

# 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 葺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，於葺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：葦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。

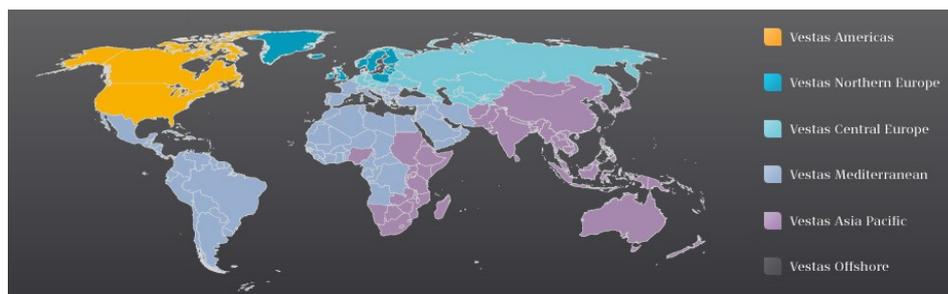


圖 3-6：Vestas 公司全球營運分區示意圖

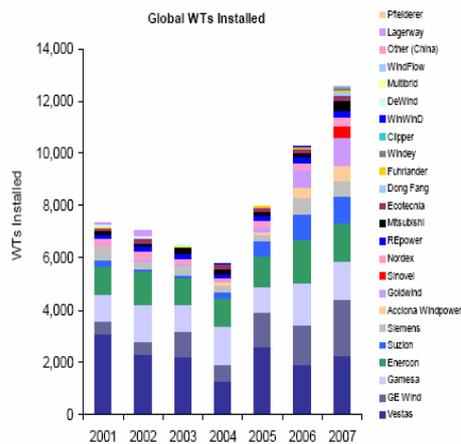


圖 3-7：2001~2007 年全球安裝風機數量與各廠市佔率

## 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。

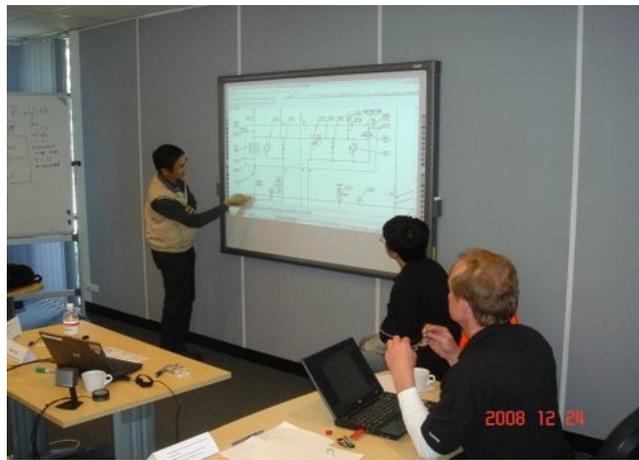


圖 3-11：受訓上課情形



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。