

出國報告（出國類別：實習）

風力發電機組原廠運轉維護訓練

（
裝
訂
線
）

服務機關： 台灣電力公司
姓名職稱： 陳裕榮經理、陳明傳課長
劉聲嘉課長、葉泰和課長
廖文慶工程師
派赴國家： 日本、澳洲
出國期間： 97.12.14～97.12.27
報告日期： 98.02.13

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：風力發電機組原廠運轉維護訓練

頁數 20 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/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳裕榮/台灣電力公司/電力修護處/經理/(04)7363666 轉 360

陳明傳/台灣電力公司/電力修護處/課長/(04)7363666 轉 361

葉泰和/台灣電力公司/新能源施工處/課長/(04)26580151 轉 355

劉聲嘉/台灣電力公司/林口發電廠/課長/(02)26062221 轉 243

廖文慶/台灣電力公司/電力修護處/工程師/(02)27853199 轉 226

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：97年 12月 14日至97年 12月 27日

出國地區：日本、澳洲

報告日期：98年 2月 13日

分類號/目

關鍵詞：WTG(Wind Turbine Generator)、EMS (Environment Management System)

內容摘要：(二百至三百字)

❖ 「四湖與林口風力發電機組新建工程」屬於台電公司風力發電開發計畫

第二期工程，已於 96.10.17 由星能股份有限公司得標，共裝置 20 台

Vestas V80 2000KW 風力發電機組，其中四湖風力發電站 14 台、林口

發電廠 6 台。機組已於 97 年底運抵台中，現儲放於台中港碼頭，預

定 98 年 4 月開始安裝及試運轉，98 年 11 月商轉，配合該工程契約訓

練計畫，於機組試運轉前，選派人員前往原廠訓練，以進一步瞭解風

力機組的運轉與維護工作，學習風機故障排除。並參觀原廠備品倉庫

與原廠風機模擬器，作為風機備品倉庫興建時的規劃參考，與公司有

意成立模擬訓練中心時參考。

本報告係將至國外受訓內容及參訪所見所得，摘要記錄，藉以供

爾後參與風力機維護之同仁參考，減少設備運轉維護時間，進而提高

風力機組妥善率。

目 錄

	頁次
壹、目的及緣起	1
貳、出國行程	3
參、參訪紀要	7
肆、結論及建議	9

壹、目的及緣起

本次出國任務目的在研習 Vestas 風力發電機組運轉、維護等相關技術；參訪日本風力場，見習日本風場維護模式，探究維持機組妥善之原因；參觀 Vestas 日本與澳洲之倉庫、模擬器，作為日後建立風機專屬倉庫與模擬訓練中心之參考。

本公司為配合政府再生能源發展政策，自 91 年起積極推動以風力發電為重點之「十年發展計畫」，迄今已獲政府核准執行共三期計畫，已有近 70 部風機商轉、施工中與籌設中更超過 100 部。「四湖與林口風力發電機組新建工程」屬於台電公司風力發電開發計畫第二期工程，已於 96.10.17 由星能股份有限公司得標，四湖風力發電站共 14 台 Vestas V80 2000KW 風力發電機組，機組已於 97 年底抵台，現儲放於台中港碼頭，預定 98 年 4 月開始安裝及試運轉，98 年 11 月商轉，配合該工程契約訓練計畫，於機組試運轉前，選派人員前往原廠訓練，以進一步瞭解風力機組的運轉與維護工作

藉由此次訓練課程，對日後風機的運轉維護有相當助益。另原計劃赴歐洲及日本等國實習，因目前原廠訓練機構已移至亞洲地區，故前往國家變更為日本及澳洲。

本次出國受訓人員共計 5 位（名單詳如附表 1-1），

表 1-1：出國受訓人員

單位	姓名	職稱
新能源施工處	葉泰和	課長
林口電廠	劉聲嘉	課長
修護處中部分處	陳裕榮	經理
修護處中部分處	陳明傳	課長
電力修護處	廖文慶	工程師

貳、出國行程

本次見習、訓練行程，分別前往日本與澳洲兩國，於97年12月14日出發至日本見習、參訪，至97年12月20日返台轉機至澳洲參與訓練課程至97年12月27日結訓，共計兩週。

- 1 97年12月14日 往程（台北—東京）97年12月15日~19日於日本見習風場維護及參訪 Vestas Japan 等公司
 - 參觀田原風場
 - 參觀巖王山展望台風力發電所
 - 渥美風力發電所
 - 參觀東京臨海風力發電所
 - 參訪 WINTECH CORPORATION
 - 參訪 TOYOTA TSUSHO CORPORATION
 - 參訪 Vestas JAPAN
- 2 97年12月20日、21日 由日本返台，轉機至澳洲布里斯本，再轉澳洲國內班機抵達墨爾本。
- 3 97年12月22日~27日
 - 參與 ET6100 Customer Basic training program 訓練課程
 - 參觀 Vestas 澳洲之倉庫
 - 參觀 Vestas 訓練中心模擬器

參、實習紀要

本次出國實習，依國家分為日本、澳洲兩大部份，將實習紀要分述如下：

1. 日本見習、參訪：

期間為97年12月14日~19日，由日本豐田通商(Toyota Tsusho Co.)派員接待，分別參訪田原市各風力場、參觀 Vestas Japan 備品倉庫並進行座談，拜訪豐田通商與 Windtech 公司，瞭解日本對風力機組的維運模式、

人員配置…等。

1.1 參觀田原市各風力場：

田原市位在愛知縣東南方的渥美(Atsumi)半島上，北方是風景秀麗的三河灣，南方則緊臨太平洋，2003年(平成15年)8月20日田原町與赤羽根町合併，2005年(平成17年)10月1日再與渥美町鎮合併成現在的田原市。近幾年田原市藉由投資節能設施，在生態保護及節約能源上已跨出重要的腳步，自許為生態花園城市。田原市人口為66390人(21761戶)，面積為188平方公里。田原市亦為豐田公司Lexus汽車的生產基地，在1979年成立的田原工廠，2007年生產Lexus汽車61萬輛，可直接裝船銷往北美洲等世界各地。田原市平均氣溫16.3度，年平均風速夏季3.3m/s，冬季4.7m/s，田原市共有八個300kw以上之風力發電廠，總裝置容量為47.25MW，田原市共有八個300kw以上之風力發電廠，可提供3萬戶用電，其詳細資料如下：

1.1.1 田原資源回收中心風力發電所

2006年12月開始營運

機型：Repower 1980KW × 1台

建造費：4億9千萬日圓，由NEDO(國家能源發展協會)補助
二分之一

塔高：80 m

轉子直徑：82 m

資本：田原市51%，Clean Energe 田原株式會社

1.1.2 葦王山展望台風力發電所

2002年3月開始營運

田原市於1998年開始規劃，於葦王山展望台設置公共的風力發電設施，提供展望台之冷氣、照明等設備用電。

機型：三菱重工 300 kw

建造費：1億4千萬圓 (NEDO補助6379萬圓)

塔高：30 m

轉子直徑：29 m

可用率：30%

平均風速：8.4 m/s

年發電量：773,412 kwh



圖 3-1：葺王山展望台風力發電所

1.1.3 田原風力發電所

2004 年 3 月開始營運

機型：Vestas V80—1980 kw

出資：豐田通商株式會社 100%

年發電量：500 萬 kwh

提供「2005 年愛知博覽會」會場使用，之後將電力售予中部電力株式會社。



圖 3-2：田原風力發電所

1.1.4 田原臨海風力發電所

營運日期：2005 年 3 月開始營運

機型：Vestas V80—2MW

年平均風速：6m/s

年發電量：4000 萬 kwh

出資：電源開發株式會社（J-wind）66%，豐田通商株式會社 34%。

1.1.5 東京臨海風力發電所

營運日期：2003 年 3 月開始營運

機型：Vestas V52—850 kw × 2 台

轉子直徑：52 m

年平均風速：5.4m/s

可用率：16%

年發電量：250 萬 kwh



圖 3-3：東京臨海風力發電所

1.1.6 田原市各風場資料整理如下表 3-1：

表 3-1：田原市各風場

	風力場名稱	風機廠家	機型/容量	風機數
1	田原風力發電所	Vestas	V80—1980kw	1 台

2	田原臨海風力發電所	Vestas	V80—2000kw	11 台
3	田原資源回收中心風力發電所	Repower	1980kw	1 台
4	渥美風力發電所(小中山地區)	Vestas	V80—2000kw	4 台
5	渥美風力發電所(小塩津地區)	GE	1500kw	7 台
6	久美原風力發電所	GE	1500kw	1 台
7	伊良湖風力發電所	三菱重工	990kw	1 台
8	蔵王山展望台風力發電所	三菱重工	300kw	1 台
合計			47250kw	27 台

1.2 田原風力場的維護：

田原風場位於 TOYOTA 田原廠廠區內，2004 年 3 月開始營運，原 Vestas V80 機組，輸出功率為 1980 kw，豐田通商株式會社所有，年發電量約 500 萬瓩，該機組為提供「2005 年愛知博覽會」會場使用而建造，在愛博會之後，則將電力售予中部電力株式會社。

該機組雖為 V80，2000KW 機組，但因日本收購電價計價相關規定，輸出功率小於 2000KW 之機組，其收購電價較高，豐田通商為獲利考量，遂將機組輸出限制在 1980KW。此風力機組的日常運轉和維護工作，由豐田通商子公司：windtech 公司執行，但定檢工作與重大故障排除則仍委由風機原廠 Vestas 支援，日本境內豐田通商所有之 18 部風力機組皆由 Windtech 負責運轉維護。

該部風力機組，除了依原廠所建議的六個月、十二個月定期檢查、保養外，由 windtech 自行規劃了週保養工作，名為 EMS (Environment Management System)，EMS 針對風力機組的重要組件，進行每週一次的目視檢查，檢查的項目分為塔架 (Tower)、機艙(Nacelle)、輪轂(Hub)三大部份，詳如下表 3-2，技師執

行EMS檢查約需2小時，若發現有任何非重大故障或漏油，需記錄至EMS表格，待排定保修時程後，再進行停機檢修或零組件更換。風力機組透過EMS每週之密集檢查和預防保養後，對機組故障有防微杜漸之效，進而將風力機組妥善率大幅提升。

表 3-2：EMS maintenance

組件位置	檢查零組件	備註
Tower	Bottom controller	
Nacelle	Generator	
	Nacelle controller	
	Brake	
	Gear Box	
	Hydraulic system	
Hub/Blade	Hydraulic system	
	Pitch system	

1.3 簡易升降裝置：

田原風場之風力機組，於建造時，並未裝設原廠之升降裝置，但為減低維護人員負擔與特殊工具的輸送，豐田通商於現有之爬梯上，增設一簡易升降裝置。

該裝置採馬達帶動，升降平台利用固定於爬梯上之齒條，進行升降動作，平台上設有握把，握把上裝設升降控制鈕、緊急停止鈕與上極限開關，工作人員需穿妥背負式安全帶、頭戴安全帽，手握握把，站立於平台上，平台之升降由平台上之人員控制，平台最大負載100kg。

此裝置僅需進行年度保養，含目視檢查、潤滑保養，雖增加風力機組護人員的些許保養的負擔，但可以縮短工作時間、提升維護效率，減少墜落意外的發生機率，並可在緊急時載運傷患；若能增設於無升降梯之機組，對目前台電風力一期機組的維護工作，有極大的幫助。



圖 3-4：簡易升降機



圖 3-5：簡易升降機運作情形

1.4 風力機組製造大廠：Vestas

Vestas 為風力機組製造大廠，其生產之風力機佔世界機組市佔率為 23%(2007 年)，為市佔率最高之風機領導廠商，其所生產之風力機組，至 2007 年底已達 35500 部，裝設於全球各地，該公司全球員工也達到 19330 人，分佈於全世界六十多個國家。

Vestas 主要的核心對務在風力機組的研發、製造、銷售與維護，全球依地理範圍、市場大小，分為六大區域(含離岸風場建設部門)，台灣與日本皆屬總部設於澳洲墨爾本市的 Vestas Asia Pacific 管轄。

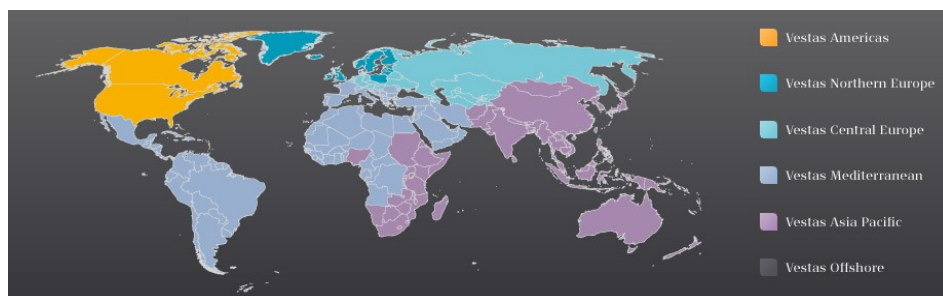


圖 3-6：Vestas 公司全球營運分區示意圖

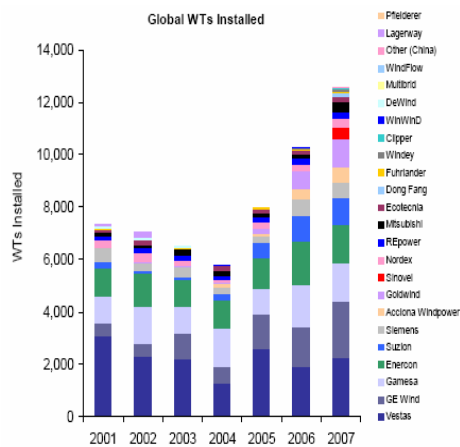


圖 3-7：2001~2007 年全球安裝風機數量與各廠市佔率

1.5 Vestas Japan 所遭遇的問題與發展計劃：

Vestas Japan 在日本共有 23 名員工，總部設於日本東京品川車站附近，負責建造、維護日本全境十餘種機型逾 300 部風力機組，目前 Vestas Japan 也面臨了許多困境，其中有幾點值得台電在規劃風力機維護工作時參考。

1.5.1 Vestas Japan 所遭遇的困境：

1.5.1.1 風機維護現場方面：

現場技師訓練不足，缺乏相關的技術能力，且技師人數相較於風機數目，明顯不足，工作壓力極大。現有 17 個技師需維護全日超過 300 部風機，機型包括 V29、V42、V47、V52、V66、V80、V90、NM44、NM64、NM75、NM82 等機型，數量龐大，機種複雜。

1.5.1.2 內勤支援方面：

在辦公室的內勤工作人員缺乏相關知識與訓練，工作授權不足，同仁間缺乏分享經驗的機制，經驗傳承不易，公司政策缺乏目標與方向，且人力不足。

1.5.1.3 零組件倉庫管理方面：

倉管對存貨清單缺乏管理，庫存品的數量不明、種類不清，

零配件與維修工具的配送混亂，零配件與維護工具錯送、漏送的情況普遍。遇機組有重大零組件更換時，相關特殊機具需由澳洲調用，曠日費時。

日本國土狹長，維護路程過長，風場分佈零散，且無就近之據點與倉庫，所有重要之維護工具、主要零組件皆存放於東京，技師由東京前往各個風場，需花費較長的時間於路程上，造成對故障反應速度不足，且增加維護成本，造成風機停機時間延長，影響預定排程，降低服務品質，影響 Vestas 商譽。

1.6 Vestas Japan 未來發展計劃：

1.6.1 大幅增加現場維護人力：

大幅增加維護人力，於 2009 年預定增加日籍技師至 30 人以上，並增派非日籍技師支援，增加訓練時數，除新進人員基礎訓練外，現有之技師需完成 Vestas 官方訓練課程。實施導師制度 (Mentoring Program)，利用非日本籍之資深技師與日籍員工編組，使日籍員工能縮短學習時間。

將全日本劃分為四個維護區，配屬各自獨立之倉庫、維護工具、車輛、技師，縮短路程時間，加快對故障的反應速度。改良維修車能力，載送維護人員並配備標準工具，節省相互等待的時間。推動叫修一次完成服務 (First Call Completion)：只要到現場一次就能完成維護工作，讓風機於最短時間內恢復正常運轉。



圖 3-8：Vestas Japan 風機維護區域劃分示意圖

1.6.2 加強零組件倉庫管理：

導入 SAP 資訊管理系統，可查詢全球備品庫存數，加速供料作業，依故障機組零組件、停機時間，將備品供應分級分速供應（停機機組可優先取得備品），以縮短修復時間。努力降低庫存差異值（日本：22%、澳洲小於 2%）減少備料所產生的成本。



圖 3-9：Vestas Japan 零附件倉庫



圖 3-10：Vestas Japan 重件倉庫

1.6.3 推動 6 個標準差（ Six Sigma ）管理目標：

利用 M-A-I-C（評量-分析-改善-控制）方法，消除在維護過程之缺失，達到零缺點的完美境界，以提升客戶滿意度。

1.7 日本風場的維護模式

日本的風場雖多，但分佈零散，分屬數家不同 IPP 業者所有，其中較大的兩家業者，分別是 Eurus 與 J-power，該兩家業者對於風力機組的維護，採取不同的作法。

兩業者的備份零組件，皆向 Vestas 採購，以確保零組件的相容性，而定檢的執行上，則有所不同，Eurus 由該公司之技師執行，而 J-Power 則委由 Vestas 技師執行定檢，日常一般性的維護營運則都由兩家業者所屬技師自行執行，消耗品的供應，也由兩家業者進行採購相容性產品，自行更換、補充，其中 Eurus 在 1986 年就已經開始進行風力機組的維運工作，由原廠支援維修與定檢過程中，累積本身的技術與經驗，漸漸達到技術自主，能夠自行執行定檢、故障查修、日常維運等工作。

風力機組的維運工作，多位於高空，工作環境狹小，原廠在技術上持保護心態，工作人員之學期曲線長，士氣維持不易，這些都是需要進一步尋求決解改進。故建議本公司可與這兩家日本風力 IPP 業者(J-Power 與 Eurus)進行交流，探究、學習及參考兩家業者的維護模式，以縮短台電本身的摸索時間，儘速建立風力機組維運模式、技術與制度。

2. ET6100 Customer Basic training program

97 年 12 月 22 日至 12 月 26 日於澳洲墨爾本 Vestas 訓練中心參加 ET6100 Customer Basic training program 課程，Vestas 針對風力機組的維護，有深淺不同的訓練課程，分為三個訓練計劃：ET6100 Customer Basic training program、ET6300 Main Component、ET6500 VMP 5000 controller。而本次參與之訓練課程僅 ET6100，其係針對使用該公司風力機組之客戶，簡介風力機組的發電原理、機組主要元件動作原理、風力

機組安全工作守則、以及相關量測技巧…等，課程內容對剛接觸風力機組維護的人員，建立風力機組的初步認識。

另外 ET6300 Main Component 和 ET6500 VMP 5000 controller 為進階課程，介紹風力機組的正確操作、日常維護與故障排除…等內容，對維護人員有極大之助益。

2.1 ET6100 課程內容與訓練目的：

ET6100 訓練計劃之課程目的為：明瞭風力機組的基本知識、俱備描述風力機組運轉狀況之能力、了解電氣及液壓系統的安全工作守則、了解基本電氣及液壓系統，根據以上的要點，ET6100 課程內容綱要分述如下：

■ WTG A-Z：

簡介風力發電機的歷史、風力發電原理，並介紹 Vestas 公司理念、風力機型號的演進…等。

■ Safety instructions：

安全工作手則的教授，包含墜落傷害、墜落防止、安全掛載點、接近活線作業守則。

■ Bolt torque：

簡介 Vestas 風力機組螺栓及定磅、液壓板手、扭力板手…等。

■ Electrical bolt joints & torque：

纜線或銅板的連接要領、結合處螺栓的位置。

■ Introduction to hydraulics：

簡介維護液壓系統的安全工作守則、液壓油種類、液壓系統的動作原理。

■ Hydraulic components：

液壓系統零組件，包含 Vestas 風力機內液壓系統重要組件：液壓泵、蓄壓器、各種閥體、量測設備、濾油器，液壓圖之符號意義…等。

■ Basic electricity

簡介電氣基本原理、電路圖之符號、線號…等

- Electrical components

介紹 Vestas 風力機電氣零組件，繼電器、接點、保險絲、電力開關、電力電子元件、變壓器…等

- Measuring techniques

量測技巧介紹，量測工具、儀器簡介，電錶量測時的風險與安全守則、選擇正確的測量工具、正確的判讀量測數據。

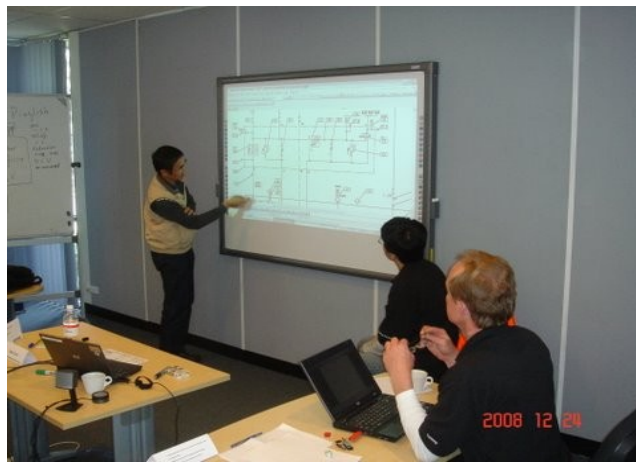


圖 3-11：受訓上課情形



圖 3-12：受訓上課情形

2.2 訓練用模擬器：

Vestas 澳洲訓練中心設有模擬器，提供受訓學員進行風機模擬操作、定檢執行、故障排除…等項目，讓學員在與風力機組類似的情境下，進行演練，提高學習成效。

模擬器共分設於兩只標準貨櫃內，發電機及相關電力設備設於一貨櫃中，控制電路、風向風速單元、液壓單元、葉片控制單元，則設於另一貨櫃中，兩貨櫃可以電纜相連接，進行模擬操作，其中模擬器之控制單元，除與風力機組相仿外，另有模擬故障功能，可進行故障狀況的下達，達成訓練的目的。



圖 3-13：模擬器貨櫃外觀



圖 3-14：發電機模擬器



圖 3-15：模擬控制器



圖 3-16：控制器機櫃內部



圖 3-17：模擬控制器面板

肆、結論及建議

1 備品倉庫的設立：

風力機組的維護需建立在充足的備品、耗材上，設立備品倉庫，支援風力機組的維修，對風力機之妥善，十分重要，在倉庫的建立、配置方面，應使用高度相當高之工具架（約5公尺），以節省空間，但需配合揚程高的堆高機。重件使用荷重16公噸的堆高機運搬，節省倉庫造價，以及裝設固定式起重機之費用，適量使用工具箱擺放小零件，避免零件的遺失，備品應依尺寸大小分類置放以方便搜尋，導入電腦庫存材料管理系統，快速查詢備品，建立利用RFID之進出貨系統，高度自動化的管理，可以減少人力，提高效率，增加存貨帳目的準確性，加快備品遞送速度。

2 風力機組的維護：

檢討Vestas在日本遭遇的困難和採取的應因對策，可提供本公司參考，避免重蹈覆轍。

2.1 充份的人力配置：

為風力機組維持妥善的重要因素，充足的技術人員，可避免工作負荷過大，造成士氣低落，也可減少過度勞累導致的工安事件。

2.2 更多更完整的教育訓練：

除新進人員的基礎訓練外，完整的訓練課程，建立對風力機組全面的認識，可讓工作人員在操作風力機組時，減少不正常之操作，在執行維護時，更快更容易瞭解故障的原因。

2.3 技術的建立與現場教導傳承：

利用原廠資深技師與台電人員混合編組，支援進行定檢、故障查修工作，可迅速累積相關經驗，縮短學習曲線，更可如同 Vestas Japan，實施導師制度(Mentoring Program)，由資深同仁帶領後進同仁，在作工中教導傳授相關經驗，減少技術人員的斷層，加快新進工作人員的成長。

2.4 維修據點的設立：

建立維修據點時，應儘量靠近風場，除可減少工人舟車勞頓之外，在據點內可建立小型備品的庫存，減少維護時等待備品的時間，增加維護效率，加快維護人員對故障的反應速度，更可於據點建立通訊節點，以利工作人員聯絡溝通。

2.5 備品與工具供應迅速、準確：

高效率的庫存管理系統，提供完善的備品管理、準確的供應遞送，可減少人力工時，縮短風機維護時間，提高風力機組的妥善。

2.6 足夠的配備標準工具之維修車輛：

維修車輛對佔地遼闊的風力場，猶如工作人員的雙腿，而車載完備的維修工具，更如工作人員的雙臂，車輛應與人員相對應配置，提升工作人員調度效率。



圖 4-1：澳洲版維護專用車輛



圖 4-2：維護車輛後門



圖 4-3：日本版維護車輛

2.7 達成出門一次即可完成檢修工作的目標：

風力機組的運轉、維護，因狹小的工作環境，只能容許少數工作人員同時進入機艙中，又因機艙位於高空，若準備之工具、料件有所疏漏，使工作人員需等待或得再次攀爬甚至需再度往返倉庫與風場之間，除耗費工時外，對維修進度有一定的負面影響，完善的倉管系統，強大的後勤支援，充足的維修車輛，完整的維修工具，都是達成出門一次即可完成檢修工作，不可獲缺的要素。

3 模擬器的設立：

Vestas 澳洲及大陸皆設有風機模擬器，且可提供業主，本公司可引進模擬器及操作模擬器所需之教育訓練，風力機模擬器之建立，對風力機組的維護有正面的效果，如：新進同仁基礎訓練、維護人員的精進訓練、零組件更換前的演練、備品與工具之準備、以及備品的緊急來源。

4 原廠訓練課程的安排：

本次參訓課程為 6100，原廠建議訓練課程最好是進階式，即 6100、6300、6500，如此課程較為完整。原廠可提供多種程度及進階之訓練課程，建議在未來的工程標案、ICP、派員出國受訓等項目中先安排員工接受完整訓練，成為種子師資，再於公司訓練所開班，培訓更多維修人力。

5 無升降梯之一期機組，可裝設簡易升降裝置：

但為減低維護人員負擔與特殊工具的輸送，可於現有之爬梯上，增設如日本豐田通商使用之簡易升降裝置，以縮短工作時間、提升提護效率，減少墜落意外的發生機率，並可在緊急時載運傷患；若能增設於無升降梯之機組，對目前台電風力一期機組的維護工作，有極大的幫助。