



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告
(出國類別：研究)

「赴美參訪SWCC、DNV及Intertek等國際
驗證機構，並洽談中小型風力機設計評
估、驗證合作及檢測技術交流」

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：張嶽峯簡任技正、蔡憲謀課長

派赴國家：美國

出國期間：中華民國101年12月9日至12月17日

報告日期：中華民國102年3月13日

摘要

本局依據「中小型風機標準測試與驗證技術發展計畫」，派遣第六組張簡任技正嶽峯擔任領隊，於101年12月9日至101年12月17日率領高雄分局蔡課長憲謀，赴美國參訪在風電能源檢測、驗證領域上具有發展之DNV西雅圖公司，同時也參訪美國小型風機驗證協會（SWCC）暨其位於阿帕拉契州立大學（Appalachian State University）內之辦公室暨其北美風機測試場，同時也至紐約參訪INTERTEK 驗證公司暨其電子實驗室與位於錫拉丘茲之中小型風機測試場。

本次美國參訪之行，主要在瞭解美國在中小型風機設計驗證系統、設計與負載評估、性能測試及其申請驗證流程，與作為未來本局高雄分局設計驗證實驗室規劃及努力方向之參考，藉由參訪實驗室以直接獲取其經驗交流，瞭解各相關標準間之差異情形，及未來國際規範可能修訂方向，作為我國在中小型風機設計驗證、測試與驗證等規劃建議方案。

關鍵字：中小型風機驗證，型式試驗，設計評估，AWEA

壹、參訪目的

台灣本為一海島地形，每年約有半年以上的東北季風期，尤其中西部沿海及離島受台灣海峽海風隧道效應，許多地區之年平均風速超過每秒 4 公尺，風能潛力相當優越，根據工業研究院能資所調查顯示，台灣全年平均風速大於每秒 4 公尺的區域，總面積約占 2,000 平方公里，屬風能資源豐富地區，風力發電為現階段經濟性較佳之再生能源，為政府開發重點；且近年來歐美各國積極投入風力發電發展情形下，風力發電技術日新月異，其發電成本已下降，世界各國爭相發展風力發電。

本局依據「中小型風機標準測試與驗證技術發展計畫」之第二期計畫，已於澎湖建置中小型風力機測試場，完成一座測風塔及三座風機塔架，期望該標準風機測試場可符合國際認可，藉由驗證國內中小型風機性能、噪音及耐久性，予以協助廠商進入歐、美及中國大陸等風機市場，並藉由該計畫之執行在本局高雄分局建置中小型風力機設計評估試驗室，提升風力機設計評估能力，協助國內風機製造商在製造過程之負載計算、扇葉靜態及動態測試。

為瞭解美國風機驗證系統、設計評估及測試技術，依據前述計畫，本局派遣第六組張簡任技正嶽峰擔任領隊，於101年12月9日至101年12月17日率領高雄分局蔡課長憲謀，赴美國參訪DNV、美國小型風機驗證協會（SWCC）和美國全國公證檢驗公司（INTERTEK）公司等單位，加強雙方之技術交流與未來可能合作事宜，並藉由參訪SWCC位於北美風機測試場、INTERTEK風機測試場等實際風場之測試執行，瞭解與國內已建置標準風場之差異性及可能完善之參考方案。美國參訪之行，調查美國中小型風機驗證系統及其申請驗證流程，與未來高雄分局設計評估試驗室成為美國認可風機實驗室規劃及努力方向，獲取實驗室經驗及美國中小型風機市場現況，提出中小型風機設計評估與驗證制度規劃建議方案。

貳、小型風機型式驗證評估

小型風力發電機是利用風能發電，並無污染排放問題，在先進國家多可運用於家庭週遭、社區或經濟規模較小之企業電動發電機，除可自力生產所需電力與保護地球環境，也可降低國際能源法案的衝擊。美國在小型風力發電機領域上已執世界之牛耳，隨著節能減碳之效應，預估市場在未來5~10年將具強勁增長。

為使風機在設計階段可預知改善及降低設計錯誤，並提供製造商、消費者、保險公司等多重保障，自1980年起風力機產業即已開始發展，國際間也以第三公正(third parties)的獨立驗證機構來驗證風機及確認是否符合規範要求，而風機符合性驗證係依據IEC 61400-22風機測試及符合性驗證規範予以進行確認，其驗證流程如圖1所示；由於IEC 61400-22之標準係為大風機所適用之標準，目前國際上並無小型風機之適用標準，雖大部分仍引用IEC 61400-22之規範要求，惟美國及英國等國是以調合國際規範，並分別以美國風能協會(AWEA)及英國風能協會(BWEA)所訂之區域性標準作為其適用之標準。

現行IEC 61400-22之風機符合性驗證程序雖有6項屬重要強制性模組，但因區域性標準之差異性問題，美國AWEA爰將IEC 61400-22之最終評估(Final evaluation)模組與SWCC之最終報告評估合併審查；另符合性驗證程序中包括風機基座設計評估、風機基座廠商評估及特性量測（如風機噪音及併聯電力品質等）等3項為選擇性模組，以下謹就該標準風機之若干強制性符合性驗證模組予以說明：

1. 設計基礎評估(Design Basis evaluation)：製造商就風機設計部分需提交有關安全設計上的基礎文件。
2. 風力機設計評估(Design evaluation)：依據製造商提交之設計文件進行審查；其中對於各別獨立之負載計算部分，須依據不同製造者所應用之氣彈力學(aero-elastic)程式進行確證。
3. 製造評估(Manufacturing Evaluation)：該項主要是對製造者之品質系統進行評估，亦可經由取得ISO9001之符合性文件或經由工廠檢查(manufacturing inspection)機制來確認。
4. 型式試驗(Type Testing)：經由機構所認可之實驗室執行測試，其測試包括風力機實測設計負載計算、扇葉靜態與

動態試驗、風機電功率性能試驗、安全與功能等測試項目。



圖1 IEC 61400-22風機符合性驗證流程

美國小型風機驗證協會（SWCC）係對扇葉掃掠面積小於200平方公尺之小型風機為主，另考量小型風機因結構設計較大型風機簡易，故各驗證單位大都採取SWCC之簡易驗證方式(如圖2所示)，其簡化事項約略敘述如後：

一、將IEC61400-22之設計評估予以簡化為風機結構分析，

並依據IEC61400-2第7.4節單純評估加上安全因子。

二、將IEC61400-2第7.8節氣彈模型(aero-elastic modeling)，簡化為評估扇葉、傳動軸及轉向軸(yaw axis)的符合性。

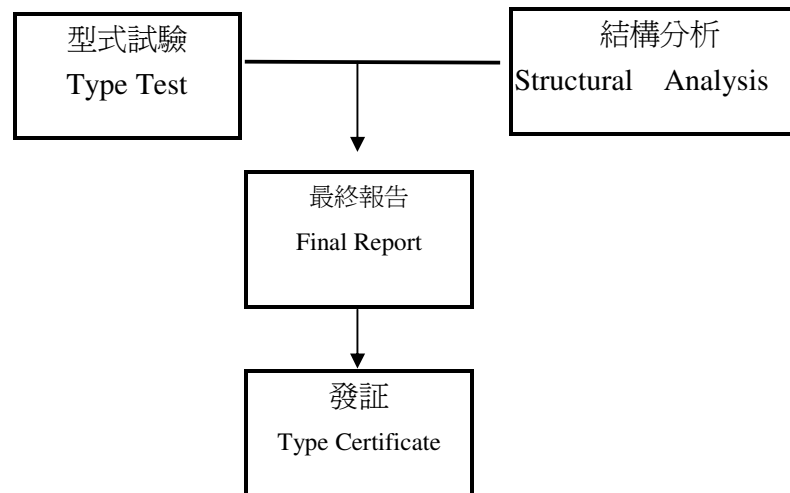


圖 2 SWCC 小型風機驗證流程

SWCC對風機之型式試驗，除符合美國風能協會(AWEA)所訂定美國區域性差異標準之外，也要求小型風機需通過IEC61400-12-1之性能測試、IEC61400-11之噪音測試、IEC61400-2第9.4節之耐久性測試、及IEC61400-2第9.6節安全與功能等要求；另考量小型風機因結構設計較大型風機簡易，故各驗證單位大都採取SWCC之簡易驗證方式(如圖2)，製造商僅需向認可實驗室提交型式試驗及結構分析(設計驗證)申請(亦可分別向2家不同測試試驗室提出申請)，經

SWCC驗證委員審查後，始能決定產品通過驗證與否，或要求
測試場與申請者補送相關文件或再測試，經評估審查符合規
定即可進行發證階段。

叁、參訪機構及行程簡介

本次美國參訪行程共參訪DNV、美國小型風機驗證協會（SWCC）和美國INTERTEK公司等三家機構及參觀SWCC位於北美風機測試場、INTERTEK風機測試場二處中小型風力機測試場，自101年12月9日出發至12月17日結束返國，與參訪單位討論議題及內容說明如表1。

表 1 參訪行程及議題

參訪日期	參訪地點	參訪機構及訪談對象	參訪目的及討論主題
12/9 (日)	台北至西雅圖	去程	
12/10 (一)	西雅圖	DNV Renewables(USA) Stephen R Jones (Head of Department Cleaner Energy) 及 Jeroen Dolmans (Head of Section, Turbine Technology)	1. 小型風機設計負載評估、性能測試及申請驗證流程。 2. 瞭解各相關標準間之差異及未來國際規範修訂方向。
12/11 (二)	西雅圖至北卡羅萊納州夏洛特(Charlotte)	路程	
12/12(三)	夏洛特Charlotte	SWCC (Small Wind Certification Council) Brent Summerville PE (Technical Director)	1. 瞭解參訪單位與國內標準風場之差異性。 2. 風機設計負載評估、性能測試及申請驗證流程。
12/13 (四)	夏洛特至紐約錫拉丘茲	路程	資料研讀轉機

12/14(五)	紐約錫拉丘茲	Intertek	1. 瞭解參訪單位與國內標準風場之差異性。 2. 美國小型風機驗證事宜。
		Joseph Spossey (Small wind Team Leader) 及 Troy Jeroen Dolmans (Head of Section, Turbine Technology)	
12/15 (六) 12/16 (日) 12/17 (-)	紐約錫拉丘茲至 台北	回 程	

一、DNV (DET NORSKE VERITAS)

(一) 簡介

DNV 早期(1864年)成立於挪威，是一個獨立機構，並以商船技術檢查及評估為其主要業務，後以基金會方式成立，並以保護生命、財產與環境為宗旨，目前分布於100多個國家，共有300餘辦公室，約9000餘名員工。本次參訪位於西雅圖的DNV辦公室，該辦公室主要係以風力發電技術為主，並自2001年起發展風機元件和結構之標準、規範和指導方針，提供風場建置、風機製造和投資者多種不同的解決方案包括：

1. 測試及設備：

- (1) DNV 西雅圖辦公室並未設置風力機測試場，而是提供人員及測試儀器至客戶指定風場執行符合標準的測

試(如性能及噪音等測試)，而該辦公室測試人員經美國實驗室認證協會(American Association for Laboratory Accreditation A2LA)，以ISO/IEC 17025 認證通過性能測試(IEC61400-12-1)、噪音測試(IEC61400-11)、耐久性測試(IEC61400-2 第9.4 節)、及安全與功能(IEC61400-2 第9.6 節) 等相關標準要求；該辦公室近來並發展風機機艙式功率曲率量測，將測風儀器裝置於機艙上，可減低量測不確定度。

(2)DNV為SWCC認可之實驗室，可至客戶之指定測試場執行測試，經由DNV核發之測試報告，SWCC一般均會接受。DNV也提供3階段計畫協助設計驗證實驗室取得ISO/IEC17025認證；其中第1階段為人員訓練以建立人員測試能力，第2階段確認測試場之建置及相關設備可符合標準要求，第3階段稽核測試場品質系統及技術能力符合ISO/IEC 17025之規定。

2. 風場評估：

提供系統服務包含測風塔(含塔架)與風機安裝、風場設置地點與校正、及風場資料收集等，並確認風機產

出最佳效率；目前本局與法人台灣大電力試驗中心合作建置之澎湖風力機測試場之風機基座及測風塔位置選擇即是委由DNV西雅圖辦公室從事先期建置評估。

3. 風機工程與驗證(Wind Turbine Engineering & Type Certification)

提供風機生命週期內技術諮詢（如扇葉氣彈分析、氣彈模擬、材料科學、控制系統及機構整合等）及離岸(off-shore)大型風機驗證等服務。

(二)參訪行程

由DNV西雅圖辦公室經理Stephen R Jones及葉輪部門技術主管Jeroen Dolmans接待，並簡介DNV西雅圖辦公室主要工作範疇，隨後雙方就風力機設計評估、中小風機測試驗證等議題區分2組人員分別進行各別討論，其中一組由原能會核能研究所黃副組長金城與本局高雄分局蔡課長憲謀等介紹我國風力機設計評估、驗證與負載計算等現況，另一組則由本局張簡任技正嶽峯與法人台灣大電力研究試驗中心人員等就我國現行中小風機測試場之設置運作與驗證現況予以說明；雙方並就前述議題之技術問題與標準間差異進行討論及交換意見。



圖3 參訪人員與DNV主管合照

(三)會議討論重點摘要

1. 風機設計驗證：

- (1) 小型風力機設計驗證標準為 IEC61400-2(2006)或AWEA 9.1(2009):設計驗證標準除需符合IEC及AWEA標準之外，尚需符合當地州政府之法令規定。
- (2) 有關小型風力機之扇葉靜態及動態測試是否需符合 GL (guideline)標準之問題，一般而言風機強度及安全要求除需符合IEC及AWEA標準之外，對扇葉、主軸強度及疲勞等則需視個案討論研判。
- (3) 簡易負載分析模式適用於小型風力發電機設計驗證方式，其運算程式各有不同，運算程式若能取得驗

證證明，就較無爭議性。

(4)通過驗證之小型風力機若零件變更如無影響風機性能，原則上無須重新申請驗證，惟若影響風機性能或結構強度，則須重新申請設計驗證。

(5)關於取得BWEA驗證通過之證書或審核測試報告與SWCC 驗證證書之轉換問題，因AWEA與BWEA所訂定區域標準非常類似，僅在測量噪音部分有些不同，BWEA需較多量測數據及統計等資料，但建議測試場可同時取得此2項標準的認證；原則上證書須個案審核其測試報告是否符合SWCC之規定，缺少項目或未符合項目均須加測。

2. 為確認DNV評估國內澎湖風力機測試實驗室驗證程

序，同時釐清風力機相關標準（IEC、AWEA、及BWEA等）之技術差異，討論重點如下：

(1)國際標準IEC-61400-11的不確定度（uncertainty）

係就運轉噪音和背景噪音予以分別計算，假設運轉噪音為 $Ua1$ ，背景噪音為 $Ua2$ ，經合併後之不確定度（uncertainty） $Ua=(Ua1^2 + Ua2^2)^{1/2}$ 。

(2)在國際標準IEC-61400-12規範第75頁之第i項所引

用的要求係用於獨立型小型風力發電機，該部分可參考附錄H.1的規定。

- (3) 國際標準 I EC 61400-12-1 與美國 AWEA 風機標準 / 英國 BWEA 風機標準所規定的電纜線長範圍，因相關規範不同原存有其差異，但皆為合理。
- (4) 背景噪音的檢測是允許使用 10 秒平均取代 1 分鐘平均，惟需於測試報告中註明此情形。
- (5) 關於風向排除問題，DNV 是使用 10 分鐘數據，而非以 1 秒之數據。
- (6) 關於平均風向之公式，目前 DNV 現行所使用的設備 (CR-1000)，是以設定的向量公式進行風向角度平均，與目前法人台灣大電力試驗中心的風向角度平均公式，其結果應為一致。
- (7) 關於降雨在 0.01 毫米 / 分鐘以上時，應過濾這方面檢測數據，在進行校正作業時也需一併過濾；原則上，下雨的情況會降低風機功率性能，測試單位或許可考量將有過濾及未過濾等兩種條件數據均提供給測試廠商參考。
- (8) 在風場校正的風向 bin 表格中，風向平均值仍應顯示

該bin的所有角度平均，但除了有介於0度到359度之風向bin以外，計算上可逕行使用一般算術平均公式。

(9)目前DNV在風場校正計算是使用『差的絕對值的平均值』，但該處在標準規範確實較為模糊。

(10)關於DNV赴現場執行評鑑之人選，因領域專長不同會由不同地區之專家人員執行，技術部分會由美國方面派員進行評鑑，品質部分由挪威方面派員進行，未來發證亦應由挪威方面進行DNV發證作業。



圖4 參訪人員與DNV專家標準技術討論會議

三、SWCC (Small Wind Certification Council)

(一)簡介

1. SWCC於2009年成立，為一非營利(non-profit)組織且

獨立的驗證機構，提供北美小型風機市場驗證。其起源係因在美國設置風機有獎勵計畫，但州政府無法自風機廠商提交報告中，確認風機實際發電量及結構安全性，爰由風機產業、州政府及能源部，捐助成立SWCC作為第三公正機構，確認風機驗證的符合性始取得獎勵計畫資格。

2. SWCC設有董事會(Board of Directors)及驗證委員會(Certification Commission)與3位專職人員。董事會有11位董事，其中3位董事來自產業界，並任命3人擔任驗證委員，依據SWCC的驗證政策執行業務，目前加州、奧勒岡州、紐約州等州政府要求小型風機需通過SWCC驗證始具備申請獎勵計畫資格；驗證委員之審查運作情形略述如下：

- (1)與技術主管(Technical Director)諮詢，審查驗證申請案。
- (2)當風力機有若干修正，將決定風力機是否應重新驗證或加測必要之測試。
- (3)審查設計變更的符合性。
- (4)適當時要求申請者提送補充或更新資料。

(5)以多數表決方式決定驗證之核駁。

3. SWCC在驗證體系是屬驗證機構(CB)，而DNV是為SWCC認可之測試實驗室亦為驗證機構，可至客戶之指定測試場執行測試後將報告提交SWCC審查，而標準部分則是由AWEA調和IEC 61400-22之規範要求訂定區域性標準作為其適用之標準，其相互間之關係如圖5所示。

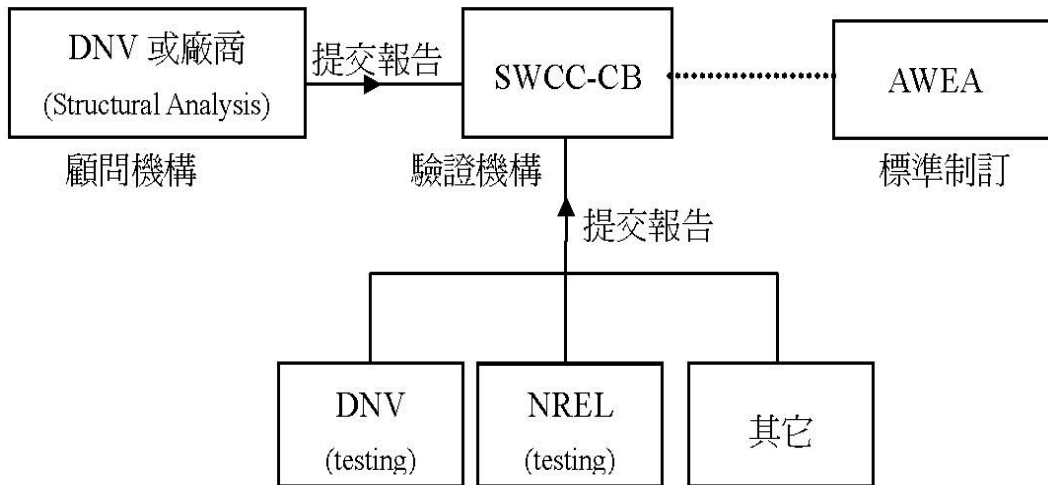


圖5 SWCC、AWEA、DNV、NREL 關係圖



圖6 參訪人員與SWCC Brent討論AWEA規範內容

(二)參訪行程

本次參訪係由SWCC之技術主管Brent Summerville PE接待，並簡報SWCC組織概況及驗證流程(如圖6)。因SWCC係為驗證機構，業務大致以書面審查為主，若有受理非認證實驗室測試報告，Brent需親至該測試場評估場地及儀器符合性，Brent辦公室設於阿帕拉契州立大學(Appalachian State University)內，順道拜訪阿帕拉契州立大學校長JEFFREY S. TILLER 同意參觀小型風機製作實驗室(如圖7)及北卡羅萊納州測試場(如圖8)。



圖7 阿帕拉契州立大學小型風機製作實驗室



圖8 北卡羅萊納州測試場

(三)會議討論重點摘要

1. SWCC 受理非認證實驗室報告、相互承認之英國 MCS(Micro-generation Certification Scheme)或經 IEC 標準驗證的申請案件；申請者需提交申請書及繳交初步審查費用後，依申請者所委託測試場資格，其

驗證路徑如圖9所示：

- (1) 經SWCC所認可之實驗室(如NREL, DNV)可直接提交驗證審查。
- (2) 非經認可之實驗室，則需SWCC進行測試場評估符合後，始能進行驗證審查。
- (3) 取得其他驗證機構驗證通過之風力機，視情況得轉換報告並提交驗證審查。
- (4) 經英國MCS驗證體系或IEC型式驗證通過之風力機，需加測AWEA與其差異項目測試，始能進行驗證審查。

Pathways to SWCC Certification

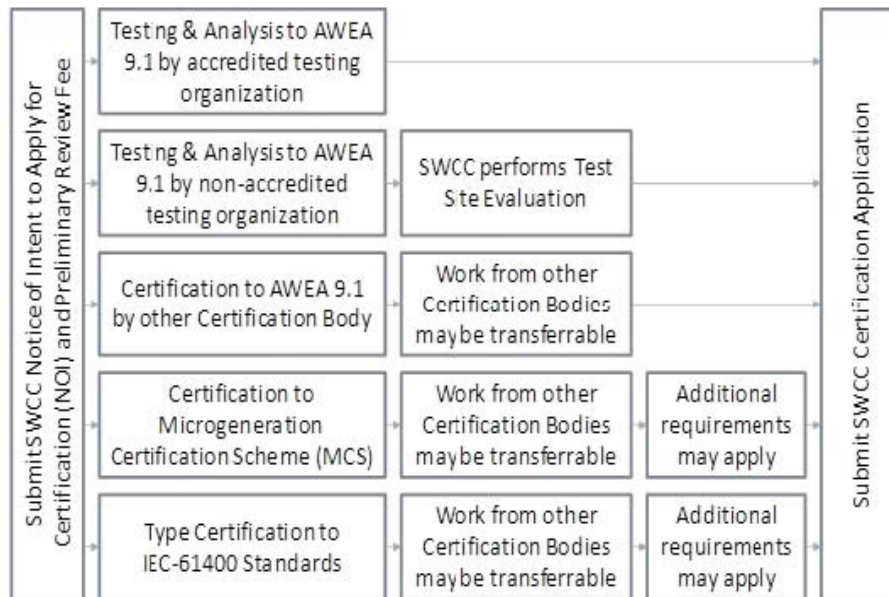


圖9 SWCC小型風機驗證路徑（節錄自SWCC網站）

2. 由MCS轉證的風力機，SWCC同意給予有時限性條件的暫時驗證標章，要求產品需在18個月內就標準差異(BWEA與AWEA)部分取得增加測試之報告，始發給驗證標章。目前SWCC網站現列有1個型號目前驗證中，6個型號經MCS轉證有時限性條件的暫時驗證標章。
3. SWCC評估小型風機驗證，從測試到完成驗證大約花費1至2年時間，當然依據測試場風力品質及測試報告品質有所不同。在提交認可報告後，SWCC審查時間大約2至4個月才會發證。MCS統計申請者大概花費12至18個月，從測試到取得證書。
4. 簡易負載分析模式適用於小型風力發電機設計驗證方式，其運算程式各有不同，運算程式如能經過驗證較無爭議性。結構分析(Structural Analysis)可以和場測(field testing)同時進行，不需依照IEC 61400-22步驟。
5. SWCC係依AWEA標準要求並不驗證塔架及風機基座，而依風機所在地的法規要求。因此，澎湖測試場現已設立10公尺風機塔架，廠商再提供轉接塔架(大約2至3公尺)僅需符合AWEA第 4.5節風機與塔架設計要求即可。
7. 美國AWEA預定於今年會召集委員會議，並儘可能完成標

準之改版作業，其改版重點可能與英國BWEA之新版標準調和，加入國際標準IEC 61400-2、61400-12-1、與61400-11等相關測試規定。

6. 目前IEC 61400-11已於2012年11月公布第3版，而IEC 61400-2和61400-12-1亦預計可能在2013年公布第3版，對於現有規範的疑義部分，目前國際上大都已取得共識，對於未來以IEC最新版規範進行試驗之目標應可期待。
7. 對於假設最大功率 95%落在風速 11m/s，而 AWEA 與 BWEA 規定風速 11m/s 至 16m/s 之每個風速 bin 皆應有 10 分鐘以上數據之問題，一般是如此認定，但仍有部分專家並不認為如此，據瞭解未來 BWEA 新版標準部分對此條文規範將會刪除。
8. 有關切入風速(Cut-in wind speed)的認定問題，基本上認定比切入風速更大之風速發電量應皆為正值(除煞車情形之外)，但若假設 3 m/s 之風速區間接(bin)發電量為正值，但 3.5 m/s 之風速發電量為負值，而 4 m/s 之風速間接(bin)發電量又為正值時，則此時則將 4 m/s 視為切入風速。

9. 目前美國境內對於小型風機需通過 AWEA 驗證要求之州政府有威斯康辛州、明尼蘇達州、奧勒岡州、紐約州、新澤西州、內華達州及加利福尼亞州等 9 個。
10. AWEA 及 BWEA 均將噪音試驗列為必測項目之一，而英國 MCS 與美國 SWCC 驗證的差異主要有二點；一是在噪音測試上，分析的方法與報告揭露方式是有所差異，另一是確保生產品質的均一性，英國 MCS 驗證需要進行工廠查驗作業。因此，當 SWCC 與 BWEA 之間相互轉證時，最主要考量仍是噪音試驗部分。
11. 目前 SWCC 發證費用約 10,000 元至 20,000 美元之間，審查順利之時間約為 2 至 4 個月，另由 BWEA 轉證至 AWEA 需額外再繳納 7,000 美元費用。
12. 目前美國政府對風能獎勵的趨勢是由 DWEA(分佈式風能協會)及 CESA(清潔能源國家聯盟)主導日後國家風能獎勵機制。
13. 一般而言，風機驗證流程如圖 8 所示，對於設計評估作業與風場測試原則是可同時進行，但程序上風力機在設計端應先確保設計符合規範，亦即是設計評估作業先通過，再由風場進行測試。

四、全國公證檢驗公司(INTERTEK)

(一)簡介

全國公證檢驗公司(INTERTEK)創立迄今已有127年的歷史，為具有專業性之檢測和認證公司。全球約有33000名員工，1000個服務據點，業務分布全球各地可確保產品符合品質、衛生、環保、安全、和任何世界各地市場的社會責任標準。可協助全球認證、認可和協定及技術服務。對於再生能源提供下列產品的服務：

1. 太陽能電池板測試（光伏模組）
2. 風能源服務
3. 逆變器和轉換器的傳統和可再生能源
4. 生物質燃料測試
5. 生物燃料測試和檢驗
6. 波浪和潮汐顧問服務

(二)參訪行程

本次參訪係由小型風機執行部門主管Joseph Spossey及葉輪部門技術主管Troy Jeroen Dolmans等兩位接待(如圖10)，雙方進行相關技術問題的交流討論，並參觀INTERTEK 風力機測試場(如圖11)。



圖10 參訪人員與INTERTEK接待人員合照



圖11 INTERTEK(錫拉丘茲)風機測試場

(三)會議討論重點摘要

1. 水平軸風力機必須不斷迎向風面而擺動，風速變化影響水平軸風機之效率，裝設地點之限制條件也相對較多。垂直軸風力機在低風速即可啟動，在低平均風速地方的總發電量比一般水平軸佳，塔架較低安裝及維修較水平軸風車容易，運轉時噪音低。

2. 目前垂直軸風力發電機設計驗證標準為 IEC61400-2(2006)或AWEA 9.1(2009):設計驗證標準。
3. 目前市面小型風力機經Intertek驗證通過計有6型，該6型均為已取得英國MCS驗證，而取得美國AWEA之風力機雖尚未通過Intertek驗證，但近日應有1型即將通過驗證。
4. 現行Intertek進行AWEA驗證的費用含現場測試、設計評估及審證等費用約65,000美元至110,000元；若由AWEA轉BWEA部分則約15,000美元。
5. 若現行國內澎湖風力機測試實驗室已通過TAF認證，未來若與Intertek合作進行風機檢測業務，則需花費1天就可以完成現場查核。
6. 假設風力機製造商欲進行AWEA與BWEA之轉證程序，由於歐洲（50Hz）與美國（60Hz）電力頻率存在差異，主要仍需額外進行測試頻率。
7. 有關Intertek對於AWEA的發證流程係先從設計評估著手再進行風場測試，俟耐久性測試完成後約1個月即可發證完成，另紐約錫拉丘茲之測試風場之風場校正約4週可完成。

肆、心得與建議

一、心得

本次參訪美國行程，拜會了在風機檢測及驗證領域均頗具發展的DNV公司、美國小型風機驗證協會(SWCC)及Intertek公司，在參訪期間與前揭公司之技術前輩座談及技術交流，不論就設計評估、製造、標準、檢測及驗證等各層面而言，都深感一個被認可過的中小型風力機在確實得來不易，為使產品達到一定之品質，在設計、檢測及驗證等技術確實需永續發展，參訪期間也詢問多項有關風力機標準、測試、設計評估、建置環境等多項疑慮，茲將參訪心得歸納如下：

- (一)乾淨能源為國際發展趨勢，世界各國爭相發展風力發電基礎建設、冷熱隔絕裝置、太陽能板及生質酒精加工等產品，本國亦投入風力發電基礎建設、太陽能板及生質酒精等相關產業發展，本局為配合政策發展投入大量人力於台南市七股區及澎湖縣建立小型風力發電機性能測試場，更進一步配合國際驗證制度於高雄分局建置設計驗證試驗室，協助廠商擴展外銷。
- (二)本局與原能會核能研究所及台灣大電力研究試驗中心合

作執行「中小型風機標準測試與驗證技術發展計畫(2/2)」，尤其是我國發展測試與驗證歷程，在技術端勢將遭遇許多困難與瓶頸，未來執行計畫之相關單位應可加強與國際相關機構之技術合作與交流；另在替代能源中，國內風機產業將會蓬勃發展，除了風機、塔架及相關基礎等產業之外，未來也會延伸至風場評估、負載與性能測試、風機製程結構分析、電力品質及併聯等獨立檢測與驗證產業，均值得投入資源與人力以完善的風機標準測試與驗證技術能力，使業界可在國內就地製造、測試並取得驗證證明順遂出口發展，以扶植風機產業發展。

(三)風機的IEC測試標準如IEC 61400-2設計評估所列負載分析，係考慮風機各部份應力，對小型風機製造廠可同時執行性能測試及設計評估，有利於廠商初期快速取得驗證及能源補助計畫的資格，廠商申請驗證意願提高並導正風機市場發展。

(四)本次參訪單位在風機測試領域研究甚深，不僅在陸域風機有所研究，在離岸風機也相當專精，尤其在離岸方面，可從海洋動態研究、工作母船資訊提供、離岸風機結構

件與零組件分析、風機故障根本原因分析至維護保養策略均能提供技術服務。這對國內離岸風機發展研究有很大的幫助，未來若有深耕離岸風機研究工作，可提供非常完整的幫助。

二、建議

(一)研發風力發電機初期的設計評估甚為重要，不僅是產品驗證要求的項目，更能讓製造商先期掌握產品的缺點而加以改進，故風力發電機初期設計模式，可儘早經由軟體模擬運算(有限元素分析、Bladed軟體分析)找出風機弱點而予以補強。由於測試場耐久性測試(至少需6個月時間)一經失敗，就需對風機設計結構再行修正，而設計評估需依新修正設計結構重新評估運算，另結構分析部分可以與風場測試(Field Test)併同進行，以加速廠商取得風力發電機驗證證書。

(二)參訪過程不論是阿帕拉契州立大學(Appalachian State University)的測試風場或Intertek紐約錫拉丘茲測試風場，其在風場環境設置或監控均有值得國內達到完善風場之參考：

- 1.前揭2地之測試風場均設置一個多組雙叉測風塔，其功能

係以量測風場每一階段時間產生的高度風速及風向變化情形，作為測試過程的比對依據，當測試過程察覺量測數據有異常值產生，可事先採取必要矯正措施；另一方面也用於觀察風場風向動態，作為風場環境之監控之用。

2.風場中風機的變流器、電阻等裝置均設置於附近的控制室內，係考量對風機運轉情形可易於掌控，並可延續器材裝置壽命，對於保護檢測設備有莫大幫助，但其缺點可能減少量測範圍或對風場造成擾流；受參訪單位運用貨櫃屋等簡易機房來容納檢測設備的設置規劃，或許可提供國內在澎湖風場建置規劃可據以評估其可行性。

(三)在風場之測試領域上，使用選擇資料紀錄設備，其意在於測風軟體編寫與修正能力。同樣在風機之設計評估及負載能力計算領域亦係經不同氣彈力學軟體程式確認，惟該等軟體因均為套裝程式，主要仍需經由測試者之軟體設計能力，依據測試風場現有條件及風機狀況等經驗進程式撰寫與修正；因此，在執行風機測試與驗證人員等人才養成與訓練是國內要發展風機領域上不可或缺之一環。

附錄 訪談議題

Field testing of small wind turbine system 小型風力機系統之風場測試	
Item	Topic
1	AWEA 9.1(2009) related issues
2	IEC 61400-12-1(2005) related issues
3	IEC 61400-2(2006) related issues
4	IEC 61400-11(2006) and IEC 61400-11(2012) related issues
5	ISO/IEC 17025 related issues

(1)Design evaluation of small wind turbine system 小型風力機系統之設計評估	
(2)Field testing of small wind turbine system 小型風力機系統之場測試	
Item	Topic
1-1	General evaluation process and technical focuses in accordance with AWEA standard 依據AWEA標準制訂一般評估程序及技術要點
1-2	Applicability and suitability of GL guideline to the strength analysis of small wind turbine system GL 方針應用於小型風力機系統其強度分析的適用性和適宜性
1-3	Design load calculation of the small vertical axis wind turbine system 小型垂直軸風力機系統的設計負荷計算
1-4	Lab requirements for evaluating the design report in accordance with AWEA standard 依據AWEA標準制訂實驗室要求以評估設計報告

2-1	AWEA 9.1(2009) related issues 相關議題
2-2	IEC 61400-12-1(2005) related issues
2-3	IEC 61400-2(2006) related issues
2-4	IEC 61400-11(2006) and IEC 61400-11(2012) related issues
2-5	ISO/IEC 17025 related issues