

出國報告（出國類別：實習）

風力發電機組運轉維護訓練

服務機關：台灣電力公司 電力修護處 中部分處

姓名職稱：陳斌 主任

吳建興 第四工作隊 第三分隊 課長

派赴國家：丹麥、德國、荷蘭

出國期間：100.11.19~100.12.2

報告日期：101.1.31

出國報告審核表

出國報告名稱：風力發電機組運轉維護訓練		
出國人姓名 <small>(2人以上，以1人為代表)</small>	職稱	服務單位
陳斌	主任	台灣電力公司 電力修護處 中部分處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他 (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：100年11月19日至100年12月2日		報告繳交日期：101年1月31日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網 公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人		單位 主管	主管處 主管	總經理 副總經理
-----	--	-----	--	----------	-----------	-------------

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：風力發電機組運轉維護訓練

頁數 11 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

陳斌/台灣電力公司/電力修護處 中部分處/主任/(04)7363666

吳建興/台灣電力公司/電力修護處 中部分處/課長/(04)7363666

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：100 年 11 月 19 日至 100 年 12 月 2 日

出國地區：丹麥、德國、荷蘭

報告日期：101 年 1 月 31 日

分類號/目：

關鍵詞：風力發電、葉片、齒輪箱、發電機、陸上風力、離岸風力

內容摘要：(二百至三百字)

首先說明本分處風機工作的概況及出國實習的緣由與目的，並對獲得公司長官與同事的支持與協助表達感謝之意。其次描述出國實習的行程；說明至 Vestas 及 Enercon 等風力發電機組生產廠商研習機艙、葉片、輪轂、發電機等機件的製作及風機運轉與維護技術的內容；接下來說明參觀歐洲風能協會於阿姆斯特丹舉辦離岸風機展覽的內容，並分析離岸風力所涉及的專業範疇等。隨後報告出國期間所遭遇之困難與特殊事項，將來若有相似出國行程的人員可以參考。最後為此次任務的心得與感想，並以風機從業人員的角色提出風機運轉與維護相關的建議。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目錄

1. 出國緣由與目的	2
1.1 緣由.....	2
1.2 目的.....	2
1.3 致謝.....	2
2. 過程	3
2.1 出國、實習及返國行程.....	3
2.2 VESTAS 公司風機技術研習	4
2.3 ENERCON 公司風機技術研習	6
2.4 參觀離岸風機展覽.....	8
3. 出國期間所遭遇之困難與特殊事項	9
4. 心得與感想及建議	10
4.1 心得與感想.....	10
4.2 建議.....	11

(4645 字)

1. 出國緣由與目的

1.1 緣由

風力發電為目前已經商業化較具規模的再生能源發電方式，本公司近年配合政府發展再生能源的政策，引進風力發電技術，建置風力發電機組。

目前本公司已經建置 161 部風力發電機組，本分處經管其中 78 部，佔全公司數量之 48%；在裝置容量方面，全公司有 287MW，而本分處經管者達 159MW，佔全公司之 55%，因此本分處風力發電機組相關的工作質量相當繁重，所以工作人員亟需嫻熟相關的業務，以達成公司交付的任務。

本分處經管風力發電機組為丹麥之 Vestas 公司生產之 V80 機組及德國之 Enercon 公司所生產之 E-70 機組，而目前國內尚無該項風力機組完整的技術可以獲得，且因此相關運轉及維修技術必須至原廠研習。另受 Vestas 公司邀請至荷蘭阿姆斯特丹參觀由歐洲風能協會舉辦之 2011 年離岸風機展覽。

1.2 目的

至風力發電機組原廠研習技術，以期能應用在本分處經管機組的運轉與維護作業，並改善效能及提升穩定度。

至荷蘭阿姆斯特丹參觀歐洲風能協會於舉辦之 2011 離岸風機展覽，了解離岸風機的發展趨勢。

1.3 致謝

感謝公司長官與同事的支持與鼓勵，並在出國實習的過程中給予必要的協助，否則無法順利完成這項任務。

2. 過程

本次出國任務應用本公司 100 年度第 63 號風力發電機組運轉維護訓練出國計劃。以下分別說明本次任務的行程及內容。此次任務分為至 Vestas 公司研習、至 Enercon 公司研習、及參觀離岸風機展覽等 3 個部分，因為與相關廠商有保密合約，所以部分研習內容受到合約的限制，而無法公開列入本報告中。

2.1 出國、實習及返國行程

時間	地點	工作概要
民國 100 年 11 月 19 日 至 西元 2011 年 11 月 20 日	台灣 桃園國際機場→ 泰國 曼谷 蘇凡納布機場→ 荷蘭 阿姆斯特丹 史基普機場→ 丹麥 哥本哈根國際機場→ 丹麥 Ringkoebing	去程 (台北→ Ringkoebing)
西元 2011 年 11 月 21 日 至 西元 2011 年 11 月 22 日	丹麥 Ringkoebing 及 Aarhus	Vestas 公司研習
西元 2011 年 11 月 23 日	丹麥 Aarhus→ 德國 Emden	路程
西元 2011 年 11 月 24 日 至 西元 2011 年 11 月 29 日	德國 Emden 及 Aurich (11/29 公畢後赴荷蘭阿姆斯特丹)	Enercon 公司研習
西元 2011 年 11 月 30 日	荷蘭 阿姆斯特丹	參觀離岸風機展覽
西元 2011 年 12 月 1 日 至 民國 100 年 12 月 2 日	荷蘭 阿姆斯特丹→ 泰國 曼谷 蘇凡納布機場→ 台灣 桃園國際機場	回程 (阿姆斯特丹 →台北)

2.2 Vestas 公司風機技術研習

Vestas 公司風力發電設備的經營策略為外購市場上可獲得的組件，只自行設計與生產必要的部分。

a. 於 Ringkoebing 的 Nacelle 研習風力發電機組機艙的構造與組裝作業

採用分階段組裝的作法，以小組為單位，每一小組只負責組裝機艙的一部分，領取由倉管部門事先檢驗清點之機件，一階段完成後再由另一小組接手下一階段的工作。

b. 於 Lem 的風場研習 V112 風力發電機組原型機

V112 為 Vestas 公司目前的主力機種，本次研習的是陸上的機型，滿載發電量 3MW，轉子直徑 112 公尺，4 級行星齒輪增速機，採用 Vestas 公司自製永磁式同步發電機。

c. 於 Lem 的 Blades Factory 研習風力發電機組葉片的製造作業

使用特殊研發之纖維及塗料，確保葉片品質及耐久性達 20 年。

d. 於 Aarhus 的 Test Center 研習風力發電機組主要機件的測試

在研發階段針對主要機件如齒輪箱、發電機、轉向齒輪組、大型機件等進行功能性及耐久性測試，確保量產的機組性能達到預定的標準。採用壓力測試的程序，把機組 20 年壽命內應該經歷的極限溫度、機械應力、系統超載等挑戰，濃縮在短短的數個月的時間內，就可以找出機組的弱點並進行修正。

e. 於 Aarhus 的 R&D Center 研習 Power Plant Solutions 及 AOM 維護方案

說明該公司新型機組的特性與現有機組升級計畫，並介紹該公司提供的 Active Output Management 維護方案，及採用該方案的客戶可獲得的服務及利益。

f. 於 Aarhus 的 R&D Center 研習 Virtual Reality Operation and Maintenance Training

建立風力發電機組的數學模型(Mathematical Model)，運用虛擬實境(Virtual Reality)的技術，把立體的影像投影在螢幕上。

在設計階段，確保不同的組件可以整合在一起運作，在開發的過程中就可以發現錯誤，並進行修正，以降低時間與成本。

並可以進行運轉及維護訓練，在機組尚未建置完成之前，先行對操作及技術服務人員訓練，縮短導入新機組所需耗費的人員訓練時間。

g. 於 Aarhus 的 Performance & Diagnostic Center 研習全球 Vestas 風機運轉狀況的監控系統，並進行初步問題診斷的方法

監控全球 Vestas 的風力發電機組，採用統計與比較的方法，進行機組狀況的預測與預防保養的規劃，預估故障發生的時間，安排適當的時機進行檢修，避免不預期停機，以減少故障所造成的發電損失。

2.3 Enercon 公司風機技術研習

Enercon 公司風力發電設備的經營策略為自行設計及生產組件以控制進度、成本及品質。

a. 在 Aurich 的 Induction Factory 研習發電機的製造作業

Enercon 的 E-70 風力發電機組採用該公司自行生產的直驅式環狀同步發電機 (Direct-Drive Annular Synchronous Generator)，因為不使用齒輪箱，移動機件的數量也比較少，在設計的壽命內轉動的磨耗只有傳統機組的 2/3，所以故障率較傳統機組低。

E-70 發電機的重量大約 50 噸，定子直徑 5 公尺，因為截面積較大，相對的溫度也比較低，溫度的變化也比較小。傳統風力發電機組的發電機只有 4 極，但 E-70 的發電機高達 72 極，激磁電壓可以控制，使得轉子的轉速可以變化。機組內部設備用電量大約為發電量的千分之一。

b. 在 Aurich 的 AERO/RBO Factory 研習葉片的製造作業

Enercon 風力發電機組的葉片製造分由 3 個部門負責，CMS (Composite Material Supply) GmbH 生產複合材料，AERO (Air) GmbH 製造葉片組件，RBO (Rotor Blade surface) GmbH 組裝葉片。

葉片有幾個重要的組件，其中基於航空科技空氣動力學(Aerodynamics)設計的葉片尖端 (Wing Tip)，可以降低噪音並增加產量；法蘭(Flange)連接葉片與輪轂(Hub)，由葉片產生的力與力矩也由輪轂傳遞至輪轂；可變轉速(Variable Speed)與可變槳角(Variable Pitch)的設計，不須齒輪箱也可以運作；使用馬達驅動的槳角系統，控制葉片的角度，即可達到煞車(Brakes)的作用；葉片尖端為風力發電機組的最高點，也是雷擊的衝擊點，鋁質的葉片尖端可以把靜電(Static Electricity)和雷擊(Lightning)透過塔架傳導至大地，達到雷擊保護(Lightning Protection)的功能。

c. 在 Aurich 的 Mechanic Factory 研習最終組裝作業

Enercon 的風力發電機組在 Mechanic Factory 進行機艙、發電機、輪轂的最終組裝。

機艙採用類似輸送帶式的裝配流程，單一安裝階段人員及所需的物料都在同一個地方，以提高產能。機艙包覆可回收的鋁質外皮，有較佳的熱傳導特性(Thermal Conductivity)，熱負載(Thermal Load)較輕；使用發泡橡膠(Foam Rubber)及矽膠(Silicon)防水；內部整合發電機定子盤座(Stator Plane)及吸風扇；整流器盤(Rectifier Cabinet)把發電機產生的交流電整流為直流電，以電纜輸送到塔底的電力盤(Power Cabinet)，再轉換為交流電併入電力系統。

發電機部分加裝槳角控制盤(Pitch Cabinet)、繼電器盤(Relay Cabinet)及電池盤(Battery Cabinet)或電容器盤(Capacitor Cabinet)，安裝發電機轉子進入定子內，平衡轉子重心，調整定子與轉子間隙。

最後再把機艙、發電機、輪轂、葉片、塔架分別運送至風場安裝。

d. 在 Emden 的 Foundry Factory 研習鑄件的製造作業

使用特殊研發的材料，設計及鑄造 Enercon 風力發電機組所需的主要鑄件，例如輪轂的本體、發電機定子本體等。隨著技術的進步及再生能源需求的成長，單一風機的發電容量越來越大，相對的使用的鑄件也就越大越重，因此研發適當的材料，使鑄件輕量化，也是目前風機發展重要的課題。

2.4 參觀離岸風機展覽

EWEA 歐洲風能協會(European Wind Energy Association)的 2011 年離岸風機展覽(Offshore 2011 Amsterdam Organised by EWEA)在荷蘭阿姆斯特丹的 RAI 展覽館舉辦，展期由 11/29 開始至 12/1 結束，其中包括會議(Conference)及展覽(Exhibition)兩個部分，在本次出國行程中，由 Vestas 公司邀請，於 11/30 順道參觀展覽部分。

本次展覽共有 478 家廠商參與，展出各式各樣與離岸風力相關的產品與服務，由展覽廠商的性質與類別可以看出，離岸風力計畫的調查、選址、規畫、設計、生產、建置、運轉、維護等各個階段，都必須要有廣泛專業的後勤支援才能實現。

離岸風力廠商依照產品與服務分類，大致可以分為驗證服務、元件/材料/製造、顧問/諮詢服務、財務/保險/法律服務、安裝/後勤服務、運轉/維護服務、專案開發、科研/學術機構、發電/能源公司、及風力發電機組製造商等。

其中製造業包括電纜與配件、齒輪箱、發電機、主結構、主軸、機艙、槳角系統、電能轉換、轉子軸承/葉片/輪轂、螺絲/螺帽、塔架、變壓器、轉向系統、電腦軟硬體與通訊等。服務業包括電氣系統與連接、環境衝擊評估、健康與安全、市場行銷分析、風力預測與資源評估、建築與結構、陸海空運輸、吊車、運轉與維護等。

由此可知，離岸風力牽涉的範圍一部分與陸上風力相同，另一部分則為離岸風力獨有，尤其離岸作業在環境、安全、設備、及運輸上，與陸上的風機有極大的差異。本公司的離岸風力計畫，宜針對前述各個領域進行詳盡的規劃與謹慎的評估，由設計、建置到運轉、維護的各個階段，在安全、環境、人員、技術、設備、後勤、財務、成本等先有較為明確的規劃，以其達到離岸風力計畫預期的效益。

3. 出國期間所遭遇之困難與特殊事項

本次公務出國至丹麥、德國、荷蘭等歐洲的 3 個國家，以前都未曾到訪，這些國家的官方語言不是英語，所以出發前稍微擔心溝通的問題，實際到訪之後，發現在歐洲使用英語相當普遍，大部分市區的商家及居民都能講流利的英語，在郊區使用英語溝通也是不成問題。

這 3 個國家雖然都是歐盟的會員國，但是在丹麥普遍使用的貨幣是丹麥克朗，只有少部分商家收歐元，因為在台灣無法事先兌換丹麥克朗，所以必須先在國內換成歐元，再到丹麥的機場或旅館兌換。本次行程到達哥本哈根機場時，已經是深夜，各個換匯的場所都已經休息，還好帶有已經在國內銀行設定國外提款的 VISA 提款卡，可以從售票機直接購買機場捷運車票，否則就要花大錢搭計程車到旅館。

在歐洲搭乘火車相當便利，火車站大部分使用自動售票機售票，而一般的售票窗口只在上班時間售票，大部分進出月台及上下火車沒有管制，但是在火車上經常有人查票，沒有使用正確的票卷會受到高額的罰款。比較意料之外的是，國際大城的車站少有英語標示，因為不懂當地文字，所以只好直接到服務台詢問，還好服務人員都相當親切，並且能夠迅速提供有效的資訊。

本次出國期間為初冬，北歐的氣候與國內有極大的差異，因此禦寒衣物鞋帽相當重要；此期間歐洲各國的居民都在準備過耶誕節，幾乎大小城市都有耶誕市場，販售相關的耶誕節產品，因此有機會在歐洲體驗耶誕節的熱鬧氣氛。

4. 心得與感想及建議

4.1 心得與感想

a. Red Zone、Green Zone 及保密協定

風機廠商對技術的保護相當嚴謹，極力採取相關的措施避免技術外流，因此要求簽署保密協定，在 Red Zone 內不能照相、錄音、錄影，且不提供書面文件及電子檔案，所習內容不得出現於公開場合，也不得透漏於第三方。在 Green Zone 則沒有這些限制。

b. 企業文化

Vestas 公司強調工安、標準、績效的企業文化。首重工作安全，進入廠房及風機嚴格要求穿戴護具，廠區清楚畫分作業區及通道，外來人員必須穿著特定的背心以便識別，並且必須要有該公司人員陪同。其次為作業標準化，工作程序必須按照標準執行，若遇到問題就要暫停，回過頭來修訂標準再執行，確保產品的品質，以符合對客戶的承諾。最終才是追求績效。

c. 營運方式

Vestas 公司生產的風力發電機組整合市場上可獲得組件，其餘的部分才自行設計生產。而 Enercon 公司採取完全相反的做法，幾乎自行生產全部主要組件，以管控品質及時程。對客戶而言，可以從第三方的自由市場獲得的組件成本應該比訂製的產品低。

d. 離岸風力

離岸風力是一種高成本、高風險的發電方式，需要高品質的人力及訓練，且要有廣泛專業的後勤支援。Vestas 公司力推離岸風力；反之 Enercon 公司只做陸上(On Shore)及近岸(Near Shore)風機，不做離岸風機，並且提供因技術問題尚待克服，暫緩部分離岸風場計畫的相關資料。

4.2 建議

1. 若本公司經營風力發電要求自主運轉維護技術的策略沒有改變，為因應風機廠商對技術文件及存取權限嚴密保護的作法，未來風機建置計畫的採購合約規範宜包含交付相關技術文件及存取權限明確的條文，以免日後產生爭議及困擾。
2. 未來風機建置計畫宜包含建置完成後經管部門的人員及設備編制，在安裝與測試階段工作進行時，宜有部分經管部門的人員直接參與，以縮短接管過程的時間並減少障礙，以期儘早發揮風機運轉最大的效益。