



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：考察)

建置節約能源、再生能源與前瞻能源
產業產品標準、檢測技術及驗證平台
先期研究及導入計畫子計畫 5

調查風力發電系統相關產品之檢測技術與驗證制度

歐洲出國考察報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：黃來和副局長、李其榮技士

出國地點：歐洲

出國期間：中華民國 97 年 11 月 7 日至 11 月 21 日

報告日期：中華民國 98 年 2 月 20 日

行政院研考會 / 省 (市) 研考會 編號欄

出國報告審核表

出國報告名稱： 調查風力發電系統相關產品之檢測技術與驗證制度-歐洲出國考察報告		
出國人姓名 （2人以上，以1人為代表）	職稱	服務單位
黃來和	副局長	經濟部標準檢驗局
出國類別	<input checked="" type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input 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： 97年11月07日至97年11月21日		報告繳交日期： 98年2月20日
<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「目的」、「過程」、「心得及建議事項」） <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"/> 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 <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：		
一級單位主管		機關首長或其授權人員

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。

目次

圖目錄.....	3
表目錄.....	5
一、前言.....	6
二、行程.....	7
三、研究調查內容.....	9
3.1 哥本哈根近郊 MIDDELGRUNDEN 離岸風場.....	10
3.2 VESTAS 風力機製造商.....	12
3.3 DNV 風力發電驗證部門.....	30
3.4 RISØ 永續能源國家實驗室.....	35
3.5 GAMESA 風力機製造商.....	43
3.6 CENER 再生能源國家實驗室.....	47
3.7 GL (GERMANISCHER LLOYD) 風力發電驗證部門.....	53
3.8 TÜV NORD 風力發電驗證部門.....	57
3.9 WINDTEST 陸上型大風力發電機測試場.....	65
四、心得與感想.....	70
五、建議事項.....	72

六、參考資料及附件.....74

圖目錄

圖 1 全球 1996~2007 之風力機累計裝置容量(GWEC 2007 年報).....	9
圖 2 歐洲各國風力發電供電佔電力系統供電比例(EWEA).....	9
圖 3 全球風力發電機分布情形.....	10
圖 4 Middelgrunden 離岸式風力電廠位置圖.....	11
圖 5 Middelgrunden 離岸式風力電廠外觀.....	12
圖 6 Vestas Offshore A/S 組織架構.....	13
圖 7 全球風力發電機裝置容量分布情形.....	14
圖 8 Robibn Rigg 離岸風場地圖.....	15
圖 9 Vestas 現有離岸風場計畫分佈圖.....	16
圖 10 V80 2.0 MW 離岸風力發電機外型示意圖和性能表.....	16
圖 11 V90 3.0 MW 離岸風力發電機外型示意圖和性能表.....	17
圖 12 認證流程圖.....	17
圖 13 Vestas 離岸風力發電機產品實績.....	18
圖 14 離岸港口設計要求.....	19
圖 15 離岸風力發電機裝置組織架構.....	20
圖 16 離岸風力發電機基座示意圖.....	20
圖 17 離岸風力發電機塔架安裝過程.....	21
圖 18 海底電纜安裝情形.....	22
圖 19 港口安裝情形.....	22
圖 20 離岸風力發電機預裝組情形.....	23
圖 21 輸送及安裝設置.....	23
圖 22 離岸風力發電機安裝情形.....	24
圖 23 離岸風力發電機安裝時程表.....	24
圖 24 離岸風力發電機維修情形.....	25
圖 25 IEC WT01 和 IEC 61400-22 型式驗證流程.....	26

圖 26 葉片試驗情形.....	27
圖 27 型式驗證作業程序.....	28
圖 28 離岸風力機的設計程序.....	29
圖 29 訪團與 Vestas 專家合影.....	29
圖 30 DNV 各階段的專案驗證內容與流程.....	31
圖 31 DNV 的證書.....	33
圖 32 型式認可流程架構.....	34
圖 33 Frandsen 博士風力機紊流的負載研究.....	36
圖 34 Risø 測量的離岸風場位置.....	36
圖 35 鋼架結構的風力機.....	37
圖 36 開發中的小型風力機.....	38
圖 37 Risø 驗證之離岸專案之風力機概況.....	38
圖 38 風力機型式認可的流程架構.....	39
圖 39 風力機專案驗證流程架構.....	40
圖 40 風力機目前在丹麥的認證活動之實施地點.....	41
圖 41 Risø 舊的風力機測試場和葉片測試中心現況.....	41
圖 42 Risø 新設 8 個大型風力機陸設測試場位置圖.....	42
圖 43 訪團與 Clausen 博士攝於 Risø 國家實驗室.....	42
圖 44 Gamesa 風力機製造商標誌.....	43
圖 45 Gamesa G90-2.0MW 風力機組件圖.....	45
圖 46 G90-2.0MW 風力機的電力曲線.....	45
圖 47 CENER 的出資單位.....	47
圖 48 CENER 總部(左上)、風力機測試實驗室(右)及即將建造的 2 代生質燃料 工廠(左下).....	48
圖 49 葉片測試實驗室.....	49
圖 50 電力鏈測試實驗室.....	50
圖 51 第二代生產生質燃料的工廠.....	50

圖 52 太陽光電模擬器實驗室.....	51
圖 53 太陽熱能模擬器實驗室.....	52
圖 54CENER 綠建築標章.....	52
圖 55 獲獎的綠建築.....	53
圖 56 型式和專案驗證之流程.....	55
圖 57 串聯式和並聯式 DAA 的比較.....	56
圖 58 DAR 認可證書.....	58
圖 59 基座的強化.....	59
圖 60 1.5MW 風力發電機葉片內部檢測.....	59
圖 61 訪團與 TÜV NORD 人員合影.....	64
圖 62 windtest 公司員工結構.....	65
圖 63windtest 風力發電機測試場地地形圖.....	68
圖 64windtest 測試場風力發電機運轉情形.....	69
圖 65 訪團與 windtest 人員合影.....	69

表目錄

表 1 歐洲參訪行程.....	7
表 2 離岸風電建議課程.....	37

一、前言

隨著時代的進步與科技的發達，人類對能源之需求愈來愈多，能源耗損的速度也越來越快，燃燒石化燃料獲取所需能源的同時，也排放出大量的二氧化碳、二氧化硫及廢棄煙塵等等相對上，清淨再生能源之一的風力發電在當前能源開發上，在環保與健康上具有優勢，風力發電將是一項低成本再生能源。

為掌握國際能源科技發展趨勢，扶植國內能源科技產業，以提高經濟產值、創造新就業機會，行政院於 96 年 11 月 19 至 22 日舉辦「2007 年行政院產業科技策略會議(SRB)」，會議探討三大科技議題：「節約能源」、「再生能源」及「前瞻能源」，會中熱烈討論多項全球能源科技，並檢視國內外重要能源科技研究，以制定能源產業發展藍圖，期能促進台灣能源科技產業躍升。

政府配合全球能源發展趨勢，系統化的發展再生能源科技，促進研發與產業化效益，目前擇定太陽光電、風力發電與植物性替代燃料(非食用農作物)為策略性新能源產業，規劃於 2010 年台灣再生能源發電裝置容量占總裝置容量 10%，並且在 2010 年創造 1,590 億元產值，本計畫將涵蓋太陽光電和風力發電兩項再生能源之研究範疇。

由於台灣地區四面環海，具有豐富的風力資源，目前在沿海地區也已設立許多的風力發電設備並提供電力，至 2007 年 5 月為止的已商轉的總裝置容量為 167.7MW，政府能源政策白皮書規劃風力發電裝置容量至 2010 年要達到 215.9MW，對於減少利用化石燃料發電依賴，以降低溫室氣體排放，具有非常大的助益。依據工研院機械所在科技顧問會議上的報告，據其保守估計，除陸上風力發電潛能至少有 1,600MW 以上，海上風力發電潛能方面，粗估也超過 3,200MW，合計有 4,800MW 以上的裝置容量，遠超過目前的裝置容量或 2010 年的規劃量，故風力發電仍具有非常大的發展空間。

政府依據所擁有之天然資源與未來環保趨勢，藉由推動再生能源科技，實現我國能源安全、環境保護及建構再生能源產業發展的目標。

二、行程

研究調查日期自 97 年 11 月 07 日~97 年 11 月 21 日共計 15 日

表 1 歐洲參訪行程

日期	城市及機構	工作內容
11/07~ 11/08	台灣(桃園)乘華航⇒阿姆斯特丹(荷蘭) ⇒哥本哈根(丹麥)	去程
11/09	哥本哈根(丹麥)	Middelgrunden 離岸風場
11/10	Randers, Denmark (丹麥)	拜訪 Vestas
11/11	哥本哈根和 Roskilde(丹麥)	拜訪 DNV & Risø
11/12	哥本哈根(丹麥) ⇒馬德里(西班牙)	路程
11/13	馬德里(西班牙) ⇒潘普洛納(西班牙)	拜訪 Gamesa
11/14	潘普洛納(西班牙)	拜訪 CENER
11/15	潘普洛納(西班牙) ⇒巴塞隆納(西班牙)	假日, 路程
11/16	巴塞隆納(西班牙) ⇒漢堡(德國)	假日, 路程
11/17	漢堡(德國)	拜訪 GL
11/18	漢堡(德國) ⇒杜塞道夫(德國)	拜訪 TÜV NORD
11/19	杜塞道夫(德國)	參訪 Windtest
11/20~ 11/21	杜塞道夫(德國) ⇒阿姆斯特丹(荷蘭) ⇒ 台灣(桃園)	返程

本訪團由經濟部標準檢驗局(以下簡稱本局)黃副局長來和率領, 成員包括本局李技士其榮、金屬工業研究發展中心黃副組長聰文, 台灣大電力研究試驗中心胡工程師曉岩及楊工程師政晁等共計 5 員, 參訪地點如下:

1. 參觀哥本哈根近郊 Middelgrunden 離岸風場
2. 拜訪 Vestas 風力機製造商
3. 拜訪位於哥本哈根的 DNV 風力發電驗證部門
4. 拜訪位於 Roskilde 之 Risø 永續能源國家實驗室
5. 拜訪位於潘普洛納之 Gamesa 風力機製造商

6. 拜訪位於潘普洛納之 CENER 再生能源國家實驗室
7. 拜訪位於漢堡之 GL 風力發電驗證部門
8. 拜訪位於杜塞道夫之 TÜV NORD 風力發電驗證部門
9. 拜訪位於杜塞道夫之 Windtest 陸上型大風力發電機測試場

三、研究調查內容

風力發電是無污染的風力資源，為世界各國極力開發的資源。依據 GWEC 2007 年的資料顯示，裝置容量最高的前三個國家依序為德國（22.3GW）、美國（16.8GW）及西班牙（15.1GW），新裝設機組容量最高的前三個國家分別美國（5.2GW）、西班牙（3.5GW）及中國大陸（3.4GW），目前全球的累積裝置容量則達到 94.1GW，未來的裝置容量亦將持續成長。

GLOBAL CUMULATIVE INSTALLED CAPACITY 1996-2007

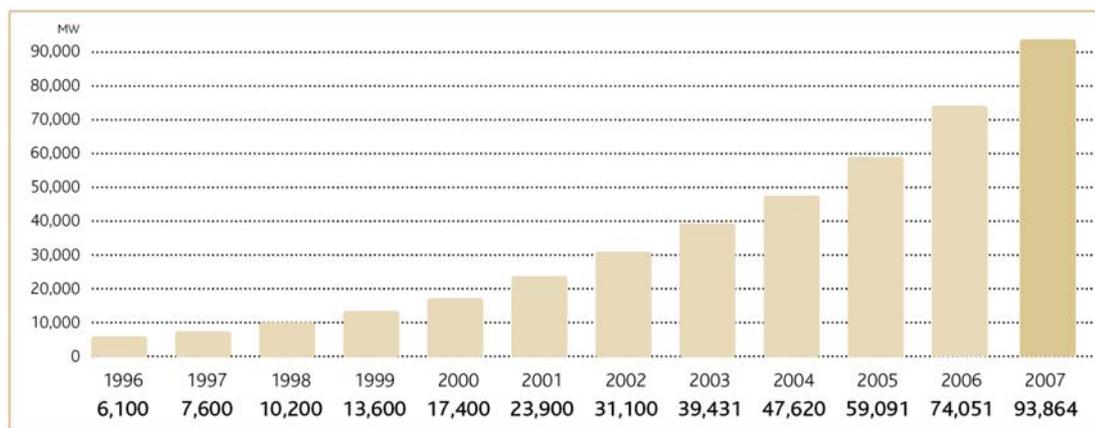


圖 1 全球 1996~2007 之風力機累計裝置容量(GWEC 2007 年報)

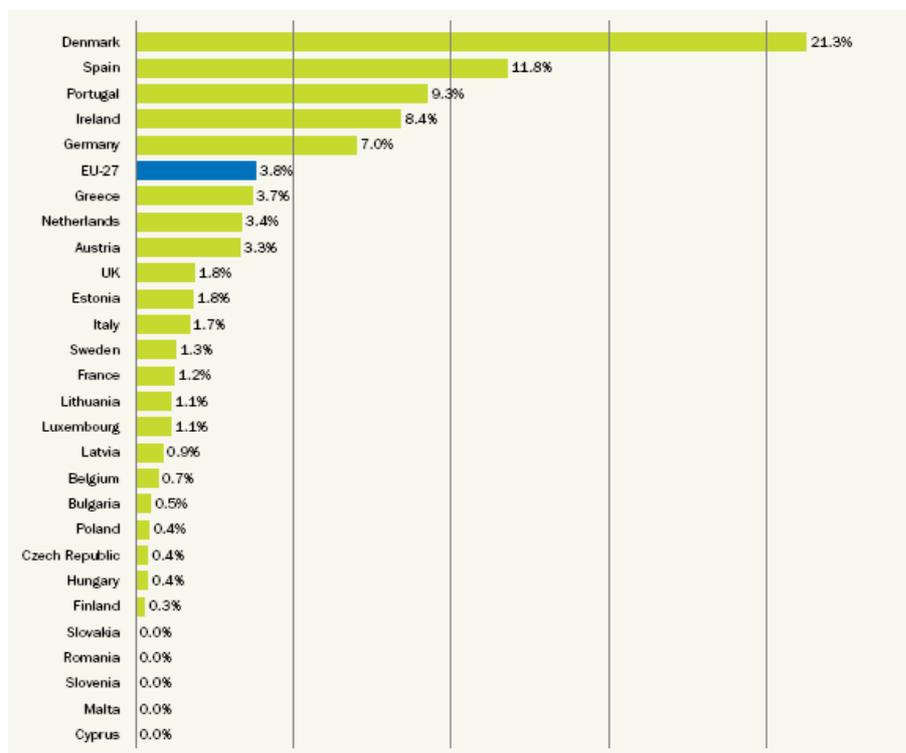


圖 2 歐洲各國風力發電供電佔電力系統供電比例(EWEA)

歐洲各國風力發電供電佔電力系統供電比例中，以丹麥 21.3%最高，其次為西班牙 11.8%及葡萄牙 9.3%。雖然德國的裝置容量為全世界最高，但是，其風力發電

在供電系統中所佔比例僅 7.0%，在歐洲排名第五位。

2007 年的風力機市場共計 19,791MW，其中丹麥的 Vestas 銷售量市場占有率高達 22.8%，其次為美國 GE 公司 16.6%，第三為西班牙 Gamesa 公司 15.4%，再其次為德國的 Enercon 公司 14%，印度的 Suzlon 公司為 10.5%排名第五。大陸的金風公司雖然達 4.2%排名第八，其銷售則僅限大陸市場。

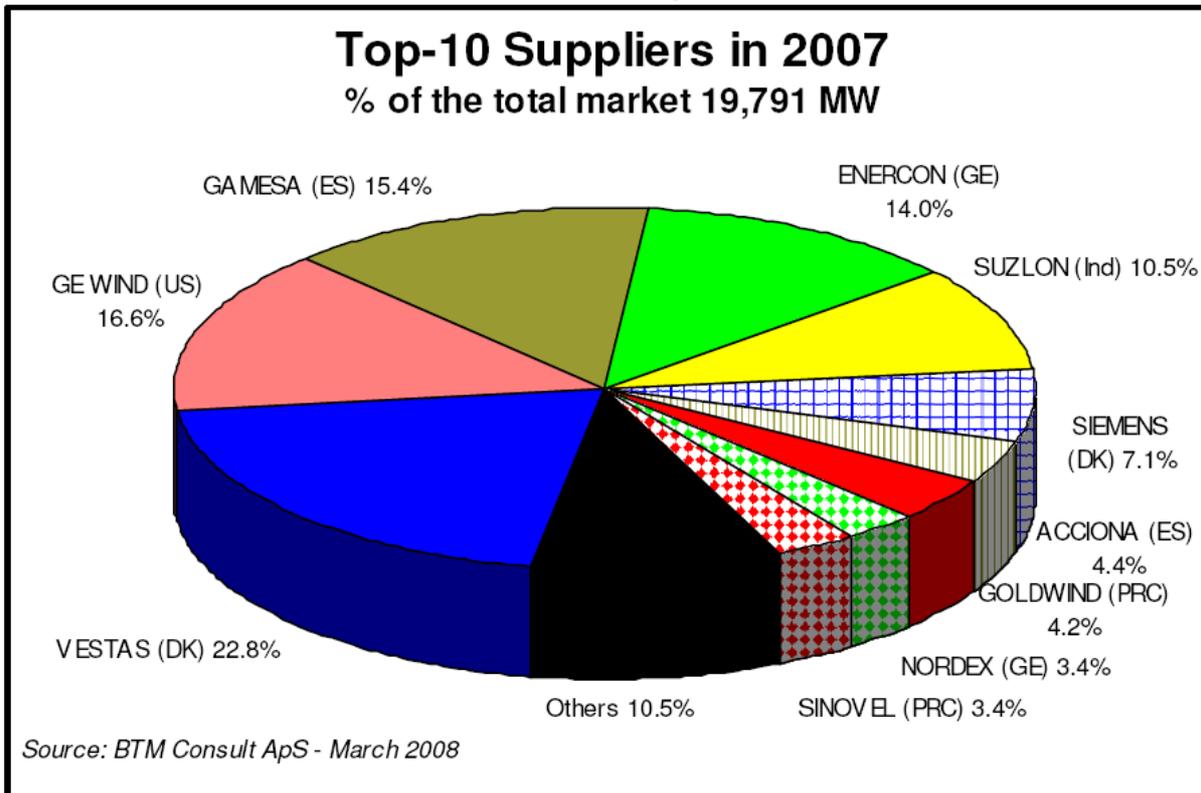


圖 3 全球風力發電機分布情形

3.1 哥本哈根近郊 Middelgrunden 離岸風場

Middelgrunden 離岸式風力電廠為丹麥第一座也是世界第一座的離岸式風力電場，位於丹麥哥本哈根市附近外海約 2 至 3 公里處之位置，該方場位於波羅的海 (Baltic Sea) 海域內，水深約 3 - 5 公尺。由 20 部 Siemens Bonus 公司之 2MW 20 台組成，總裝置容量 40MW，以圓弧形狀排列。該風場位置位於淺海地區考慮底床之特性，風力發電機基座採用直徑約 11 公尺之重力式鋼筋混凝土圓柱型構造。基座重約 1500 噸，直徑約 17 公尺，基座中心採用鋼板結構，外以鋼筋混凝土包覆。

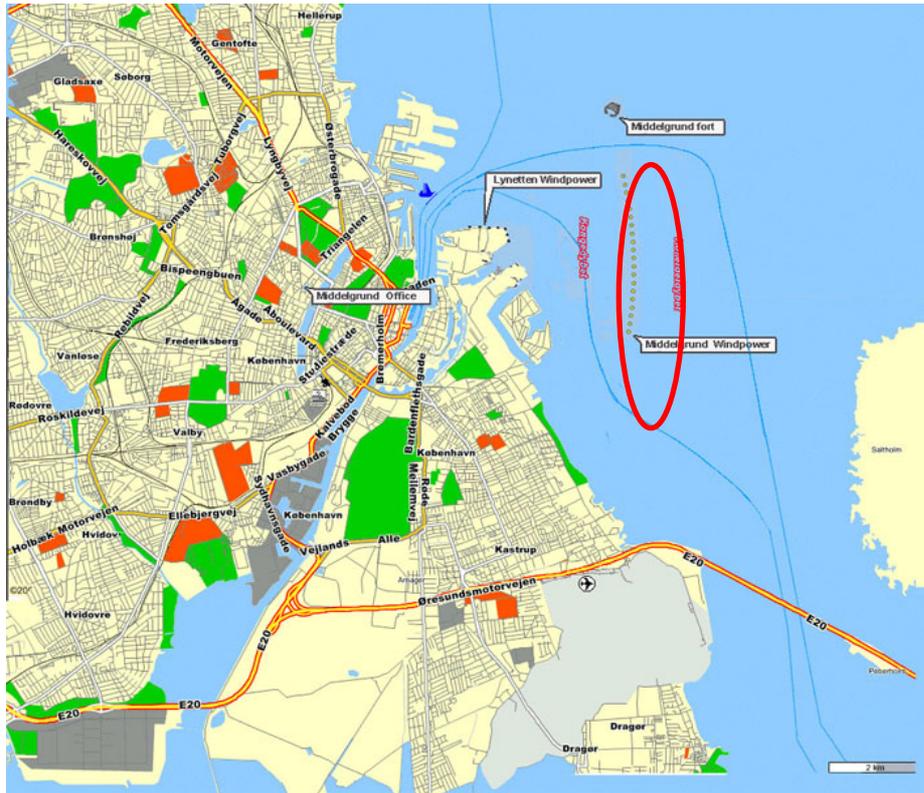


圖 4 Middelgrunden 離岸式風力電廠位置圖

- 場 址：丹麥 Middelgrunden
- 風場平均風速：8.7m/s(hub height)
- 機 組：Bonus 2.0 MW*20
- 風力發電機間距：700 m
- 裝置容量：40 MW
- 離岸距離：2~3 km
- 水 深：3 ~ 5 m
- 基礎型式：Gravitational Foundation
- 機 座：1500 噸、直徑 17 m
- 機組高度(Hub Height)：64 m
- 葉片直徑(Rotor Diameter)：76 m
- 海底電纜：30 kV 接連至岸上開關場
- 商 轉：2000 年。



圖 5 Middelgrunden 離岸式風力電廠外觀

3.2 Vestas 風力機製造商

此次在 Vestas 位於 Randers 總部，與其 Director, offshore Technology Sale & Project, Mr. Soren Houmoller、 offshore expert, Mr. Jens Laoritsen，以及 QA/QC Manager, Ms. Helle Malling，以及 Technology Project Manager, Ms. Ellen H. Thomsen 等專家交流討論目前 Vestas 在離岸風力發電機之發展狀況。

目前 Vestas 的系列產品包括：

kW	V52-850kW
1.5MW	V82-1.65MW
2.0MW	V80-1.8MW
	V80-2.0MW
	V90-1.8MW
	V90-2.0MW
3.0MW	V90-3.0MW

Vestas 的生產線分佈於世界各地，機艙工廠設於西班牙、德國、丹麥、挪威、瑞典、義大利及印度，控制器工廠設於西班牙和丹麥，塔架工廠設於蘇格蘭和丹麥，葉片工廠設於英格蘭、德國、義大利、大陸天津、澳洲，未來還將在大陸天津增建機艙

和發電機工廠並擴建葉片工廠，同時也會在西班牙和美國投資葉片工廠。

關於政府的 Vestas 政策：

Vestas 希望將專業與全世界的政府分享，一系列的 Vestas 政策說明關鍵問題包含大規模的風力整合，特別的政策說明有：

- 風資源地圖化
- 大規模風電整合的空間規劃
- 噪音和野生動物
- 大規模風電整合的電網規劃

從其提供資料顯示，Vestas 自 2002 年開始發展離岸風力發電機，目前針對離岸風力發電機，Vestas 成立專責離岸風力發電機部門，其組織架構如下所示。

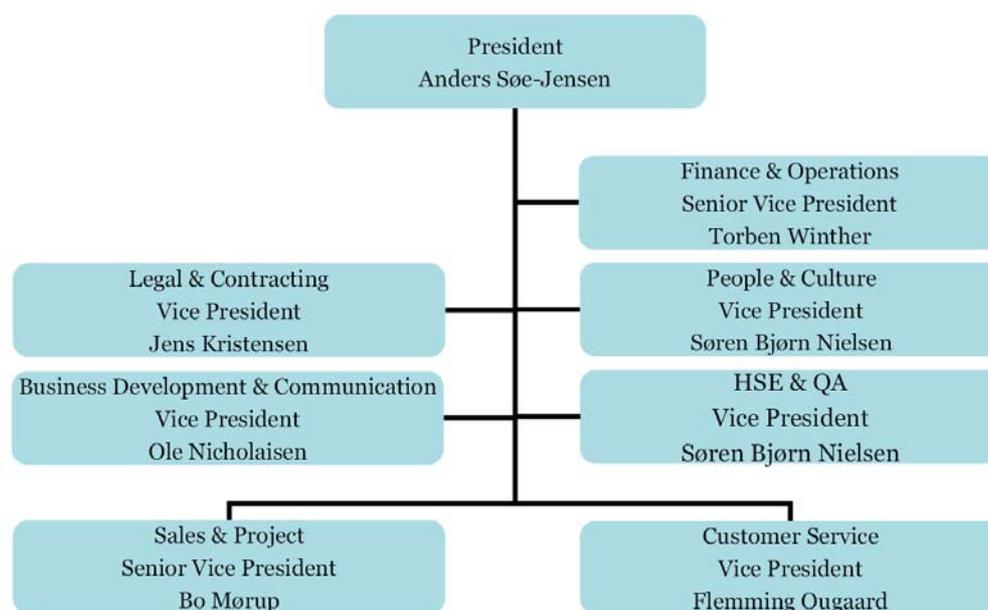


圖 6 Vestas Offshore A/S 組織架構

離岸設置風力發電機的優點：

- 風力資源較佳
- 少紊流/低粗度- - 發電更穩定
- 彈性佈局
- 來自附近居民的阻力低
- 尺寸和重量沒有物理上的限制
- 空間大
- 運輸方便

雖然有上述的各項優點，其亦具有以下的缺點：

- 場址條件更複雜
- 地理的限制
- 沙塵
- 海浪和海流
- 鹽害
- 安裝和維護更複雜也更耗成本

2007 年全球離岸風力發電的裝置容量為 1236.04MW，其中 Vestas 共出售 741.09MW，約佔市場的六成，裝設的國家包括丹麥、荷蘭、英國、日本、中國大陸等，丹麥還是占了大多數。

Project Name	Country	Year Online	Manufacturer	No.	Turbine Capacity	Project Capacity (MW)
Norgersund	S	1990	Wind World	1	W25 - 220 kW	0.22
Vindeby	DK	1991	Bonus	11	B35 - 450 kW	4.95
Lely	NL	1994	NedWind	4	NW40 - 500 kW	2
Tuno Knob	DK	1995	Vestas	10	V39 - 500 kW	5
Dronten	NL	1996	Nordtank	28	NTK43 - 600 kW	16.8
Bockstigen	S	1997	Wind World	5	W37 - 550 kW	2.75
Blyth	UK	2000	Vestas	2	V66 - 2.0 MW	4
Utgrunden	S	2000	Enron Wind	7	EW70 - 1.5 MW	10.5
Middelgrunden	DK	2001	Bonus	20	B76 - 2.0 MW	40
Yttre Stengrunden	S	2001	NEG Micon	5	NM72 - 2.0 MW	10
Horns Rev	DK	2002	Vestas	80	V80 - 2.0 MW	160
Rønland	DK	2002	Vestas	4	V80 - 2.0 MW	8
Rønland	DK	2002	Bonus	4	B82.4 - 2.3 MW	9.2
Samsø	DK	2003	Bonus	10	B82.4 - 2.3 MW	23
Setana	Japan	2003	Vestas	2	V47 - 660 kW	1.32
Frederikshavn	DK	2003	Vestas	1	V90 - 3.0 MW	3
Frederikshavn	DK	2003	Bonus	1	B82.4 - 2.3 MW	2.3
Frederikshavn	DK	2003	Nordex	1	N90 - 2.3 MW	2.3
Nysted	DK	2003	Bonus	72	B82.4 - 2.3 MW	165.6
Arklow Bank	IRL	2003	GE	7	GE104 - 3.6 MW	25.2
North Hoyle	UK	2004	Vestas	30	V80 - 2.0 MW	60
Scroby Sands	UK	2004	Vestas	30	V80 - 2.0 MW	60
Kentish Flats	UK	2005	Vestas	30	V90 - 3.0 MW	90
Barrow	UK	2006	Vestas	30	V90 - 3.0 MW	90
Beatrice 1	UK	2006	Repower	1	5M-5 MW	5
Egmond aan Zee	NL	2006	Vestas	36	V90 - 3.0 MW	108
Beatrice 2	UK	2007	Repower	1	5M-5 MW	5
Burbo	UK	2007	Siemens	25	SWT-3.6 MW	90
Lillegrund	S	2007	Siemens	48	SWT-2.3 MW	110.4
CNOOC	China	2007	Goldwind	1	1500kW - 1.5 MW	1.5
Q7	NL	2007	Vestas	60	V80 - 2.0 MW	120
Total				567		1236.04
Combined Vestas Group total				358		741.09
Vestas Market Share (%)						59.95

圖 7 全球風力發電機裝置容量分布情形

英國的 Robibn Rigg 離岸風場環境和現況：

- 業主為 E.CON
- 位於英格蘭離岸 13.5 公里的 Cumbria、蘇格蘭離岸 9 公里的 Dumfries 和 Gallway
- 平均水深 13 公尺
- 風速 9.3 公尺/秒
- 年發電量 555GWh
- 時程規劃

- 安裝：2008 年夏季
- 委託：2008 冬季~2009
- TOC：2009
- 分割契約
- Vestas 目標
 - 60 座 V90-3MW 風力機
 - 風力機安裝
 - 運轉風場 5 年
- BOP 目標
 - 2 個離岸風場高壓變電所
 - 輸出與內部陣列電纜
 - 過渡期的單柱基座



圖 8 Robibn Rigg 離岸風場地圖

目前 Vestas 在全球共有 12 座離岸風場建置或已完工進行營運維護修中，其中在建置中的有 180 MW，已完工進行營運維護修修中的有 528 MW，其分佈情形如下圖所示：

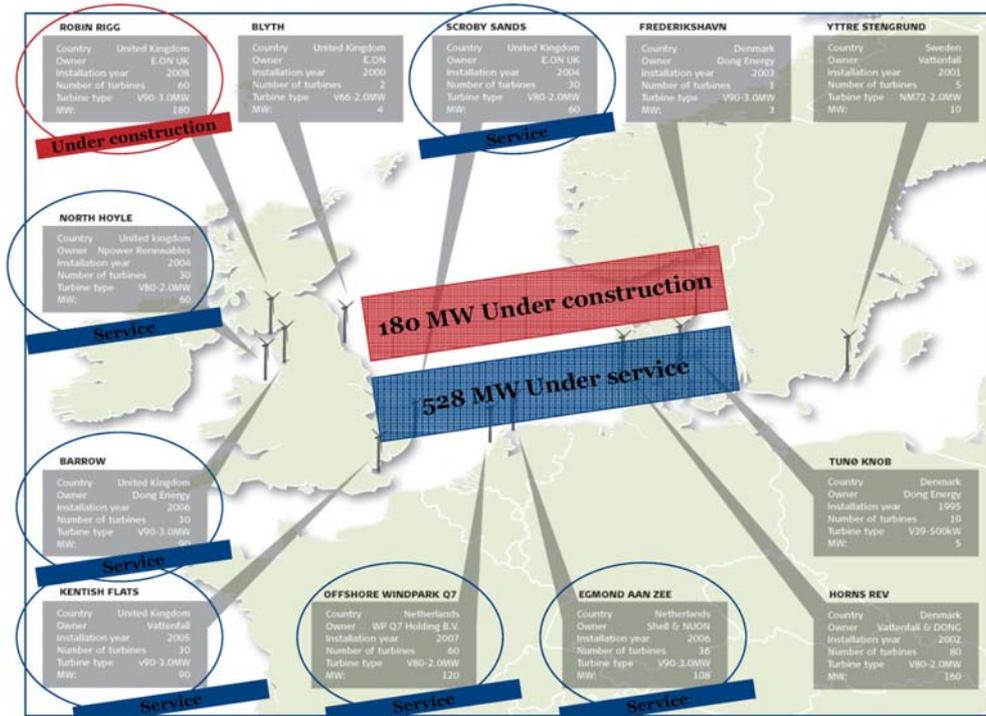


圖 9 Vestas 現有離岸風場計畫分佈圖

■ Vestas 離岸風力發電機產品介紹：

➢ V80 2.0 MW 離岸風力發電機系統

V80-2.0MW pitch regulated

Type approval by GL Offshore (Class 1)

- 10 min. 50 year mean 46.1 m/s
- 2 sec. 50 year gust 60.3 m/s
- 1 Yearly average of 10.0 m/s
- Operational speed 4-25 m/s (10. min average)
- Cast Resin Transformer (10-33kV)
- Corrosion Class: C3-C5M (C5M outside)
- Cooling: Air and oil
- Nacelle and Rotor
 - 80m diameter & swept area of 5027 m²
 - Weight: 105 t

Towers are site specific

- Horns Reef: 60 m, 2 sections, 148 t
- North Hoyle: 46 m, 2 sections, 113 t
- Scroby Sands: 50 m, 2 sections, 108 t
- Q7: 42 m, 1 section, 93 t

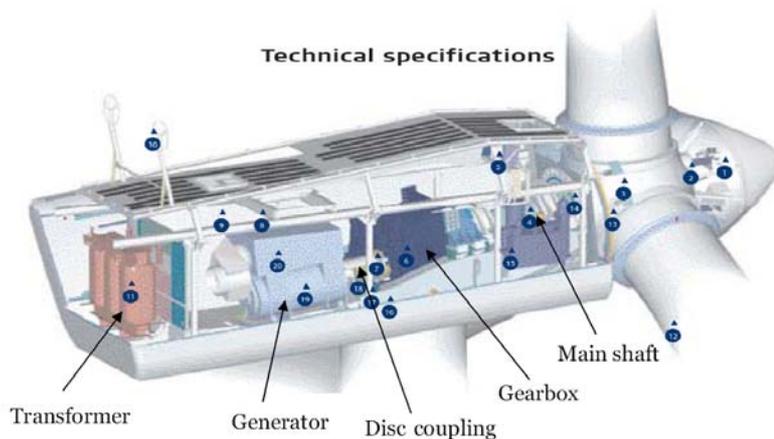


圖 10 V80 2.0 MW 離岸風力發電機外型示意圖和性能表

➤ V90 3.0 MW 離岸風力發電機系統

V90-3.0MW pitch regulated

IEC WT S Type approval by DNV (1A)

- - 10 min. mean 50.0 m/s
- - 3 sec. gust 70.0 m/s
- - 1 Yearly average of 10.0 m/s
- - Operational speed 4-25 m/s (10. min average)
- Cast Resin Transformer (10-33kV)
- Corrosion Class: C3-C5M (C5M outside)
- Cooling: Air, water and oil
- Nacelle and Rotor
 - 90m diameter and a swept area of 6362 m²
 - Weight: 118 t
- Towers are site specific
- Kentish Flats: 60 m, 2 sections, 104 t
- Barrow: 58 m, 3 sections, 155 t
- OWEZ: 55 m, 2 sections, 106 t

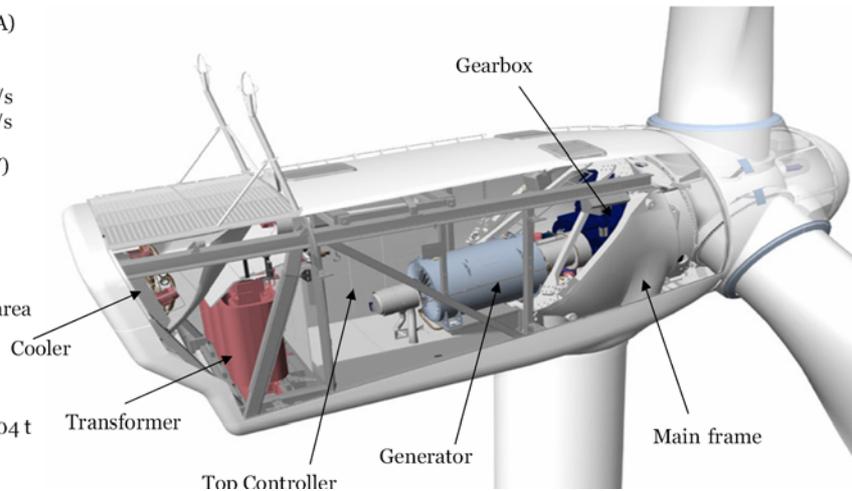


圖 11 V90 3.0 MW 離岸風力發電機外型示意圖和性能表

➤ Certification(認證過程)

Type approvals

- Wind turbine approved in accordance
- V80 - 2 MW by GL
 - V90 - 3MW by DNV



Certifying bodies used by Vestas

- Type approval: Det Norske Veritas (DNV) - Norway
- Germanischer Lloyd, Germany
- Power Curve Measurement: Windtest - Germany
- Sound emission: Delta Acoustics – Denmark



Certified by Germanischer Lloyd, Hamburg

- Vestas has established and maintains Quality Management System relevant for:
- Sales, Development, and Manufacture
 - Installation & Commission
 - Service & Maintaining of Wind Energy Systems
 - Technology Transfer

Class 1
Item no. 047500.R0
2004-11-28

ISO 9001 GL Certificate
No. QS-038HH

圖 12 認證流程圖

■ Vestas 離岸風力發電機產品實績：

Vestas V90-3.0 MW Turbine Track Record (31.12.2007)				
Year Ultimo	V90-3.0 MW			(Years) in operation up till Ult. 2007
	50 Hz Onshore Units	50 Hz Offshore Units	60 Hz Onshore Units	V90 total
2002	7			35
2003	2		3	20
2004	3			9
2005	59	30		178
2006	119	66	8	193
2007	244		55	135*
Total	<u>434</u>	<u>96</u>	<u>66</u>	(570 years)

圖 13 Vestas 離岸風力發電機產品實績

至 2007 年為止，Vestas V90 3.0 MW 離岸風力發電機系統(包括 50HZ, 60HZ)已安裝 162 部。

離岸風力機的瓶頸和要求：

- 安裝時的船隻
- 可供使用的風力機
- 合適的港口設施
- 電纜和電纜安裝能力
- 經濟
- 財務
- 許可程序

氣象活動的相關內容：

- 海洋氣象資料
 - 波浪分佈
 - 浪高

- 波浪發生
- 洋流
- 洋流發生
- 潮汐
- 水深
- 海事發展
- 冰
- 極致波浪
- 極致洋流
- 風候資料
 - 風的分佈
 - 風的發生
 - 紊流
 - 風剪力
 - 極致風速

離岸設計基礎- - 港口要求：

1. 岸上總面積：45,000~70,000m²(儲存和組裝面積)
2. 土地的附屬設備和 24/7 運作
3. 裝載容量

Zone	Distance to pier wall [m]	Load carrying capacity [t/m ²]
1	0,5 – 3,0	20
2	3,0 – 10,0	10
3	10,0 – 15,0	7,5
4 Crane zone (Primary crane)	15,0 – 30,0	15,0
5	30,0 – --	7,5

圖 14 離岸港口設計要求

■ 離岸風力發電機裝置過程介紹：

➢ 成立離岸風力發電機裝置組織架構(WTG Package Organization)

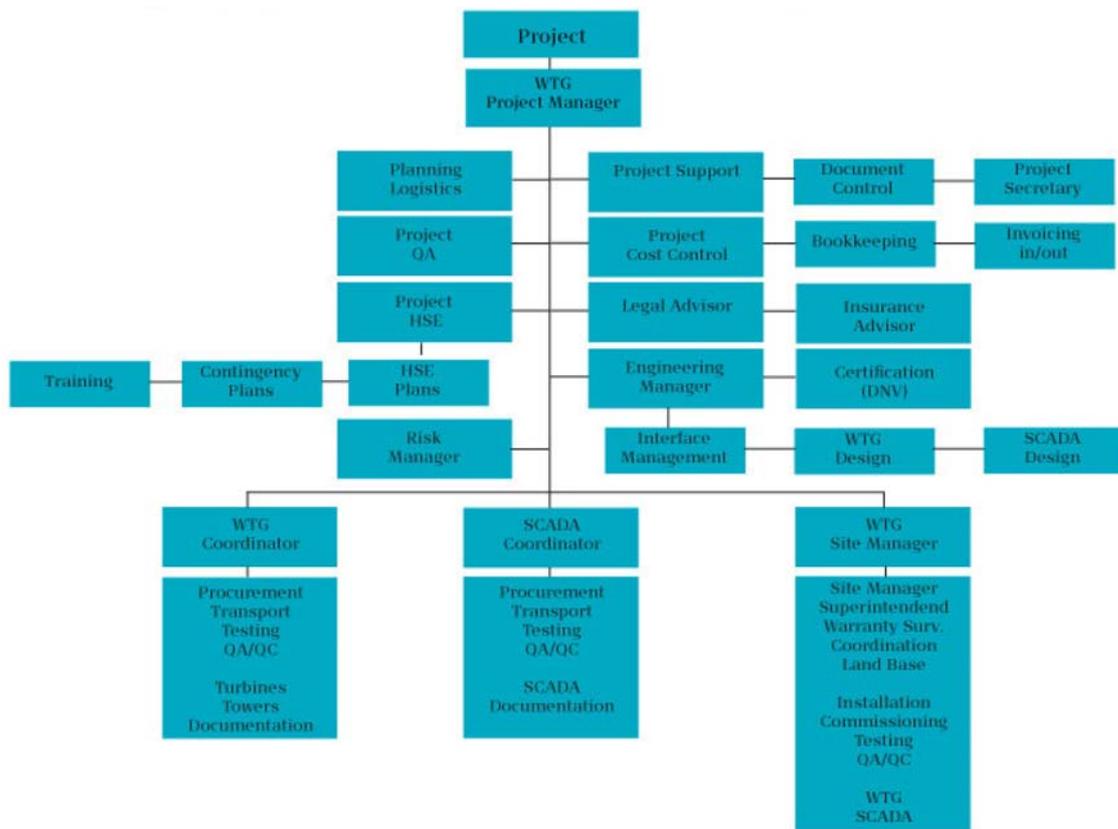


圖 15 離岸風力發電機裝置組織架構

➢ 進行基座(Foundation)型式選擇及安裝

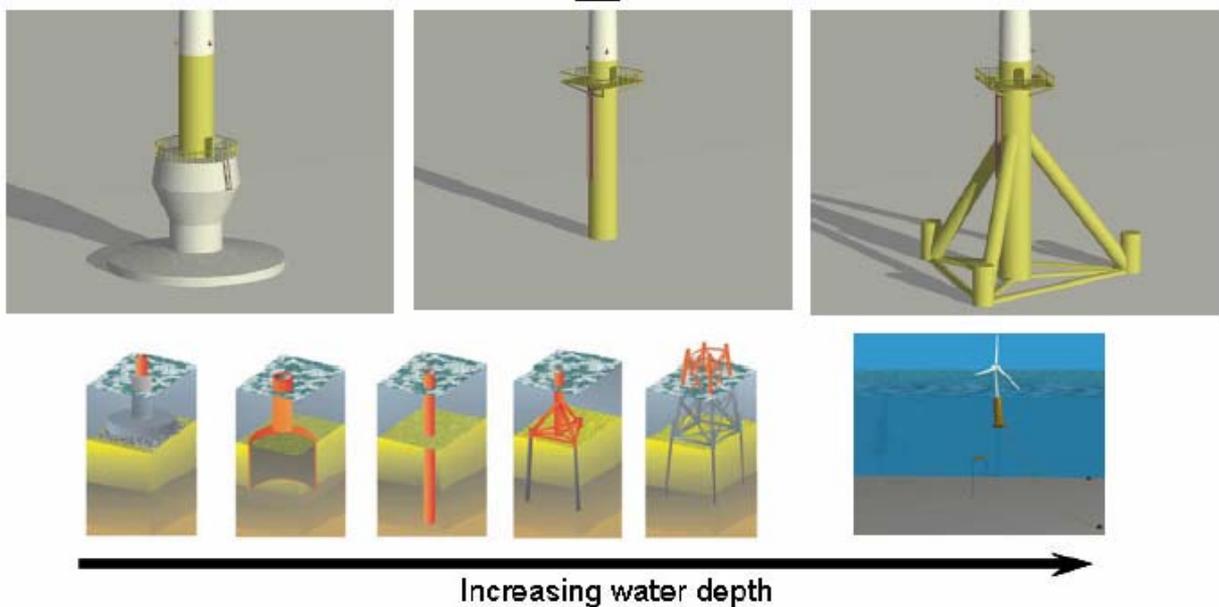


圖 16 離岸風力發電機基座示意圖

離岸風力發電機所使用基座(Foundation)，可分成：mono-pile，tripod，以及 gravity based 等三種，分別依水深高度之不同而有不同型式。



圖 17 離岸風力發電機塔架安裝過程

gravity based 離岸風力發電機基座之安裝過程，左上和右上為樁柱和暫用設備裝於運輸船上，下圖為海面上打樁，時間約需 2~4 小時。

➤ 海底電纜 (Cables)佈線

- 離岸聯接電纜由陸地下海至風力機/變電站(輸電纜線)
- 風力機之間的電纜線(內部陣列電纜線)
- 電纜線拉至 J/I 套管
- 放置和掩埋
 - ✓ 挖溝
 - ✓ 噴出
 - ✓ 挖掘
 - ✓ 切斷
 - ✓ 區域的暫時性保護



圖 18 海底電纜安裝情形

➤ 安裝港口準備(Harbor Presentation)

- 港口面積：45,000~70,000m²
- 基樁長度至少 150 公尺
- 水深至少 6 公尺
- 關鍵端容量至少 20 噸/ 平方公尺
- 至場址的距離：最佳航程低於 2 小時



圖 19 港口安裝情形

- 離岸風力發電機預裝組(Wind Turbine Pre-Assembly)
 - 準備機艙
 - 吊耳架構
 - 塔架組裝和電纜作業



圖 20 離岸風力發電機預裝組情形

- 輸送及安裝設置(Typical Transport and Installation Setup)

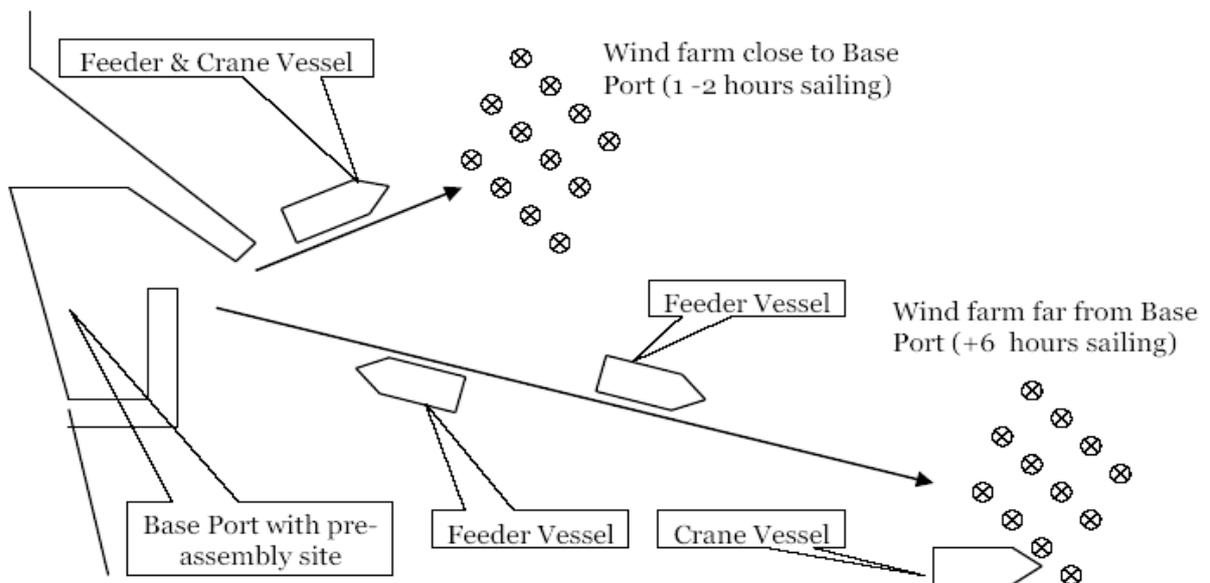


圖 21 輸送及安裝設置

➤ 離岸風力發電機安裝(Wind Turbine Installation)



圖 22 離岸風力發電機安裝情形

左上圖片為將風力機裝載於運輸船上、Bunny ear 解決方案，右上為完成裝載之運輸船往場址航行中。左下為安裝離岸塔架，中間為機艙吊掛安裝，右下為安裝第三支葉片。

■ 離岸風力發電機操作與維修：

➤ 時程表(Time Schedule)

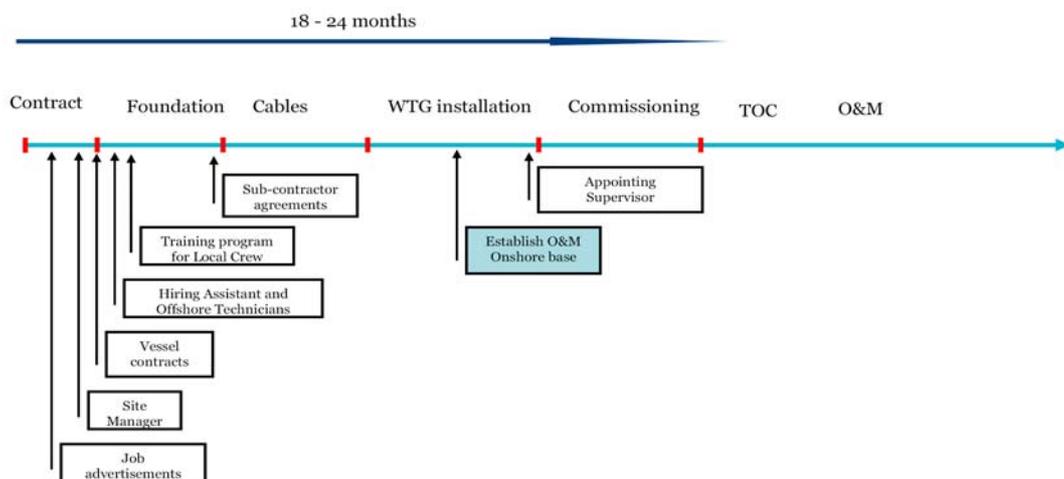


圖 23 離岸風力發電機安裝時程表

➤ 運轉及維修(Operations & Maintenance)

- 規劃維護時程- -人力和耗材
 - ✓ 依照查核點
 - ✓ V90 每年維護一次，V80 兩年維護一次
- 每日運轉活動
 - ✓ 逐日監控 24/7/365
 - ✓ 非計畫性維護- - 人力、備品/主要組件
 - ✓ 日/週/月的標準報告
- 預防性維護
 - ✓ 更換磨耗零件- - 人力和磨耗零件



圖 24 離岸風力發電機維修情形

➤ 運輸船隻

- 維護船每年 365 日待命
- 各種模式
- 船速 20 節
- 可搭載 20 員技術人員
- 可承受 1.5~2 公尺風浪

- 可運輸耗材和備品
- 協助和救援設備

IEC WT01 和 IEC 61400-22 型式驗證流程：

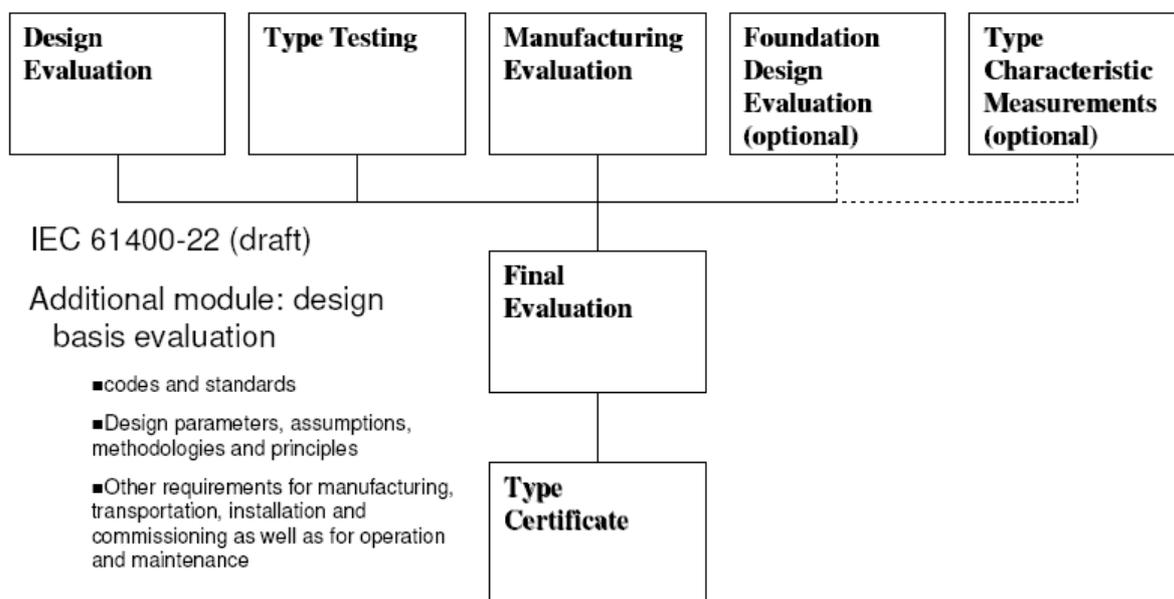


圖 25 IEC WT01 和 IEC 61400-22 型式驗證流程

1. 設計評估

- 設計管理(ISO 9001)
- 控制和保護系統(IEC 61400-1)
- 負載和負載案例(IEC 61400-1)
- 結構、機械和電力組件(IEC 61400-1、ISO 2394、ISO 6336、IEC 60204….)
- 個人安全(IEC 61400-1)
- 基本設計要求(IEC 61400-1….)

2. 型式試驗

- 安全和基本試驗(IEC WT01 附件 D)
- 負載測量(IEC TS61400-13)
- 電力效能測量(IEC 61400-12)
- 靜態葉片試驗(IEC 61400-23)



圖 26 葉片試驗情形

- 葉片疲勞試驗(IEC 61400-23)
 - 其他試驗
3. 製造評估
 - 品質系統評估(ISO 9001)
 - 樣品製程檢驗(IEC WT01)
 4. 基本設計審查(選項)
 - 以一或數個基礎進行設計評估(選項)
 5. 型式試驗特性量測 (選項)
 - 電力品質量測(IEC 61400-21)
 - 噪音量測(IEC 61400-11)
 6. 最終評估
 - 最終文件的完整性和一致性：
 - 設計評估文件
 - 型式試驗結果
 - 製程評估
 - 手冊檢視

7. 型式驗證

型式驗證作業程序圖：

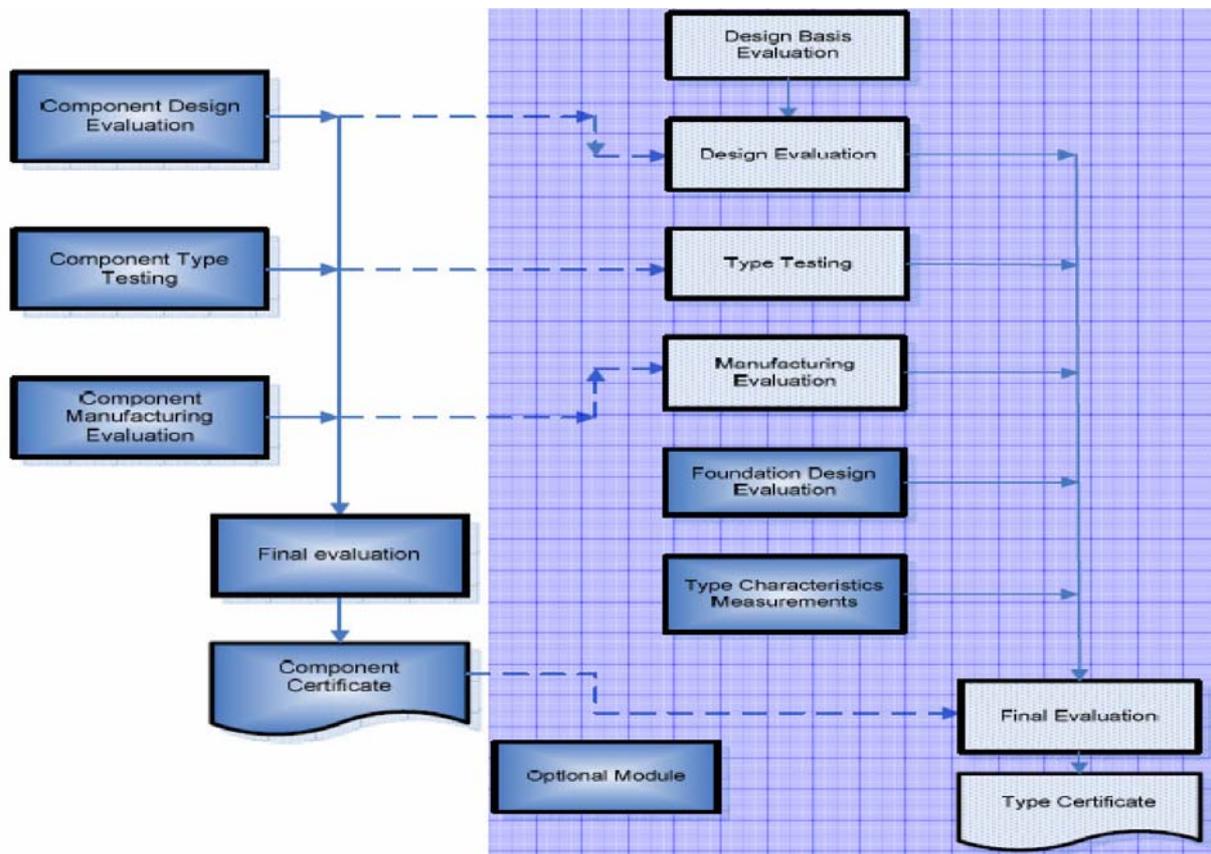


圖 27 型式驗證作業程序

■ 離岸風力發電機型式驗證：

➢ 與離岸風力發電機相關之 Standards & Guidelines

目前與離岸風力發電機相關之標準及準則如下：

- (1) IEC61400-3 : Wind Turbines Part3 - Design requirements for Offshore wind turbines。
- (2) DNV : DNV-OS-J101, Design of offshore wind turbine structures, October 2007.
- (3) GL : Guideline for the Certification of Offshore Wind Turbines, 2005 edition

離岸風力機的設計程序：

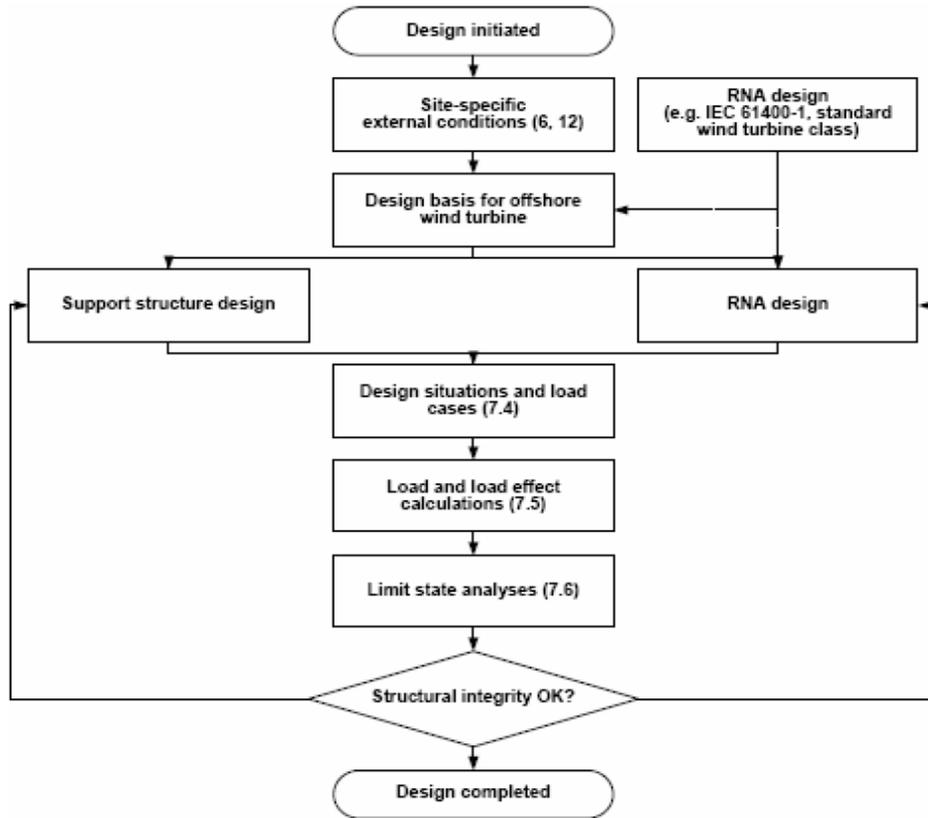


圖 28 離岸風力機的設計程序

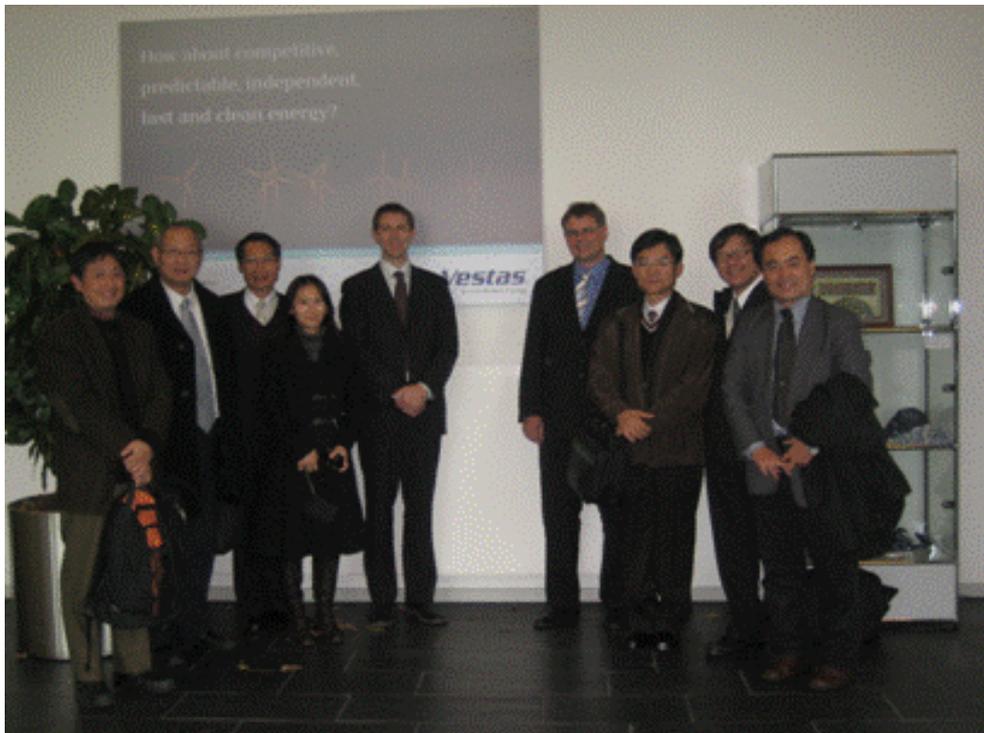


圖 29 訪團與 Vestas 專家合影

3.3 DNV 風力發電驗證部門

11 月 11 日上午，由台北駐丹麥代表處經濟組高組長振愷與吳秘書怡真陪同訪團拜訪 DNV，DNV 由風力發電驗證部門 Peter Hauge Madsen 博士接見。

DNV 的企業包括四個領域，分別為海事(maritime)、能源(energy)、資訊風險管理(IT risk management)及工業部門(industry)，其主要焦點如下圖所示：



DNV 的風能部門設在丹麥哥本哈根，有全職專業人員從事風能有關的專案，在全球的設有辦公室的國家或地區包含英國、德國、西班牙、美國、挪威、中國大陸、台灣、印度及日本，目前與丹麥的 Risø 永續能源國家實驗室和西班牙的 CENER 再生能源國家實驗室有技術合作關係。

DNV 在風能方面活動的歷史過程如下：

- 1986 年 DNV 開始其風能企業並與 Risø 合作
- 1990 年開始從事型式認可/驗證活動
- 1994 年從事型式驗證
- 1997 年 Risø 將型式驗證轉移給 DNV
- 2001 年開始離岸風力發電的專案驗證(包含於 1991&1995 年的首次離岸專案)

DNV 目前在驗證市場的境況：

- 在風力發電的專案驗證方面居於全球領先地位
- 在型式驗證方面也幾乎居於全球領導地位
- 於全球各地設有分支機構可以提相同的服務
- 於市場擴張之下，需有獨立的單位為所有的擁有者建立信任與信賴

- DNV 獲得客戶的信任與信賴
- 精心於標準於化—目前 DNV 有規則及標準，並參與國際標準工作(如 IEC)
- 客戶焦點—改善企業效能

DNV 各階段的專案驗證內容與流程如下：

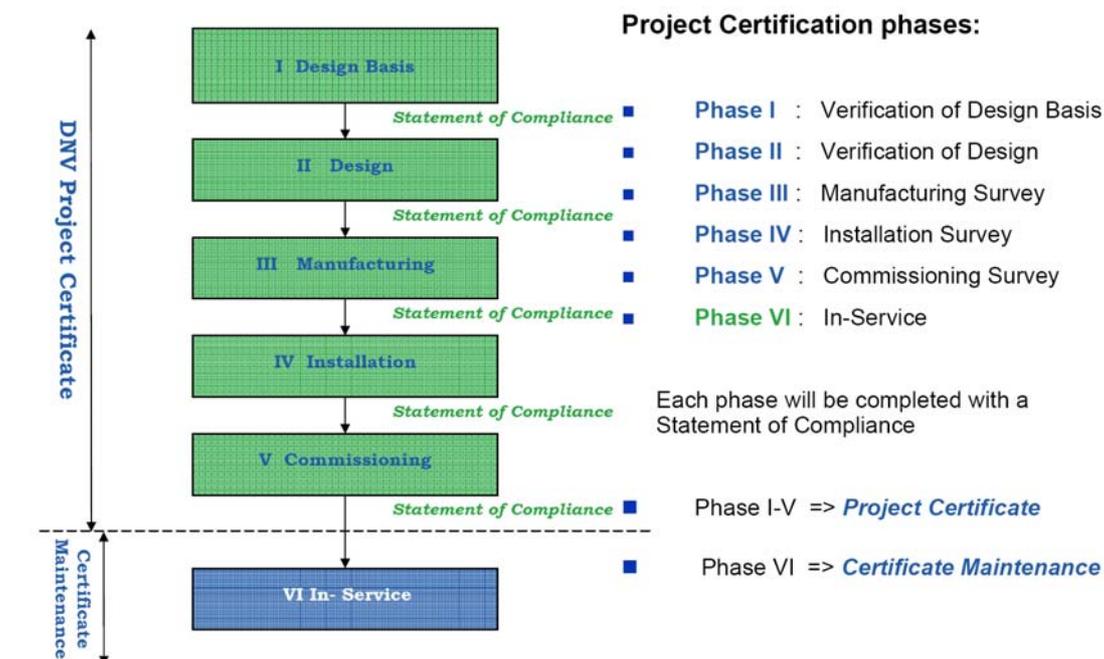


圖 30 DNV 各階段的專案驗證內容與流程

設計確證的基礎項目包括：

- 場址條件
 - 氣象學條件
 - 海洋學條件
 - 地質技術條件
- 法規、標準的要求
- 設計方法學
- 場址規定的風力機認可
- 電網併聯
- 安裝與委託
- 運轉與維護

設計確證內容包括：

- 整體結構的負仔和反應之確證
- 風力機確證

- 支撐結構的確證
- 變電站、電纜線及 J 形管的确證
- 安裝與委託
- 運轉與維護

製程檢驗項目：

- 風力機的製造檢驗
- 支撐結構與變電站檢驗
- 電力組件和系統檢驗

安裝檢驗項目：

- 海事確證
 - 安裝程序
 - 安裝檢驗
- 保證檢驗

委託檢驗項目：

- 程序的檢視/認可
- 系統檢查
- 設備檢查

服務項目：

- 年度陸上型風力機檢驗
 - 檢視維護、檢修計畫
 - 檢驗計畫
- 年度離岸型風力機檢驗
 - 風力機的所有維護組件
 - 水下結構和纜線
 - 變電站上端所有主要組件/系統

專案驗證的基礎：

- 依照 DNV 規則驗證
- 依照 IEC 驗證
- 依照國家認可架構驗證

DNV 全球風能已獲得 RvA 依照 IEC/ISO 17020 驗證以執行風場的專案驗證(驗證編號

I-193) 。此驗證包含各種架構的陸上和離岸風場驗證(IEC 架構、丹麥架構及 DNV 專案驗證架構)。



圖 31 DNV 的證書

專案驗證基礎：

- IEC 標準
- DNV-OS-J101 Design of Offshore Wind Turbine Structures 2004
- DNV Classification Note 30.4 Foundations 1992
- DNV Classification Notes 30.5 Environmental Loading 2000
- DNV OS-C401 Fabrication and Testing of Offshore Structures 2004
- DNV RP B401 Cathodic Protection Design 1993
- DNV Rules for Planning and Execution of Marine Operations 1996
- DNV-OS-C101 Design of Offshore Steel Structures General (LRFD Method)
Oct-00
- DNV-OS-C502 Design of Concrete Structures Oct-03
- DNV-RP-C203-2001 Fatigue Strength Analysis of Offshore Steel Structures
Oct-01

- 相當的標準

DNV 離岸法規含有三個層級的文件：

- 離岸服務規範：提供 DNV 分類、驗證、確證諮詢服務的原則和程序。
- 離岸標準：提供 DNV 離岸服務的技術條款和一班使用於離岸工業和技術基礎的接受標準。
- 建議業務：提供證明技術和高階離岸服務之規範標準之完整工程業務和指南

DNV 離岸標準 DNV-OS-J101 之生命週期研究內容包括：

- | | |
|--------|------|
| ■ 設計原理 | ■ 腐蝕 |
| ■ 安全等級 | ■ 製造 |
| ■ 場址條件 | ■ 運輸 |
| ■ 負載 | ■ 安裝 |
| ■ 結構設計 | ■ 維護 |
| ■ 文件 | ■ 除役 |

專案驗證的優點：

- 降低專案風險
- 改進專案的信任並增進投資和保險業者的利益
- 安全的品質、符合 DNV 設計規則、符合國家和國際要求
- 加入知識和價值貢獻於專案，設計和設計變更成本的最小化
- 對重要專案和中藥階段進行獨立品質查核
- 使用第三者的系統對技術本質做出解決和結論

第一版離岸風力發電機標準（DNV-OS-J101）於 2004 年發行，目前為 2007 年發行的第二版，型式認可流程架構如下：

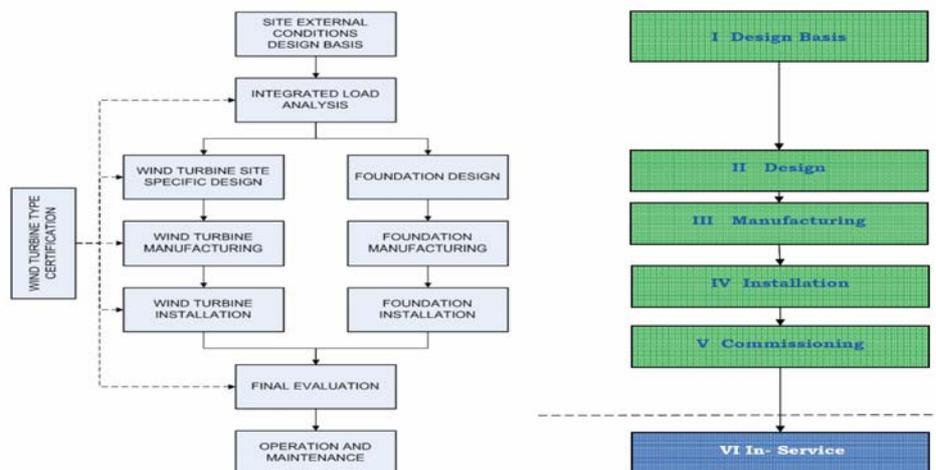


圖 32 型式認可流程架構

3.4 Risø 永續能源國家實驗室

11月11日下午，由台北駐丹麥代表處經濟組高組長振愷與吳秘書怡貞陪同訪團拜訪 Risø 永續能源國家實驗室，Risø 由風能部門資深顧問 Niels-Eric Clausen 博士 Jorgen K. Lemming 博士接見，其中 Lemming 博士曾任國際能源署(IEA)風力能源之主席。於 2007 年，Risø 國家實驗室結合其他四個研究機構而整合於丹麥技術大學(DTU)，成為 DTU 之下的單位。

風能部的研究領域包括：

- 大氣物理
- 空氣彈性設計，如氣動力學+結構設計
- 風力機、驗證及設計指南
- 風電計量與資源評估
- 12~36 小時之前的風場預測
- 電力設計和控制
- 大型風力機整合與孤島電網
- 風力機診斷和測試
- 葉片測試

WAsP—風圖分析和應用計畫，於 1987 年導入，目前使用 2008 年發行之地 9 版軟體，於 100 多個國家有超過 2400 張以上的使用授權，共計有 98 位取得認證，提供 60 個以上的課程。

空氣彈性研發計畫，包括：

- 動態風力機反應之空氣彈性模擬，使用的軟體有 HawC-2 及 Flex5
- 模型和穩定性分析，使用 HawCStab 軟體
- 轉子葉片和外形的最佳化設計

風力機紊流的負載，Sten Frandsen於2007年發表紊流與紊流產生對風力機群聚結構的負載(Turbulence and turbulence generated structural loading in wind turbine clusters)的論文，此結果於2005年出版之IEC 61400-1標準所採納，目前Frandsen博士離岸方面的研究專案包括HAVDIM、Bottleneck及UpWind。

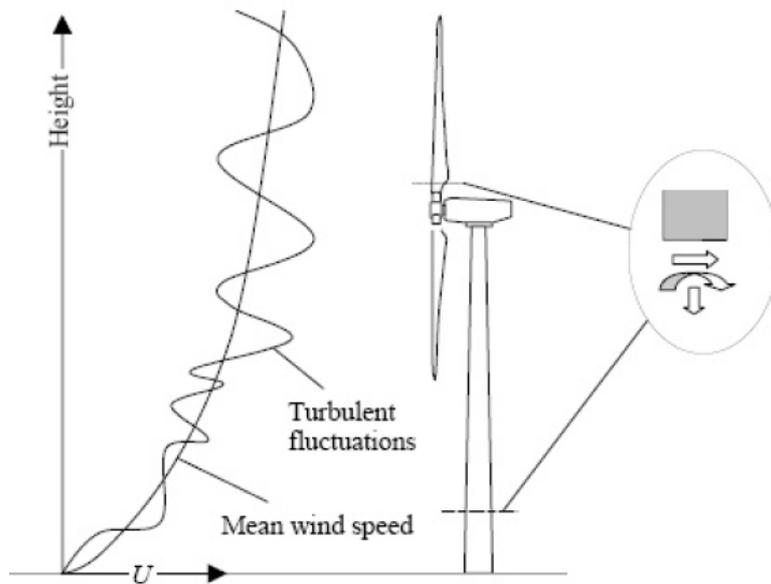


圖 33 Frandsen 博士風力機紊流的負載研究

Risø測量的離岸風場位置包括Læsø Syd、Middelgrunden、Omø Stålgrunde、Vindeby、Gedser Land、Rødsand、Horns Rev，相關位置如下圖：

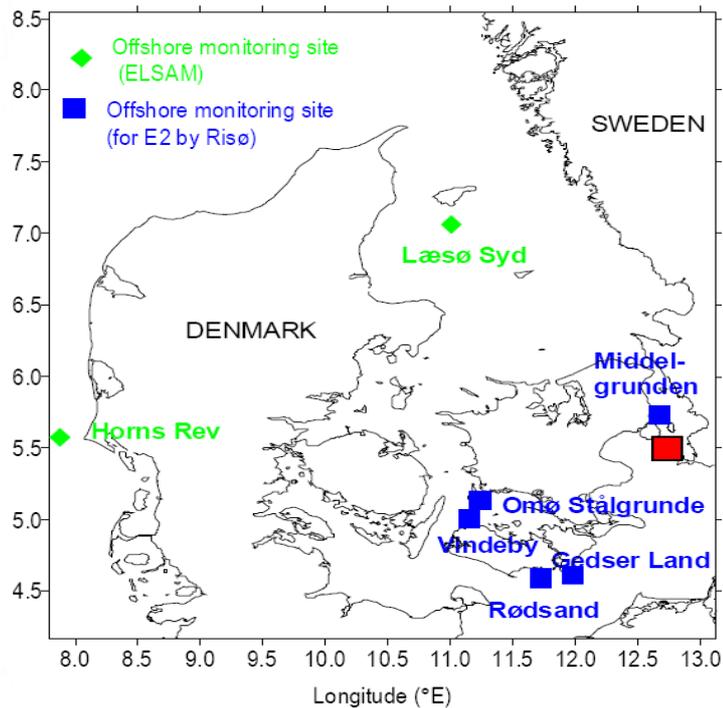


圖 34 Risø 測量的離岸風場位置

EC-ASEAN 風能專案，於菲律賓、越南和柬埔寨進行風能開發的可行性分析和容量建置，時間為 2005 年 2 月~2006 年 12 月，主要目的為透過可行性分析和容量建置來推動風能開發和促進風能專案投資於菲律賓、越南和柬埔寨三個國家。

對於離岸風電方面，Risø 提出了建議課程，內容如下：

表 2 離岸風電建議課程

主 題	內 容
回顧	離岸專案開發和實施概念—從選址至風場運作
風資源分析	介紹和討論各種離岸風資源分析方法，並結合中尺度模型、為尺度模型、衛星波背散射及風量測
離岸測量	由各種的離岸測量專案經驗做說明並討論，包含儀器備的使用
颱風和極限風	評估地區的極限風速(U50) 和颱風，有效資料取自台灣(若可行)
結構負載	介紹和討論離岸風力機建造之組合結構負載(風與浪)
風力機基礎	說明各種離岸風力機基礎設計、特性及應用
環境分析	離岸風場的環境衝擊和處理方法
電網併聯	介紹及討論離岸風場電網併聯的特殊要求，包含HVDC的選擇
風電廠運作	介紹和討論大型風場的特殊控制要求(風電廠供應系統時的控制)，包括線路故障的強化、完全和快速控制活線和反應電力、風電的預測值和容量值
離岸專案驗證	基於風場為符合保險或部份的國家認可架構的要求，投資者可能要求針對離岸風場進行專案驗證，此專案驗證除了製造查驗及海事確證，建議包含整合基座的特定場址設計確證及結構系統。從過去的驗證經驗，建議於設計階段準備開始時較有利。
小組案例研究	台灣案例研究小組：對於台灣離岸風電相關小組主題進行討論並做成建議書（建議於課程之前進行）
風電廠運作和維護	從丹麥離案專案相關計畫導入及討論離岸風電廠的運作和維護
現址參訪	參訪丹麥離岸風場
經費預算	預算為每人EURO 3500（含現址參訪費），人數最少6人，最多20人

發展中的現代風力機外形，除了傳統的水平軸式之外，垂直軸風力機亦問世。塔架則有一般常見的鋼圈焊接之外，鋼架結構的也出現了，如下照片所示：



圖 35 鋼架結構的風力機

丹麥目前開發中的小型風力機外形如下：



圖 36 開發中的小型風力機

Risø 驗證之離岸專案之現場風力機裝置現況、地點及離岸距離，最遠為 2002 年驗證之 Horns Rev 離岸 14~20 公里，共計裝設 2M 風力機 80 支。



圖 37 Risø 驗證之離岸專案之風力機概況

風力機設計、製造及安裝的丹麥技術驗證架構：

- 系統認可自 1980~1991 年開始
- 新型式認可架構自 1991 年開始
 - 型式認可之風力機轉子直徑大於 2 公尺
 - 品質保證
 - 風力機建造的負載和安全以丹麥標準為基礎
- 自 2004 年之後，新型式驗證架構基礎為 IEC WT01 和國際標準 IEC 61400 系列
- 2007 年公佈直徑大於 5m² 小型風力機的簡易驗證規則
- 丹麥風力機驗證架構的內容包含：
 - 依 IEC WT01 規範和 IEC 61400-1 及 IEC 61400-2 建立驗證架構
 - 驗證架構包含的元件有：型式驗證、專案驗證及先導型驗證
 - 驗證架構包含現有風力機的主要修改和重新配置
 - 驗證架構包含強制性的運轉和維護
 - 驗證架構的設置來自於丹麥能源署之政府命令

風力機型式認可的流程架構：

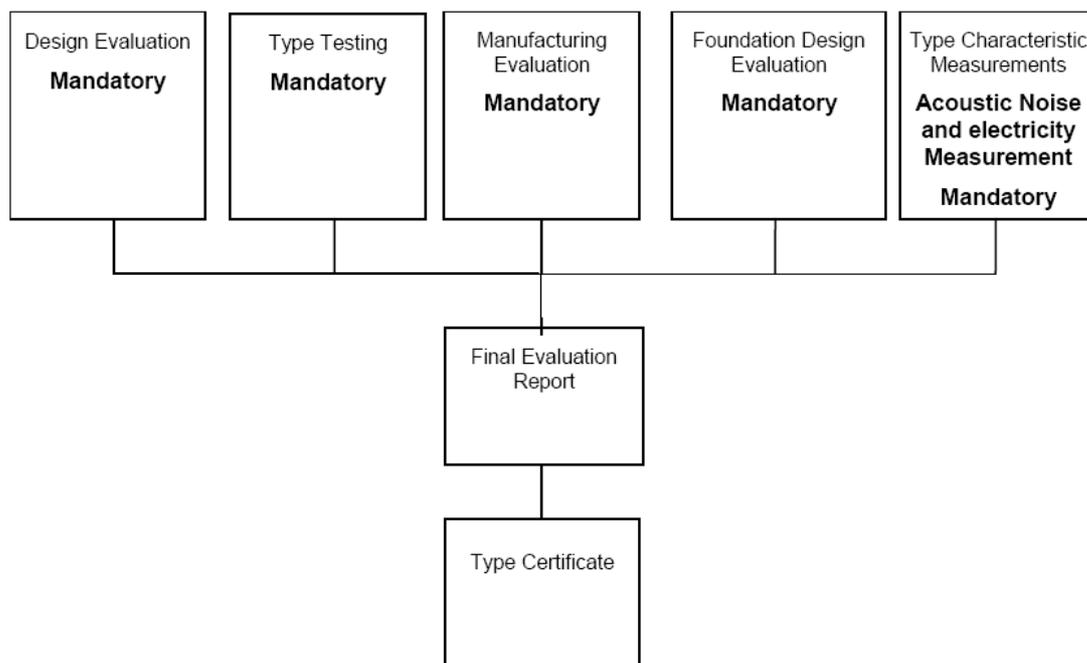


圖 38 風力機型式認可的流程架構

風力機專案驗證流程架構如下：

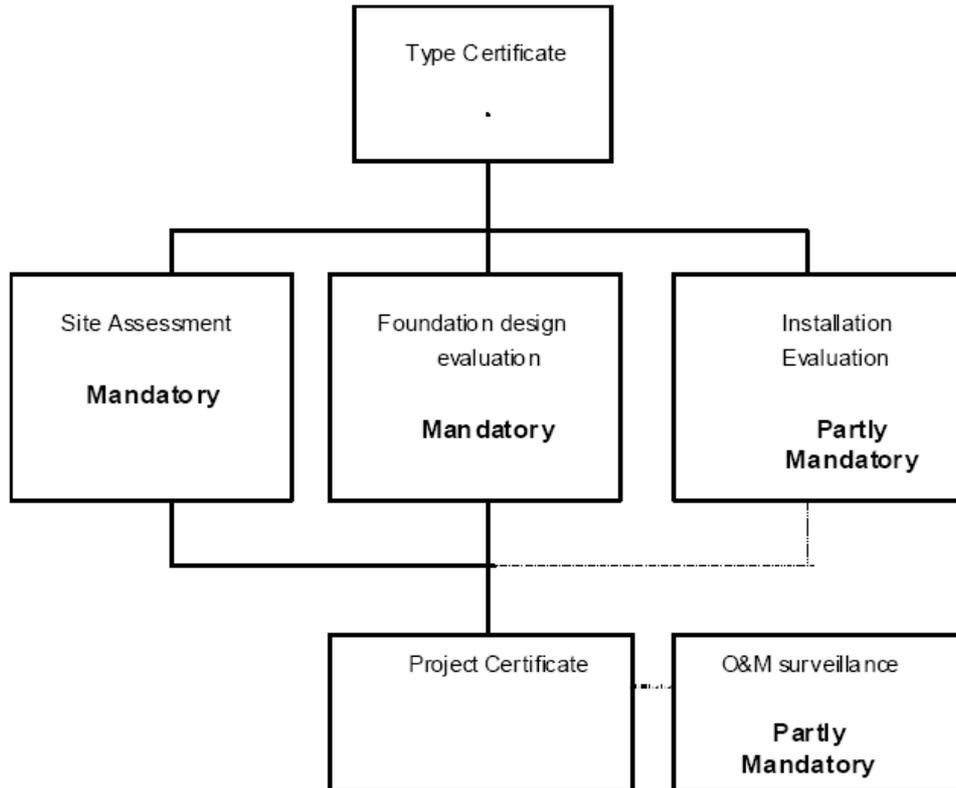


圖 39 風力機專案驗證流程架構

新的維護和檢修架構：

- 2008 年 7 月 1 日之後，所有的丹麥風力機都必須由依照製造廠商設定規範通過驗證公司進行檢修，除了小型風力機之外。
- 業者必須於每次規定檢修完成之後向 Energinet.dk 報告，同時也報告下次檢修時間。
- 現場查核將會進行

驗證公司的標準：

- 驗證單位必須由為國際所接受之認證單位所認證(EA 的多邊協定)
- 認證文件必須說明涵蓋於丹麥架構之內
- 陸上風力專案可以由非認證的驗證單位來驗證(必須由 DEA 認可)
- 所有的驗證單位必須向丹麥風力機驗證機構註冊並每年提出報告
- 有嚴重的安全方面相關缺失或未通過評定條件時，認證單位會要求撤銷現有的型式證書

丹麥風力機認證架構的管理和管制：

- 認證架構的管理和維護由設在 Risø DTU 之丹麥風力機認證架構秘書處負責
- 丹麥能源署會聘請諮詢委員會
- 認證費用由製造商或業者支付，管理費由丹麥能源署支付
- 所有證書副本由驗證單位依照認證單位的要求來發行
- 更多資訊可參考網站 www.wt-certification.dk 獲得

風力機目前在丹麥的認證活動之實施地點如下：

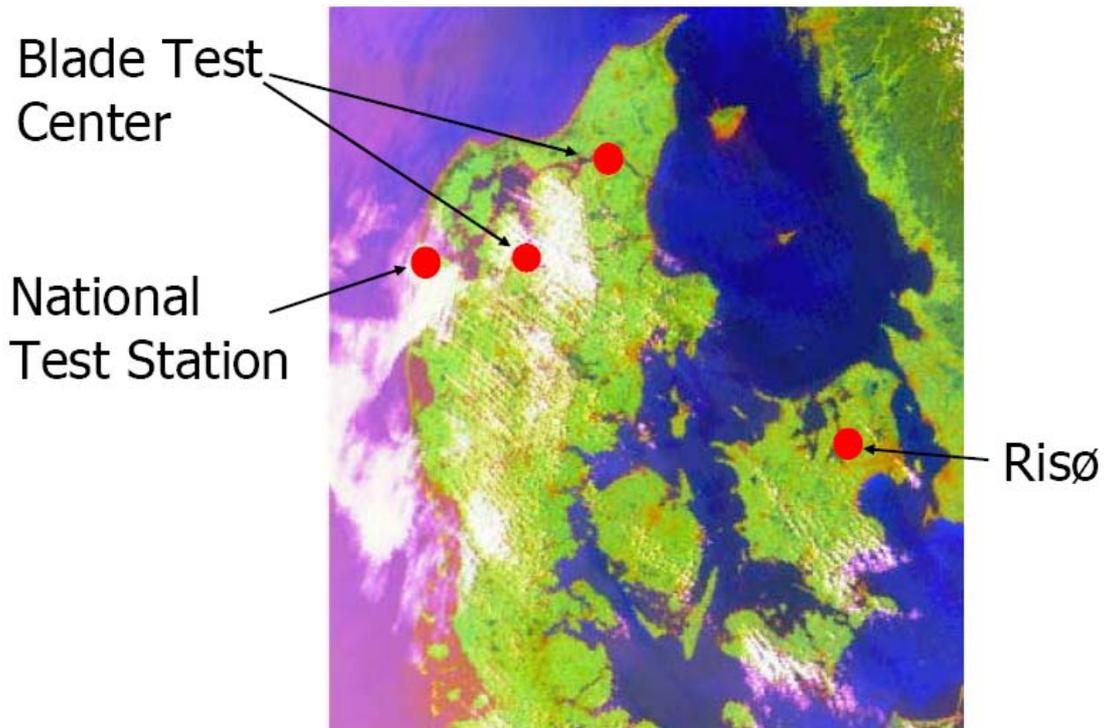


圖 40 風力機目前在丹麥的認證活動之實施地點

Risø 舊的風力機測試場和葉片測試中心現況：



圖 41 Risø 舊的風力機測試場和葉片測試中心現況

葉片疲勞試驗的量測項目包括：

- 加速度
- 負載
- 應力
- 溫度
- 偏角

Risø 新設 8 個大型風力機陸設測試場，其相關位置如下圖：

1. 2 sites on West Lolland (Kappel I og Kappel II)
2. 1 near Asnæs Power Station (Kalundborg)
3. 1 near Esbjerg Havn
4. 1 in Nissum Bredning (near 'Cheminova')
5. 1 north of Limfjorden ved 'Nordjyllandsværket'
6. 1 east of Hirtshals Harbor
7. 1 in the sea outside Frederikshavn Harbor.

Will allow turbines up 200 meter's hight



圖 42 Risø 新設 8 個大型風力機陸設測試場位置圖



圖 43 訪團與 Clausen 博士攝於 Risø 國家實驗室

3.5 Gamesa 風力機製造商

訪團於 97 年 11 月 13 日拜訪西班牙風力機製造商 Gamesa，Gamesa 由確證技術經理 Jacinto Osma Peso 先生與確證技術 Igor Carrillo Martinez 先生於該公司 Navarra 總部接見。為表示其對於環境保護的行動，將公司識別標誌重新設計如下：



圖 44 Gamesa 風力機製造商標誌

Gamesa 企業的任務為風場的開發、建造及銷售，作為工業群處理技術和創新的程序，Gamesa 致力於開發永續能源技術，焦點為風力發電。除風力機產業之外，於 1995 年也從事風場開發業，風場開發銷售部門承辦所有相關於由風場發電之專案開發所有的工作。第一個開發專案始於 1996 年位於西班牙之 Aragon 風場專案(La Plana III wind farm)、之後 1997 年於 Galicia 風場專案(Coriscada wind farm)，其他還有 Autonomous Communities、Castilla y León, Castilla-La Mancha 及 Andalucia.等地區的風場專案。1999 年，有了西班牙之外的第一個風電安裝專案，2000 年之後更加強葡萄牙、義大利、法國、希臘、德國、美國即中國大陸的專案開發。目前風場開發和銷售部門在歐洲（葡萄牙、義大利、法國、希臘、德國、英國、波蘭、羅馬尼亞、保加利亞）、墨西哥、烏拉圭、巴西、多明尼加、美國及亞太地區已經有 21,000MW 的實績。

Gamesa 參加西班牙和歐洲的工作小組，目標為建立研發工作的優先排序，2003 年 Gamesa 以國家研發規劃 2004~2007 之國家能源計畫專家代表出席委員會，2006 年成為風電網路技術和科學指導委員會(Red Científico Tecnológica Eólica, REOLTEC)的會員，其對於未來國家研發規劃 2008~20011 提出建議方針，同時也參與各種的 CEOE(西班牙企業聯合會) 關於創新的工作小組，於第六次歐盟組織研發計畫所包含之風電整合專案，Gamesa 為西班牙唯一執行理事會代表，而且工作團隊也為歐洲風電技術平台

(TPWind)籌備 SRA (策略研究議程)。

於 2006 年，為連續的第二年，Gamesa 風力發電透過技術策略反映關注焦點的內部程序，以自有被稱為 GAWETS(Gamesa Wind Energy Technological Strategy)的方法為基礎，其使能檢視和確認關鍵技術以集中技術發展並視後續更進一步的發展使技術可用於現有產品獲新產品。

關於研發功能的策略和優先方針的觀點：

- 為了促進公司的成長，建立新的生產線、鞏固新的主流部門及降低能源成本
- 為了強化僱用的投資報酬率，生產線作好排程並標準化
- 為了強化財務，透過 Gamesa 技術中心網路做最好的研究協助

Gamesa 為世界主要風力機製造商之一，在西班牙的風力機製造業、銷售及安裝業中居於首位，2007 年全球風力機供應排名第三，安裝容量超過 13,000MW，市場占有率超過 15.4%。對於風力機有其自身擁有的強力設計與技術開發能力，以及最大的完整生產能力，包括葉片製造、轉子連接器、葉片模組、齒輪箱、發電機、變流器及塔架，除此之外還有風力機的組裝，共計有 32 個組裝廠。

Gamesa 提供兩個產品範圍的生產平台，分別是額定電力為 850kW 和 2.0MW，各額定容量有不同的系列產品，在風場中的各型風力機當中，Gamesa 產品有強度好、適應性佳、優良的可靠度及效能最大化等特徵。

目前 Gamesa 生產的風力機共有 G52-850kW、G58-850kW、G80-2.0Mw、G87-2.MW 及 G90-2.0MW，其中 G 後面的數字代表轉子直徑。已供應風力機給德國、阿根廷、中國大陸、韓國、古巴、埃及、厄瓜多爾、西班牙、法國、希臘、匈牙利、義大利、愛爾蘭、印度、日本、摩洛哥、墨西哥、波蘭、葡萄牙、台灣、突尼西亞、英國、美國及越南等國家或地區，為擴展市場網路而在德國、義大利、中國大陸、丹麥、美國、法國、希臘、葡萄牙英國及波蘭設有行銷辦公室，另外在墨西哥、埃及、摩洛哥及突尼西亞設有辦公室。

G90-2.0MW 風力機的電力曲線依 DU(Delft 大學)和 FFAW3 機翼計算，電網頻率 50Hz，調節頂角 pitch，10%的紊流密度，轉子的可變速範圍為 9.0~19.0 公尺，切入風速為每秒 3 公尺，切出風速為每秒 21 公尺。Gamesa G90-2.0MW 風力機組件圖如下：

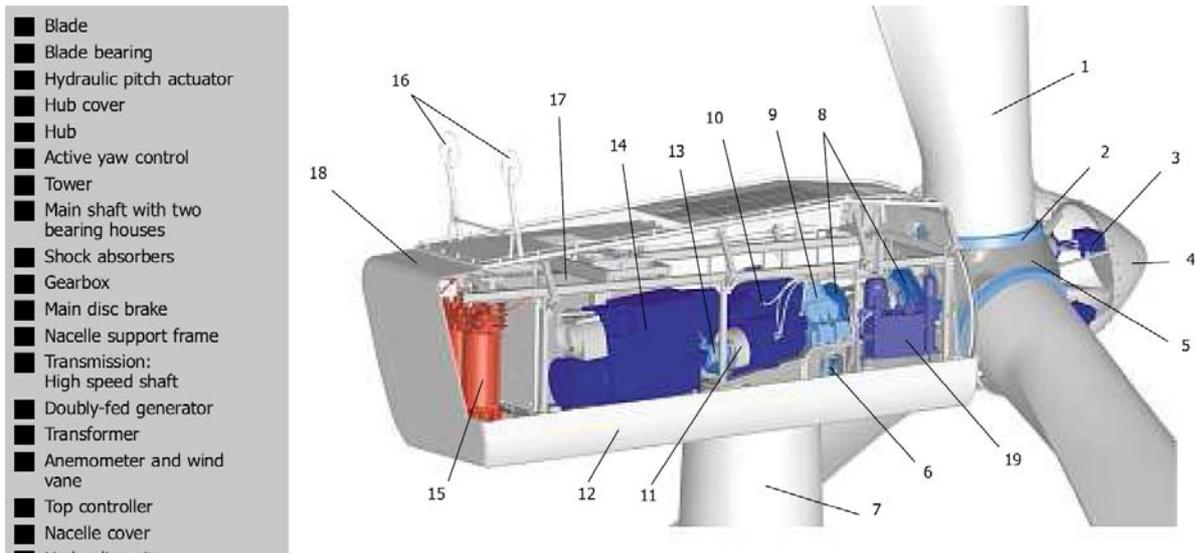
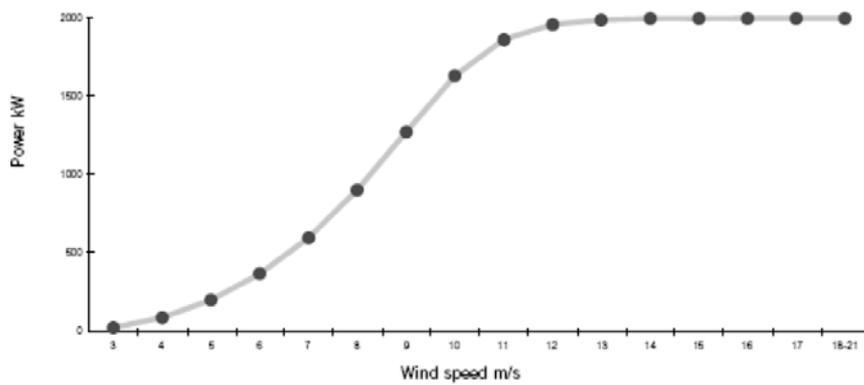


圖 45 Gamesa G90-2.0MW 風力機組件圖



POWER CURVE	
Speed (m/s)	Power (kW)
3	21.3
4	84.9
5	197.3
6	363.8
7	594.9
8	900.8
9	1274.4
10	1633.0
11	1863.0
12	1960.4
13	1990.4
14	1997.9
15	1999.6
16	1999.9
17	2000.0
18-21	2000.0

圖 46 G90-2.0MW 風力機的電力曲線

G90-2.0MW 風力機的規範：

轉子--Diameter	90 m
Swept area	6,362 m ²
Rotational speed	9.0 - 19.0 rpm
Rotational direction	Clock Wise (front view)
Weight (incl. Hub)	Approx. 36 T
Top head mass	Approx. 106 T
葉片--Number of blades	3
Length	44 m
Airfoils	DU (Delft University) + FFA-W3

Material	Preimpregnated epoxy glass fiber + carbon fiber	
Total blade weight	5,800 kg	
塔架--Modular type	Height	Weight
	3 sections	67 m* 153 T
	4 sections	78m 203 T
	5 sections	100 m 255 T
齒輪箱--Type	1 planetary stage / 2 parallel stages	
Ratio	1:100.5 (50 Hz) 1:120.5 (60 Hz)	
Cooling	Oil pump with oil cooler	
Oil heater	2.2 kW	
發電機—Type	Doubly-fed machine	
Rated power	2.0 MW	
Voltage	690 V ac	
Frequency	50 Hz / 60 Hz	
Protecction class	IP 54	
Number of poles	4	
Rotational speed	900:1,900 rpm (rated 1,680 rpm) (50 Hz) 1,080:2,280 rpm (rated 2,016 rpm) (60 Hz)	
Rated Stator Current	1,500 A @ 690 V	
Power factor (standard)	0.98 CAP - 0.96 IND at partial loads and 1 at nominal power.*	
Power factor (optional)	0.95 CAP - 0.95 IND throughout the power range.	

3.6 CENER 再生能源國家實驗室

CENER(The National Renewable Energy Centre)係由 CIEMAT(the Ministry of Education and Science and the Research Centre for Energy, Environment and Technology)、the Government of Navarra、the Ministry of Industry, Tourism and Trade 等單位出資，於 2001 年成立，其願景在於成為再生能源領域與國際專案之最佳研究中心，任務則為在再生能源領域產生之事並轉移至工業界，以推動再生能源的開發和應用。2008 年的預算為 23M 歐元，其中自籌財源約佔 60%，2001~2008 年的總投資額達到 90 M 歐元。總部設在 Sarriguren，風力基測試實驗室設在 Sanguesa，第二代的生質燃料工廠將設在 Aoiz，另外在馬德里和 Sevilla 設有辦公室。

本訪團為第一個至 CENER 訪問的官方單位，由策略發展與企業總經理 Jeronimo Camacho Perea 先生、聯絡和對外關係主管兼總經理特助 Julia Elizalde Urmeneta 小姐、策略發展與企業經理 Maurizio Colombo 先生、太陽光能產品經理 Eduardo Aznar Zozayo 先生接見。

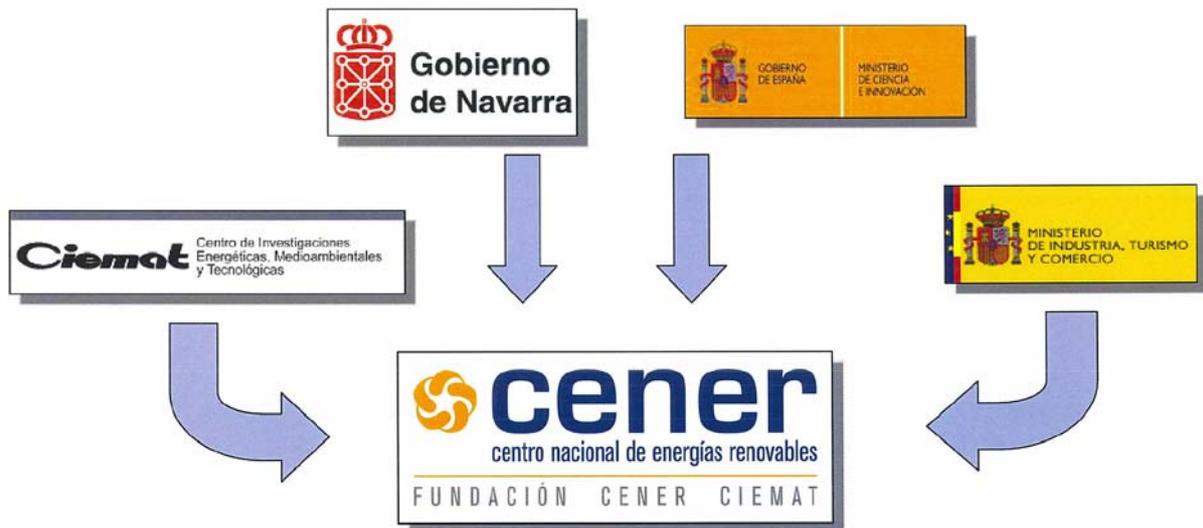


圖 47 CENER 的出資單位

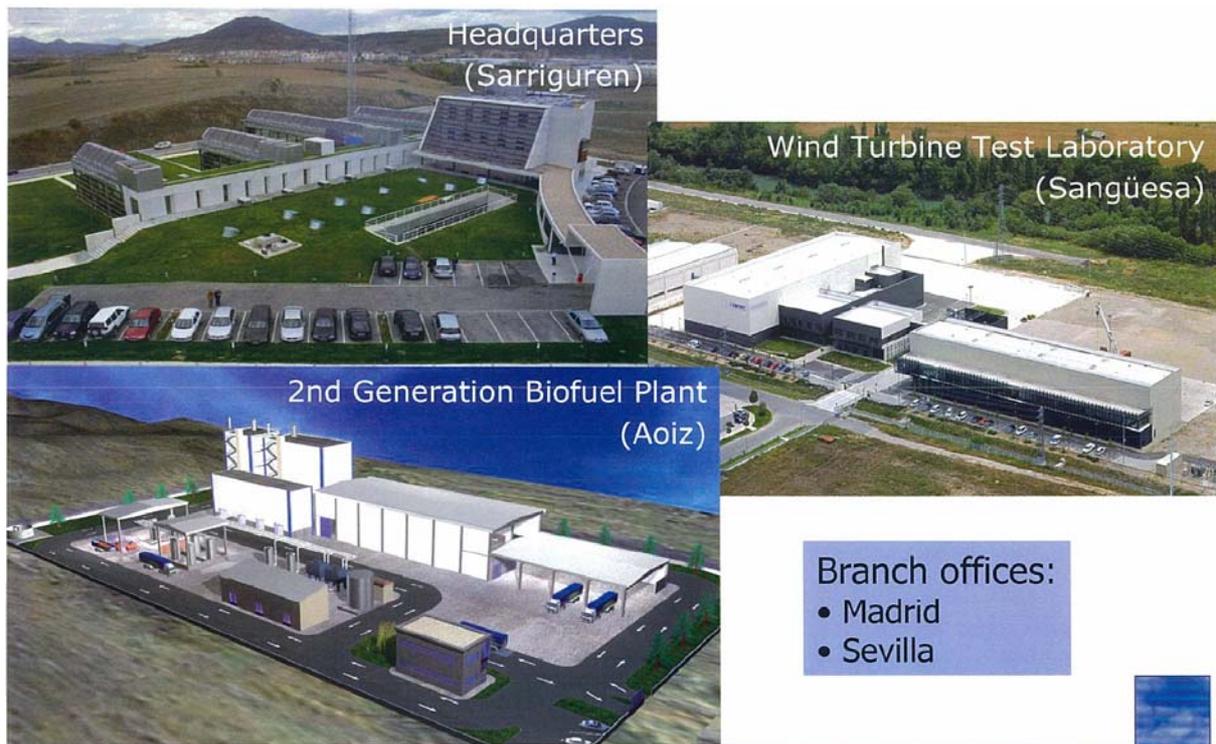


圖 48 CENER 總部(左上)、風力機測試實驗室(右)及即將建造的 2 代生質燃料工廠(左下)

CENER 的活動和研究領域如下：

- 活動—應用研究、技術轉移……等等
 - 評估、授權及認證的服務
- 研究領域—風能
 - 生質能
 - 太陽光電
 - 太陽熱能
 - 電網整合
 - 生態建築

風能活動和服務：

- 風資源的評估和預測
 - 風圖
 - 風力研究
 - 即時能源產出預測
- 風力機的分析和設計
 - 新葉片技術

- 風力機的設計工具
- 海上風電廠
 - 風資源評估
 - 風力機於海上應用的設計
- 風力機測試實驗室
 - 葉片測試實驗室
 - 電力鏈測試實驗室
 - 實驗風場



圖 49 葉片測試實驗室

風力機測試實驗室的室驗能力：葉片實驗室的葉片檢測長度最長可達 70 公尺，電力鏈測試實驗室發電機的室驗容量達 5MW，實驗風場可同時測試 6 座風力機，另外有複合材料實驗室並將興建風洞實驗室。



圖 50 電力鏈測試實驗室

生質能源的活動：

- 資源建立--農業和森林生質能源前力分析
 - 生質能源供應的可行性和邏輯分析
- 生質酒精—特性試驗、前處理和發酵實驗室
 - 開發木質纖維素生質發酵程序已獲得酒精
- 生質柴油—生產技術的技術支援
 - 替代性原材料
- 生質能汽化—乾淨的氣體
- 生命週期分析—能源與溫室氣體的平衡

第二代生產生質燃料的工廠，將投資超過 33M 歐元，其建築輪廓圖如下：



圖 51 第二代生產生質燃料的工廠

太陽光伏能的活動和服務：

- 光伏模組測試實驗室
 - 由 ENAC 授權並獲得 IECEE 認可為 CBTL
 - 依照 IEC 規範實施檢測
- 光伏設備安裝的診斷、分析和設計
 - 對於光伏電廠專案的太陽資源和明確發電量產出的評估
 - 光伏設備安裝設計
 - 正確迅速的完成光伏設備安裝
- 光伏電池
 - 設有光伏電池和材料特性實驗室
 - 光伏電池製程實驗室
 - 生產諮商活動

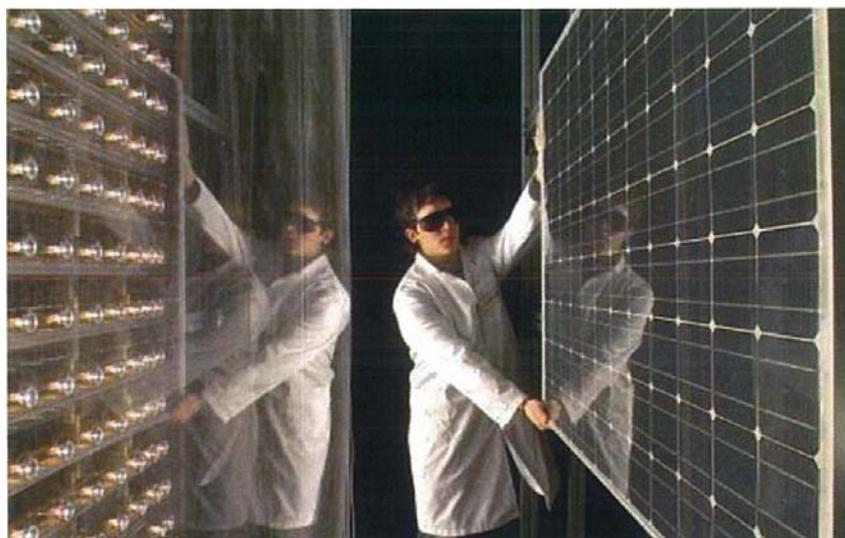


圖 52 太陽光電模擬器實驗室

太陽熱能的活動和服務：

- 模組化、模擬和設計低、中、高溫太陽熱能設備安裝，包括太陽熱電站
- 太陽熱電站的經濟和可行性分析—資源評估
- 太陽熱能收集器認證實驗室—熱效率試驗
 - 持久性和可靠度試驗



圖 53 太陽熱能模擬器實驗室

再生能源電網整合活動：

- 電網和高電壓領域—風能整合於電網的改善
 - 風力機/風場電壓缺陷的模型和室驗
 - 分佈式發電和微型電網
 - 雷擊保護
- 能源累積領域—使用氫氣做為能源儲存以增加再生能源網路整合
 - 氫氣於一般住宅應用之整合與使用

綠建築：

- 建築的能源評估—開發被動式生態系統
 - 建造時的節能和效率策略之設計
- 整合再生能源於建造和都市環境
- 氣候控制系統—於單一大樓內設計、評估和執行高效率氣候控制系統
- 大樓環境品質的 CENER 標章—分析能源效率、大樓的生命周期及其他永續指標



圖 54CENER 綠建築標章



圖 55 獲獎的綠建築

3.7 GL (Germanischer Lloyd) 風力發電驗證部門

GL (Germanischer Lloyd) 總部位於漢堡，目前 GL (Germanischer Lloyd) 所從事的工業服務有石油和天然氣探採、再生能源（風力發電）、新/混合工業及檢測，並訂定作業所需之相關規則和指南。此次拜會由風力發電機驗證部門負責人 Mr. Christian Nath 出面接待，Mr. Christian Nath 針對型式和專案驗證做詳盡介紹。風力發電方面，在德國漢堡、印度孟買、中國大陸上海設有 GL (Germanischer Lloyd) 再生能源部門，加拿大 Montréal 與 Helimix 合夥並在美國新柏林與 Helimix 合夥成立再生能源部門，另外在 Kaiser-Wilhelm-Koog 及 Ibérica 設有風力發電機測試場。

GL (Germanischer Lloyd) 從 1977 年開始進行風力發電機相關驗證工作，1980 年著手進行小風力發電機驗證工作，1984 年在 Kaiser-Wilhelm-Koog 的 Pellworm 設立試驗場，1986 年完成第一部工作指南，1994 年開始進行離岸風能研究，迄今已完成多起離岸風力發電機相關驗證工作，2007 年與美國 Helimix 合夥。

GL (Germanischer Lloyd) 的風能部門從事相關的認證、測試及提供專家諮詢服務，在德國漢堡為認證單位並且設有諮詢和工程單位，於德國和西班牙擁有 WindTest 設施，提供的關鍵服務內容包括：

- 型式驗證（陸上型和離岸型）
- 專案驗證（陸上型和離岸型）
- 測量
- 諮詢和工程
- 具備工作指南、研究、研討會及專題討論

GL (Germanischer Lloyd) 再生能源依照 EN 45011 (ISO/IEC Guide 65) 通過 DAP 的認證而成爲驗證單位，其通過的認證項目包含：

- 風力機
- 風力機的零組件
- 風場專案
- 海洋能轉換器
- 相關技術

GL (Germanischer Lloyd) 對於風力發電機的形式認可依據包括德國的法規、丹麥 Energistyrelsen 的規定，且爲德國在 IEC、CENELC 及 DKE 風能標準化的發言代表。因其具有高資質的工程師、十年的風能經驗、不斷的技術改進、電腦化和分析工具的更新、認可的風力發電機容量自 0.5kW~6MW，因此在驗證市場有競爭力。

目前 GL (Germanischer Lloyd) 所進行相關風力發電機驗證研究工作，其計畫代號包括：FINO I / FINO III / Offshore Testfield “Alpha Ventus” / UPWIND / DOWNWIND / PROTEST...等。

依據 ISO/IEC 17000 對於驗認所下的定義：

- 驗證- -由第三者單位證明相關產品、程序、系統或人員。
- 證明- -發佈的聲明係依照檢視後的結果所下的決定，證明其完全符合規範的要求。
- 檢視- -確證適當性、滿足性及有效性...等。

GL 關於型式和專案驗證之流程如下圖所示：

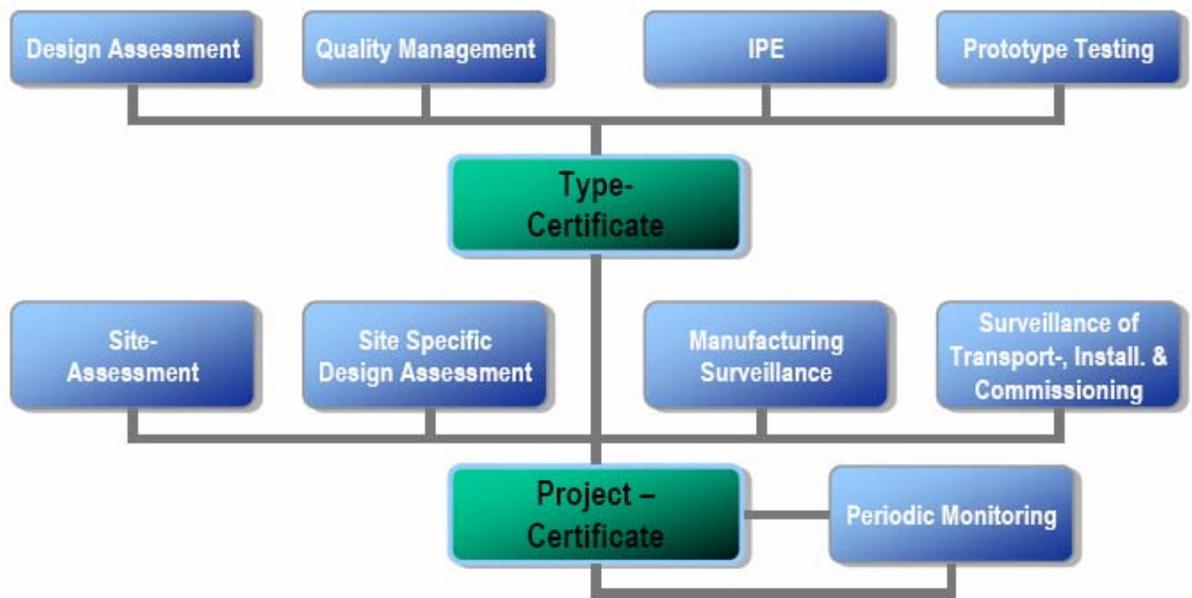


圖 56 型式和專案驗證之流程

所謂設計分析 (Design Assessment) / 設計評估 (Design Evaluation) 項目內容包括：

- 負載假設(Load Assumptions)
- 安全系統(Safety System)
- 轉子葉片(Rotor Blades)
- 機械組件(Machinery Components)
- 塔架和基座(Tower and Foundation)
- 電力系統安裝(Electrical Installations)
- 鼻罩和機艙蓋(Hub and Nacelle Cover)
- 委託見證(Commissioning Witnessing)等。

開發配合的分析 (Development Accompanying Assessment, DAA) 方法，其目標為超越驗證的附加利益、強化互動關係、將開發和分析整合起來及直接驗證，其應用領域包括開發執行支援、快速完成設計分析、加速開發、規劃追蹤、新的確證程序、修正管理模式及支援文件發佈，串聯式和並聯式 DAA 的比較如下：

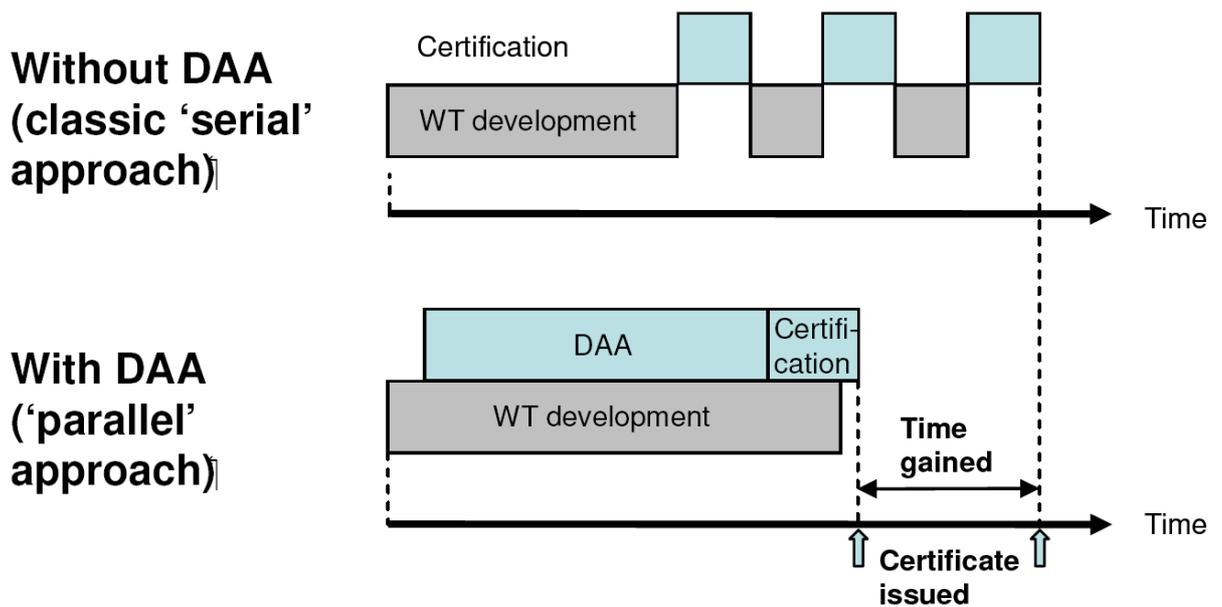


圖 57 串聯式和並聯式 DAA 的比較

品質管理(Quality Management, QM)則包含 ISO 9001:2000 關於設技和製造的要求及品質管理系統的認證等兩大部份。

IPE /製程評估，則包含：

- 規範、藍圖、樣品文件的分析
- 定義重要的製程
- 生產和組裝的一次檢驗

至於原型機 (Proto-Type) 測試，其項目包括：

- 電力曲線
- 釋出的噪音
- 電力特性
- 負載和應力的量測
- 齒輪箱測試
- 風力發電機性質測試
- 委託見證試驗

專案驗證的場址分析的項目：

- 風和波浪條件
- 電力條件
- 土壤地質條件
- 其他環境條件

專案驗證的特定場址分析的項目：

- 風場條件和風力機的等級是否搭配
- 負載
- 轉子葉片
- 機械組件
- 電力系統安裝
- 支撐架構
- 附加設備

製造監視的項目：

- 確認製造及組裝時的重要步驟
- 檢視品質管理文件
- 材料、元件及製程的抽樣監視

運輸、安裝及委託案件的監視項目，則有以下各項：

- 現地運輸和安裝的監控
- 損壞組件的查核
- 工作規劃的檢查
- 預製構件的次裝配檢查
- 完全的委託見證

週期性的監測工作內容，包括：

- 週期性的監測風力機以維護證書的有效性
- 由技術專家目視檢查整台風力機
- 每四年為一期

3.8 TÜV NORD 風力發電驗證部門

此次拜訪位於德國杜賽爾多夫的 TÜV NORD 公司，係由該公司風力發電機驗證負責人 Werner Petruschke 出面接待，Werner Petruschke 針對該公司在風力發電機驗證的相關情形做了相當詳盡的說明，概述如下：

經驗與能力

該公司自 1994 年即取得風力發電機及其相關元件之驗證認可，並獲得德國政府授

權從事風力發電機型式認可相關事宜。其內容包括有：

- 型式認可、型式驗證及專案驗證
- CE 標示
- 特殊要求的驗證（如有限元素法的分析、負載推估、斷裂分析等）
- 特定場址評估
- 風險分析
- 風力發電機檢測



圖 58 DAR 認可證書

負載推斷的方式 (Load extrapolation)

有關負載的推斷主要是依據 IEC 61400-1:2005 (Ed.3) 相關要求，藉由負載的計算、極值的分析進而推算出極限負載。

場址評估 (site assessment)

一個場址在評估時必須考量重點如下

- 風場擾流報告
- 3-D 流體行為電腦模擬
- 陰影投射分析

風險分析（針對如離岸風力發電機專案,葉片失效等問題）

第三者場址檢測的主要內容如下

- 地基及混凝土的強化
- 塔架結構（包括熔接、混凝土的鑄造、外部被覆）
- 旋轉葉片的查驗
- 週期檢測
- 損壞分析



圖 59 基座的強化



圖 60 1.5MW 風力發電機葉片內部檢測

■ 驗證程序

有關驗證程序部分，包括法令規定、所依據之驗證規範與標準及相關文件要求如下：

風力發電機之驗證及型式認可，需符合德國建築法令規定。

風力發電機驗證規範如下：

- DIBt Guideline
- NVN 11400-0/A1(2005) / IEC WT01
- Danish Energy authority's Executive order 1018 (2007)
- TAPS 2000
- IEC WT01 (2001)
- GL-Guideline 2003/2004

風力發電機驗證所引用國際標準如下：

- IEC 61400-1 Edition 2.0/3.0 (1999 / 2005), Part 1: Design requirements
- IEC 61400-2 Edition 2.0 (2006-03), Part 2: Design requirements for small wind turbines
- ISO 81400-4:2005, Wind turbines, Part 4: Design and specification of gearboxes
- IEC 61400-11 Consolidated Edition 2.1 (incl. am1) (2006-11) Part 11: Acoustic noise measurement techniques
- IEC 61400-12-1 Edition 1.0 (2005-12) Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines
- IEC/TS 61400-13 Edition 1.0 (2001-06) Part 13: Measurement of mechanical loads
- IEC/TS 61400-14 Edition 1.0 (2005-03) Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values
- IEC 61400-21 Edition 1.0 (2001-12), Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
- IEC/TS 61400-23 Edition 1.0 (2001-04) Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades
- IEC/TR 61400-24 Edition 1.0 (2002-07) Part 24: Lightning protection
- IEC 61400-25-1 Edition 1.0 (2006-12) Part 25-1: Communications for monitoring and control of wind power plants Overall description of

principles and models

- IEC 61400-25-2 Edition 1.0 (2006-12) Part 25-2: Communications for monitoring and control of wind power plants Information models
- IEC 61400-25-3 Edition 1.0 (2006-12) Part 25-3: Communications for monitoring and control of wind power plants Information exchange models
- IEC 61400-25-5 Edition 1.0 (2006-12) Part 25-5: Communications for monitoring and control of wind power plants Conformance testing

風力發電機型式驗證（依據IEC WT01）

風力發電機型式驗證主要是藉由設計假設條件、特定標準及其他技術要求確認風力發電機設計的一致性，它同時也藉由設計文件確認製造程序、零件的規格、檢測及測試程序與文件符合性之一致性。其內容如下：

- 設計評估
- 型式測試
- 製程評估
- 基座設計評估
- 型式特性量測

設計評估

設計評估的目的主要是藉由設計假設條件、特定標準及其他技術要求來檢查風力發電機型式的設計與文件的一致性，其內容如下：

- 控制及保護系統評估
- 負載及負載案例評估
- 零件的結構評估
- 零件測試評估
- 基座設計的評估
- 控制設計的評估
- 製造計畫的評估
- 安裝計畫的評估
- 維持計畫的評估
- 人身安全的評估

對小型風力發電機而言，僅需完成控制及保護系統評估、負載及負載案例評估

及零件結構評估。

型式測試

型式測試的目的主要是經由查驗功率特性、安全性及額外試驗與無法經由分析做出確實評估的事項來提供相關資料，其內容如下：

- 安全及功能測試
- 功率效能量測
- 負載量測
- 葉片測試
- 其他測試（如發電機效率測試、傳動軸效率測試、變速箱測試效率等）

製造評估

製造評估的目的為確保特定風力發電機在製造時與設計文件的一致性，其內容如下：

- 品質系統的評估（ISO 9001或ISO 9002）
- 製造查驗（如材質證明、製程的隨機檢查等）

基座設計評估

基座設計評估為申請人自行選擇的評估項目，非屬必要評估項目，其內容如下：

- 風力發電機基座確認
- 土壤及其他狀況描述
- 塔架結構確認

型式特性量測評估

型式特性量測之目的為確認風力發電機型式的相關特性，為一選擇性評估項目，其內容如下：

- 電網連接的功率品質測試（IEC 61400-21）
- 噪音量測（IEC 61400-11）

風力發電機專案驗證（依據IEC WT01-2001）

風力發電機專案驗證主要確保單一或多座風力發電機能遵照針對特定風場所做的要求，其內容如下：

- 場址評估
- 基座設計評估

- 安裝評估
- 操作及維護監視

場址評估

場址評估之目的係查驗環境、電力及土壤性質是否符合設計文件的要求，其內容如下：

- 風況
 - 風速及擾動
 - 風場條件
 - 風能年產值
- 其他環境條件
 - 氣溫、地震等
- 電力網路條件
 - 網路操作的要求
- 土地條件
 - 負載容量及相關參數等

基地設計評估

基地設計評估之目的係查驗基地設計是否符合特定標準及其他技術要求，其內容如下：

- 在特定標準下的基地設計認可
 - 設計上的計算及基地佈局
- 相關參數的認可
 - 重量、位移的慣性等
- 參考土壤條件報告資料

安裝評估

安裝評估的目的係確認單一或多部已安裝或委託營運的風力發電機是否符合特定標準及其他技術要求，其內容如下

- 針對委託及安裝的品質系統的確認
- 相關文件的查驗
- 非必要項目：目視安裝

■ 委託工作的證明

操作及維護監視

操作及維護監視的查驗其主要目的係配合相關手冊（包含設計文件）確認特定風力發電機或風力發電機群在特定風場風場的操作與維護一致性，主要內容如下

- 運作與維修應與驗證手冊一致
- 抽驗程序的要求
- 相關項目的檢測安全要求



圖 61 訪團與 TÜV NORD 人員合影

3.9 Windtest 陸上型大風力發電機測試場

此次參訪windtest grevenbroich gmbh，係由該公司主管Mrs. Monika Kraemer 出面接待，Mrs. Monika Kraemer針對該公司的營運性質及風力發電機的測試內容皆做了完整的介紹。該公司成立於1996年，主要股東包括銀行、電力公司及政府單位等，相關簡介及說明如下

公司概況：

該公司主要為一家針對風能項目提供諮詢及測試的公司，另外還有風力發電機的研發工作（如風力機換流器、感測器、監控螢幕、電網整合及元件等），此外該公司另擁有陸上型風力發電機測試場地。

該公司員工結構如下

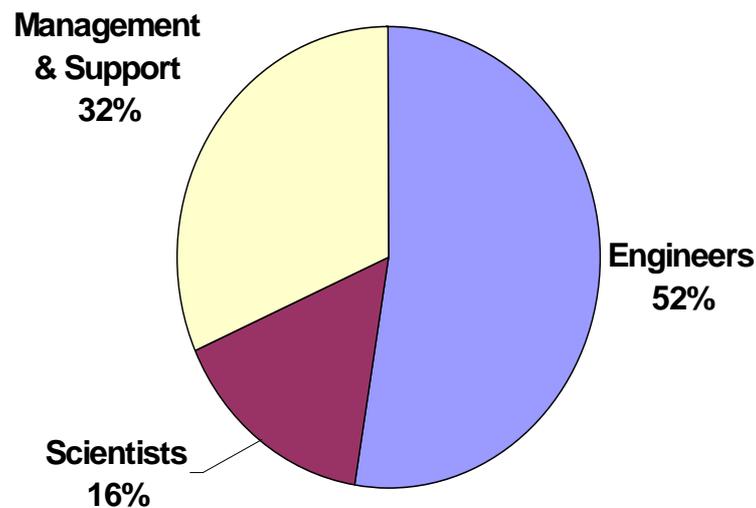


圖 62 windtest 公司員工結構

該公司的發展歷程：

1996:Foundation of windtest grevenbroich gmbh

1997:4 employees, start of operation and construction of test site
infra structure

1998:Erection of the first 3 WEC: DeWind D4, Südwind S-50, GE Wind
Energy TZ-750

1999:Erection of 4. WEC: DeWind D6

2000:10 employees, erection of 5. und 6. WEC: GE Wind Energy 1.5sl
and Nordex N-80 (inauguration by chancellor Gerhard
Schröder)

2001:Erection of 7. WEC: Vestas NM82/1650

2003:20 employees, erection of 8. WEC: REpower MM82 DAR
Accredited for 15 services by IEC 17025

2004:International approach: India, Brazil, South-Korea, US,
France, Poland, Greece, Turkey, Finnland

2008 : Next generation of prototyps on our test side

該公司業務簡介如下

- 原型機測試
- 場址評估
- 風力公園營運支援
- 工程及技術顧問

原型機測試

原型機測試主要是針對風力發電機製造商和零件製造商所提供的服務，其服務內容如下：

- 葉片動態負載量測，功率傳輸，基座確認
- 收集風力發電機運轉時產生的震動、噪音等資訊，以提供客戶改進風力發電機特性之參考
- 電網特性、輸出電力品質及電網的整合

- 風力發電機功率效能量測及噪音量測

場址評估

場址評估主要是針對專案開發業者及投資公司提供的服務，其服務內容如下：

- 風力潛能量測
- 擾流強度量測
- 陰影檢測及預防
- 噪音預防

其中風力潛能量測部分是利用高約100m的氣象塔，擷取不同高度下的風速、風向、氣壓、氣溫及雨量等資料並搭配聲納系統得到風場中的風力潛能。另外陰影檢測及預防部分是利用陰影檢測設備在勘驗不同場址後，幫助製造商有效檢測出風力發電機機組的陰影範圍，以進行必要的機組修改，符合當地法令。

技術檢測

技術檢測主要是針對風力公園經營者提供的服務，其內容如下：

- 定期檢測
- 結構的支撐及噪音的量測
- 震動分析
- 內視檢查

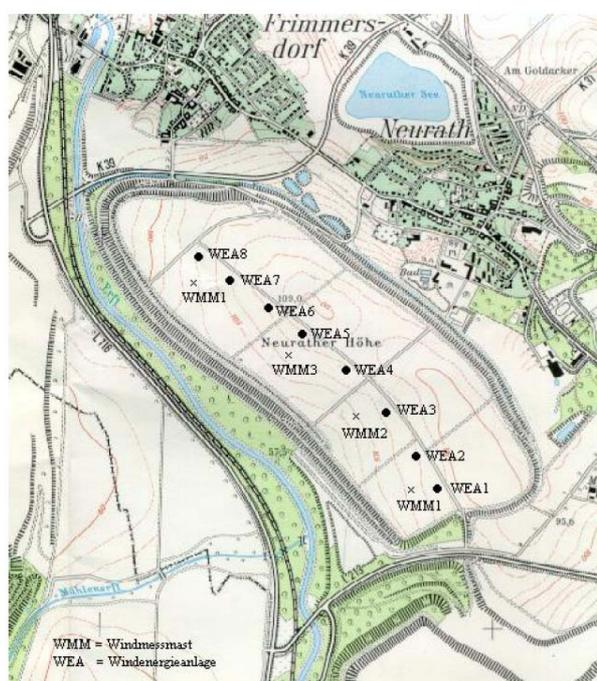
工程及技術顧問

工程及技術顧問主要是針對風力發電機系統商及零組件供應商提供的服務，其內容說明如下：

- 測試平台提供
- 量測系統、硬體及軟體的訂製
- 監控、預選及遙控系統的設計
- 依據國際規範及相關標準開發評估軟體

windtest測試場址介紹如下

該場址離柯隆 (Köln) 與杜塞朵夫 (Düsseldorf) 兩城市各約數十分鐘車程，該測試場平均風速約6m/s，目前共有數部大型風力發電機依據國際標準進行測試中，風力發電機發電量從600KW至2500KW不等，依據風力發電機測試條件不同，風力發電機測試時程平均約需2~3年。該測試場從各種不同的量測方式(如壓力、功率曲線或電力特性)蒐集相關資料並作為風力發電機製造商改善風力發電機性能的參考。



- 1: Nordex N80
 - 2: Vensys 77
 - 3: DeWind D6
 - 4: REpower MM82
 - 5: Vestas V82
 - 6: Siemens 2.3 MW (Erection in 11/2008)
 - 8: DeWind D4
- Location:
20 km north of Cologne

圖 63windtest 風力發電機測試場地地形圖



圖 64windtest 測試場風力發電機運轉情形



圖 65 訪團與 windtest 人員合影

四、心得與感想

此次赴歐洲參訪了數個風力發電機系統製造商、驗證公司及測試場，對該地區在風力發電機的發展現況、標準、檢測及驗證的概況也有了初步的了解，相關心得與感想分述如下：

- 一、就大型風力發電機而言，丹麥的 Vestas 公司是目前全球技術領先者，尤其是離岸風力發電機部分，其所面對之強風狀況，與在台灣常遇到之颱風環境有些類似，因此該公司認為即便處於颱風環境下，應不會對該離岸風力發電機造成太大影響，惟目前 IEC 風力發電機標準並未針對颱風環境制定專屬標準，此說法僅能當作參考。另外台灣特殊的地震及腐蝕環境與歐陸地區大不相同，反倒是該公司未來設計亞太地區適用之離岸風力發電機時，需特別留意地方。
- 二、就大型風力發電機產品驗證而言，德國 GL (Germanischer Lloyd) 公司無疑是目前全球技術領先者，幾乎目前市面上大型風力發電機產品之型式驗證皆出自德國 GL (Germanischer Lloyd) 公司，另外在離岸風力發電機部份，他們從 1994 年開始進行研究，且目前已有 FINO I / FINO III / Offshore Testfield “Alpha Ventus” 等三個離岸風力發電機研究計畫進行中，可說是目前全球離岸風力發電機測試驗證研究方面，經驗最豐富者。
- 三、在風力發電規範的訂定與研究方面，丹麥 DNV 公司和德國 GL (Germanischer Lloyd) 公司為目前執牛耳的兩個驗證單位，Risø 和 CENER 對於測試方面也有相當的研究，要發展這方面的技術，可與其建立良好的合作關係。
- 四、Risø 和 CENER 為分別隸屬丹麥及西班牙的國家實驗室，該實驗室的特質不僅在發展風能，亦涵蓋其他再生能源如太陽能、生質能等領域。此種整合相關能源領域於國家實驗室進行產品設計、標準、檢測及驗證的研究做法，可作為我國未來在發展能源產業相關領域的參考。
- 五、對於風力發電機檢測及風場開發而言，適當的試驗場地規劃及先進的檢測設備是決定風力發電機檢測及風場評估是否能順利進行的重要關鍵，同時也提供了風力發電機製造商一個改善風力發電機性能的重要依據。而 windtest 半官方的經營性質、完善的試驗場地規劃及先進的試驗設備

提供了國內未來在風力發電機試驗場地建置的一個借鏡機會。

五、建議事項

- 一、丹麥 Vestas 公司是目前全球大型風力發電機產品／技術領先者，尤其在離岸風力發電機部份，其經驗最豐富，因此未來台灣若要發展亞太地區適用之離岸風力發電機時，可考慮與該公司國際合作，特別是該公司針對強風狀況下之特殊設計，最具心得，此部份與國內常遇到之颱風環境有些類似，但對於地震及腐蝕問題，反倒是涉入不深，而此一問題卻是國內經常遭遇的狀況也是該公司與國內業界可以互補的地方，然而該公司在商言商，凡事以市場考量，在國內市場未明朗化之前，尚有進一步討論的空間。
- 二、德國 GL 無疑是目前全球大型風力發電機產品驗證技術領先者，特別在離岸風力發電機部份，他們從 1994 年開始進行研究，且目前已有 FINO I / FINO III / Offshore Testfield “Alpha Ventus” 等三個離岸風力發電機研究計畫進行中，可做為未來台灣發展亞太地區適用離岸風力發電機之研究參考，此外在標準／檢測／驗證方面，也是我們可考慮合作首選，不過目前因國內在風力發電機標準／檢測／驗證方面，是以 150kW 以下為重點，GL 則是以 MW 級為重點，故相關的合作計畫尚需再洽談。
- 三、此次參訪 TÜV NORD，大致上了解風力發電機的驗證程序及相關要求，另外在風力發電機的設置及安裝上尚需符合相關法規的要求（如建築法規及環保法令等），此一限制可提供給國內相關單位在風力發電機的建置上一個重要參考。
- 四、目前國內風力發電機產業尚處萌芽階段，多數廠商對於風力發電機驗證程序及相關內容皆一無所知，考量風力發電機驗證程序及相關內容既多且廣，國內可考慮成立驗證技術組織來協助廠商完成風力發電機驗證前的相關準備工作，以降低廠商進入該產業之門檻同時也可減少不必要之成本支出。
- 五、風力發電領域在國內而言算是一個新興領域，比起歐陸國家在該領域已耕耘了數十年的經歷，國內產官學界對風力發電領域的認知仍處於起步階段，因此若要讓風力發電產業在台灣深耕，集合國內風力發電領域相

關資源成立國家級專責研究試驗機構將是一件刻不容緩的事，目前國內在風力發電領域乃至其他再生能源的研究發展，仍是由多個研究機構來分頭進行，如此一來，將因資源分散使得研究發展效果降低，同時亦會因研究領域重疊而造成資源浪費的情形，另外國內大專院校相關系所中風力發電領域課程仍顯不足，若能有系統的規劃，將不致造成人才短缺的問題，亦能使國內風力發電產業在發展上較無後顧之憂。

- 六、 國內目前風力發電機系統國家標準僅有 CNS 15176-1 風力機－第 1 部：設計規定、CNS 15176-2 風力機－第 2 部：小型風力機設計規定及 CNS 15177 風力發電機組詞彙等標準，其餘相關標準如葉片、功率量測、負載量測等標準仍待本局建立以供國內業界產品發展之參考，另有關風力發電機系統檢測設備及整機試驗場地則可視國內業界發展情形逐年編列預算建置。
- 七、 為加速國內業界完成國外風力發電機系統驗證時程，國內相關試驗室或驗證單位可考慮與國外風力發電機系統驗證機構採相互承認模式或藉由承認國內試驗室出具之試驗報告的模式予以審核進而完成風力發電機系統驗證時程。

六、參考資料及附件

(一) 參考資料

- 1 全球風力發電協會 GWEC 網站 <http://www.gwec.net/>
- 2 歐洲風力發電協會 EWEA 網站 www.ewea.org
- 3 Gamesa 公司網站 <http://www.gamesa.es/en>
- 4 CENER 公司網站 <http://www.cener.com/en/index.asp>
- 5 Vestas 公司 “離岸風力發電機簡報資料”
- 6 DNV 公司 “風力發電機專案驗證簡報資料”
- 7 Risø 國家實驗室 “丹麥風能簡報資料”
- 8 GL (Germanischer Lloyd) 公司 “型式驗證及專案驗證簡報資料”
- 9 TÜV NORD 公司 “風力發電機驗證服務簡報資料”
- 10 windtest grevenbroich gmbh 公司 “風力發電機檢測服務簡報資料”