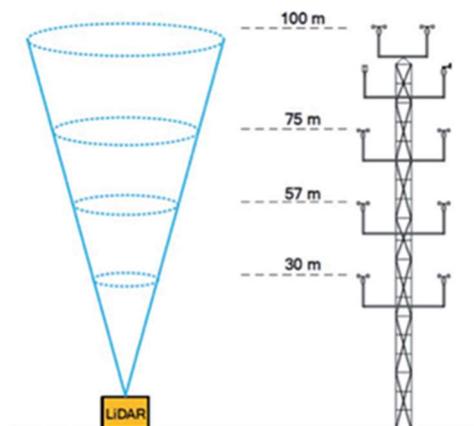


圖8 氣象式光達與測風塔校驗示意圖



圖9 機艙式光達



圖10 浮體式光達

四、參考文獻

1. CNS 15176-1:2018，風力機－第1部：設計要求
2. IEC 61400-12-1:2017 Wind energy generation systems - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines
3. IEC 61400-12-1:2022 Wind energy generation systems - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines
4. IEC 61400-50-1:2022 Wind energy generation systems - Part 50-1: Wind measurement - Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments
5. IEC 61400-50-2:2022 Wind energy generation systems - Part 50-2: Wind measurement - Application of ground-mounted remote sensing technology
6. 台電月刊 642 期 <https://tpcjournal.taipower.com.tw/article/1399>