
液壓系統於離岸風力發電之應用

江茂雄 博士

國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 教授兼系主任

德國Aachen工業大學流體傳動控制研究所 工學博士

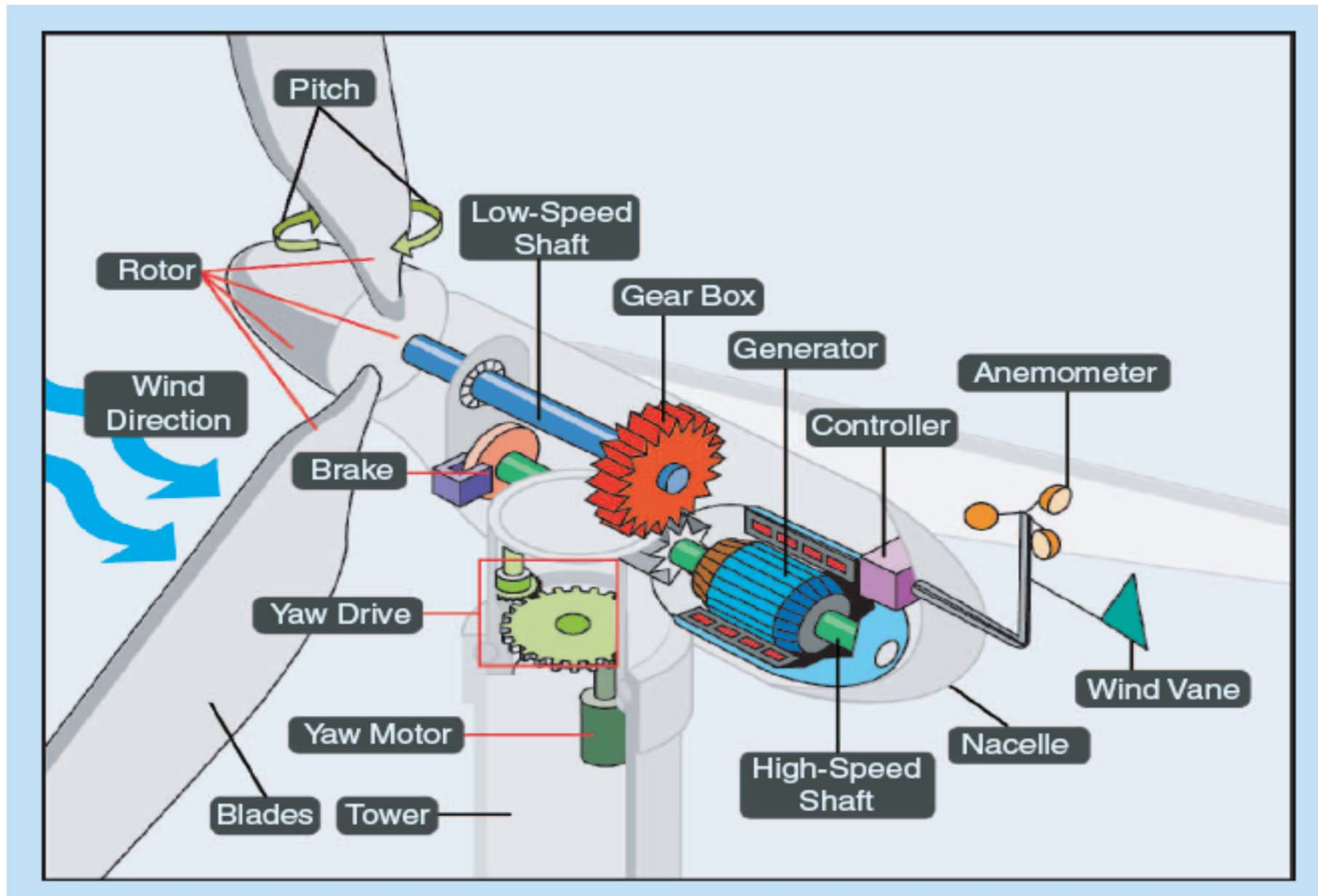
2015.12.10.



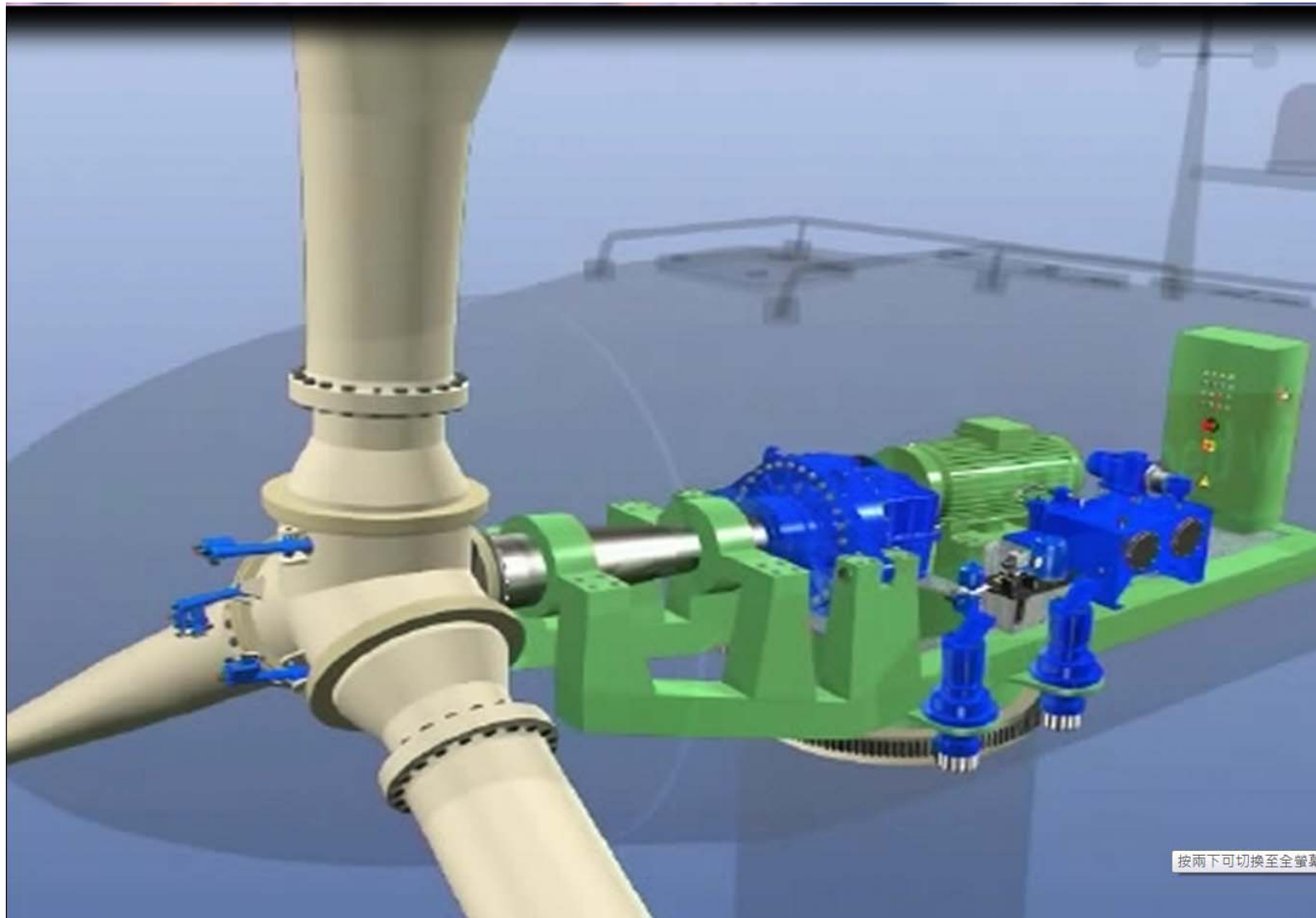
國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系



Modern Large (MW) Wind Turbines

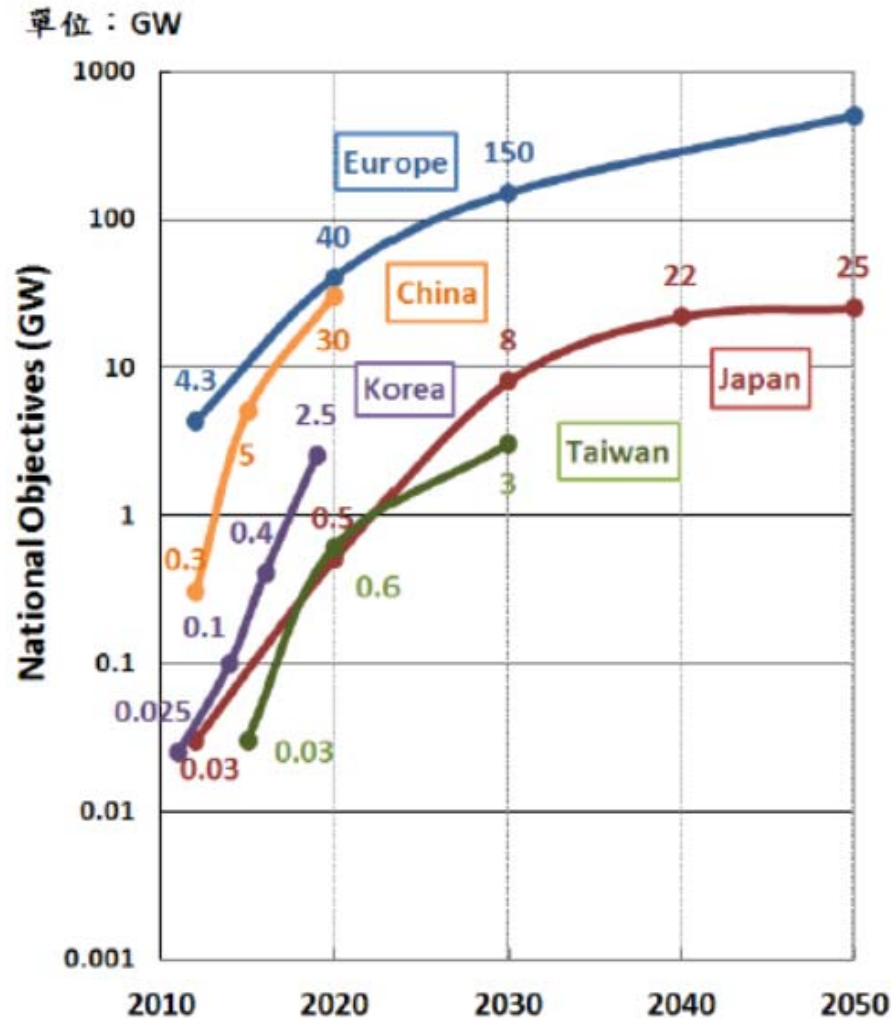


Hydraulic System in Modern Large Wind Turbines



按兩下可切換至全螢幕

全球離岸風電市場趨勢



Sources: GWEC, EWEA, ORECCA, US DOE, Todai, JWPA, Taiwan MOEA, Asah Lm Analysis

5.6GW today

50%
p.a.

84 GW in 2020

Cumulative official

9%
p.a.

1150 GW in 2050

Estimated by the Carbon Trust
(UK)

Wind Energy in Taiwan

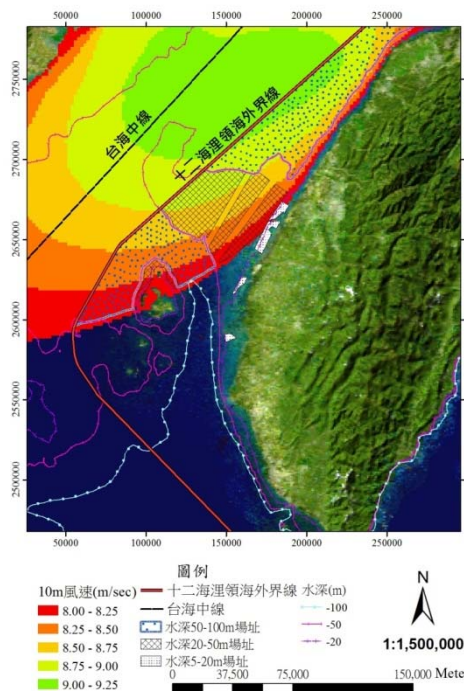
- 陸域風電 (On-shore)：潛能約裝置容量 9,000 MW
 - 可開發量約 1,200 MW → 2020年達成目標
- 海域風電 (Off-shore)：潛能約裝置容量 48,000 MW
 - 可開發量約 6,200 MW
 - 2030年達成 3,000MW
 - 2050年達成 6,200MW

推動目標與時程

■ 千架海陸風力機

(陸域2020年完成約450架；海域2015-2030年完成600架)

年度	2010	2015	2030
陸域風力 (MW)	519	866	1,200
On-shore	(268架)	(350架)	(450架)
海域風力 (MW)	0	15	3,000
offshore		(3架)	(600架)
小計	519	881	4,200
	(268架)	(353架)	(1,050架)



積極推廣目標裝置容量 (MW)

能源別	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
陸域風力	519	866	1,200	1,200	1,200
離岸風力	0	15	600	1,800	3,000
水力	1,972	2,052	2,112	2,502	2,502
太陽光電	22	420	1,020	2,500	3,100
地熱能	0	4	66	150	200
沼氣發電	25	29	29	31	31
廢棄物	790	848	925	1,369	1,369
海洋能	0	1	30	200	600
燃料電池	0	7	60	200	500
合計	3,328	4,242	6,042	9,952	12,502
占當年度電力系統裝置容量比例	8.13%	9.9%	10.6%	14.8%	16.1%

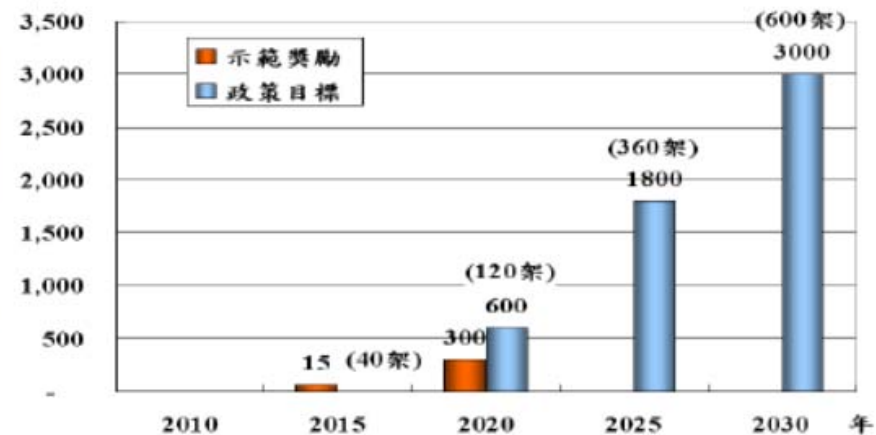
積極推廣目標年發電量 (億度)

能源別	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
陸域風力	12.5	20.8	28.8	28.8	28.8
離岸風力	0	0.5	19.2	57.6	96
水力	20.9	21.8	22.4	26.6	26.6
太陽光電	0.3	5.3	12.8	31.3	38.8
地熱能	0	0.3	4.2	9.6	12.8
沼氣發電	1.4	1.6	1.6	1.7	1.7
廢棄物	57.7	61.9	67.5	99.9	99.9
海洋能	0	0	1.1	7	21
燃料電池	0	0.4	3.6	12	30
合計	92.7	112.5	161.2	274.5	355.6
累計占負載預測當年度供電量比例	4.4%	4.6%	5.5%	8.2%	9.5%

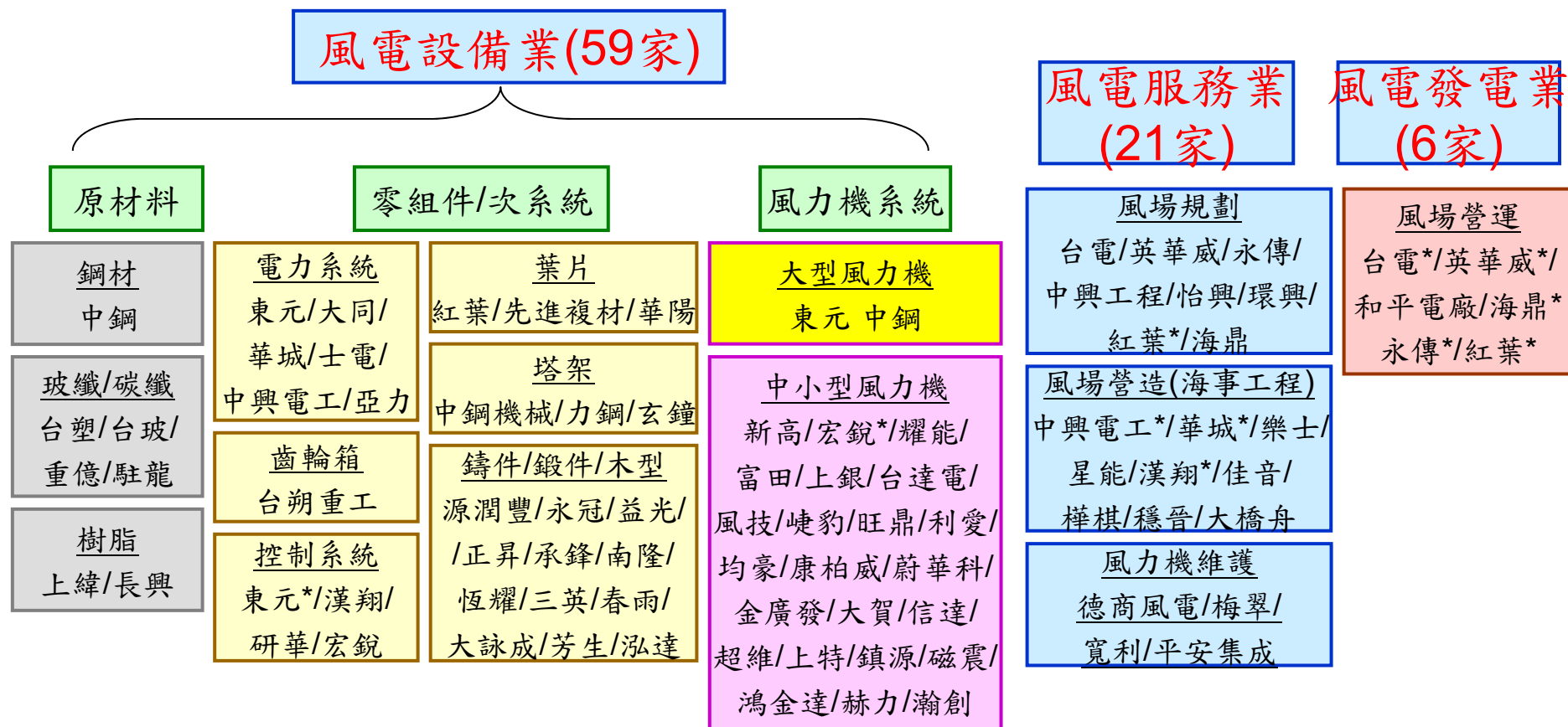
行政院頒佈的「再生能源發展條例」及「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」：

在2015年時，應完成示範風場（國營台電負責1座，民間投資2座）的商業運轉，做為後續開發大規模離岸風場，達到2030年政府規劃目標之基礎。

單位：MW



Supply Chain of Wind Turbine in Taiwan



*號為產業鏈其他部分有重複廠商

**船隊供應
台船**

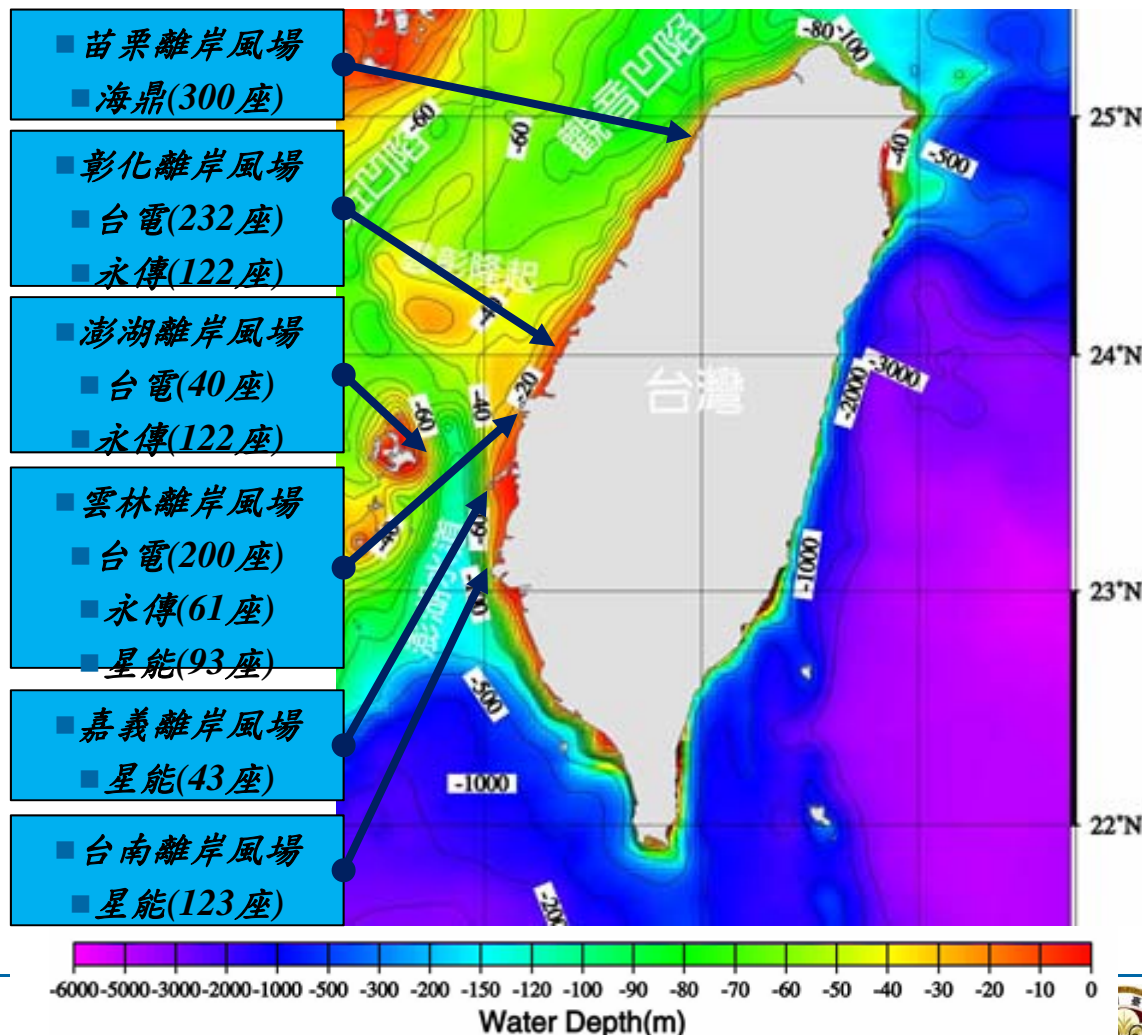
Wind Energy in Taiwan

Off-shore Wind Energy

水深(m)	可開發風能(MW)
5~20	1200
20~50	5000

能源局風電裝置目標

年度	裝置目標量
2010	980MW
2012	1060MW
2015	1480MW
2025	3000MW



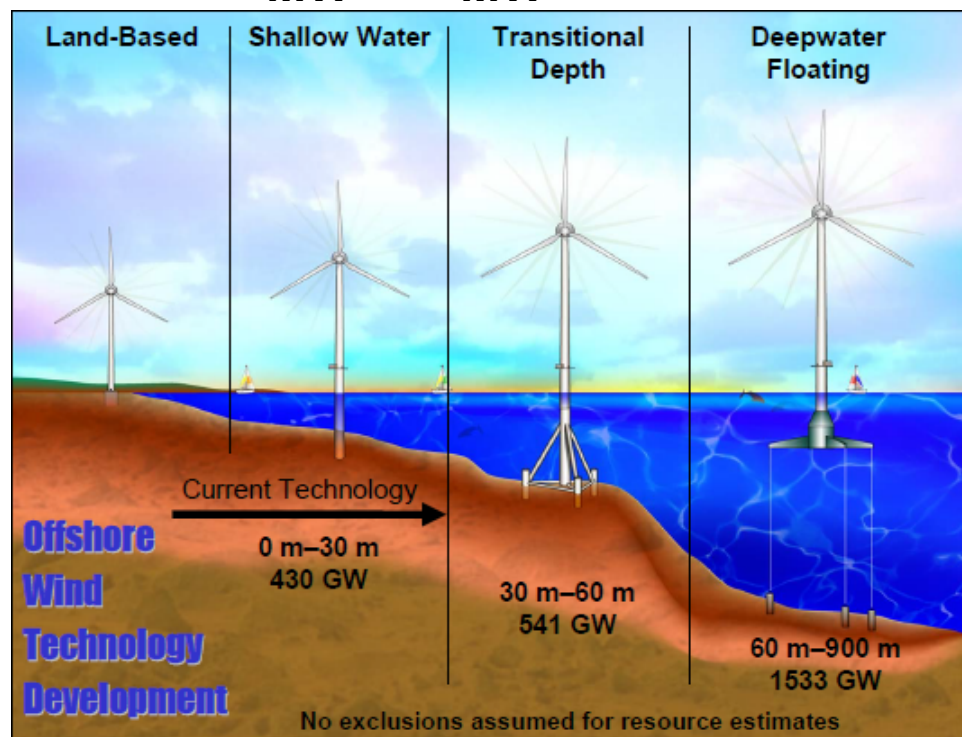
Wind Energy in Taiwan

能源局風電目標 2025年3GW

陸域	離岸
1.2GW (已飽和)	1.8GW (仍有成長空間)

	裝置容量	比例(%)
100年(實際)	33.5GW	-
陸域風能 (可開發)	1.2GW	3.6
離岸風能 (可開發)	6GW	17.9

5m 20m 50m
 | 1,200 | 5,000 |
 | MW | MW |



資料來源：NREL/CP-500-41714, 2007.06

Cost for building Wind Turbines

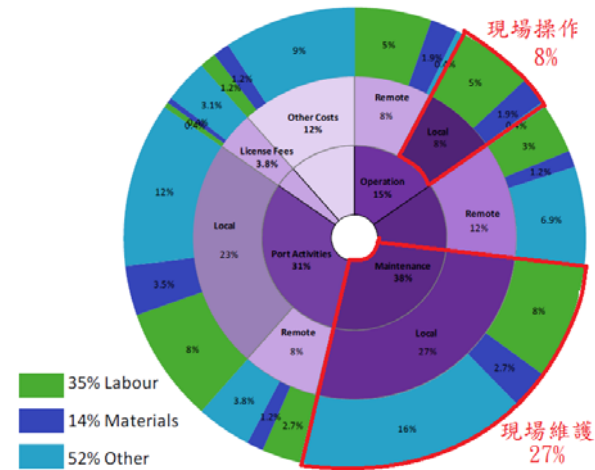
(匯率1:30)	美金	新台幣
建置費用 (million/MW)	3.1~4.7	93~141
運轉維護費用 (/MWh)	21~48	630~1440

■ IEA, "Technology Roadmaps-Wind Energy," 2009

佔總投資成本比例	陸上	海上
風機(%)	65~75	30~50
基礎(%)	5~10	15~25
電網並聯(%)	10~15	15~30
安裝(%)	0~5	~30
其他(%)	5	8

■ 黃東風，歐洲海上風電的發展，新能源及工藝，2008

離岸風電投資成本	百萬NTD/MW
風機	27.9~70.5
基礎	13.95~35.25
電網並聯	13.95~42.30
安裝	27.9~42.3
其他	7.44~11.28



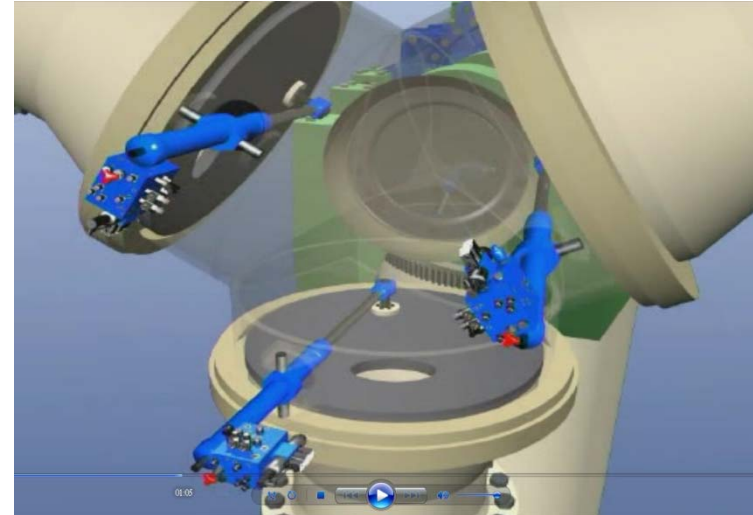
Category	category cost	Sub-category	Sub-category cost
Operation	15%	Remote	8%
		Local	8%
Maintenance	38%	Remote	12%
		Local	27%
Port Activities	31%	Remote	8%
		Local	23%
License Fees	3.8%		3.8%
Other Costs	12%		12%
	100%		100%

35%

Pitch Control System of Wind Turbine

- **Hydraulic driving type**
 - **Hydraulic cylinder controlled by servo valves**
 - **Better robustness**
 - **With no gear**

- **Electric motor driving type**
 - **Electric motor with gears**
 - **Easy erosion and wears of gears**



■ Source: Bosch Rexroth

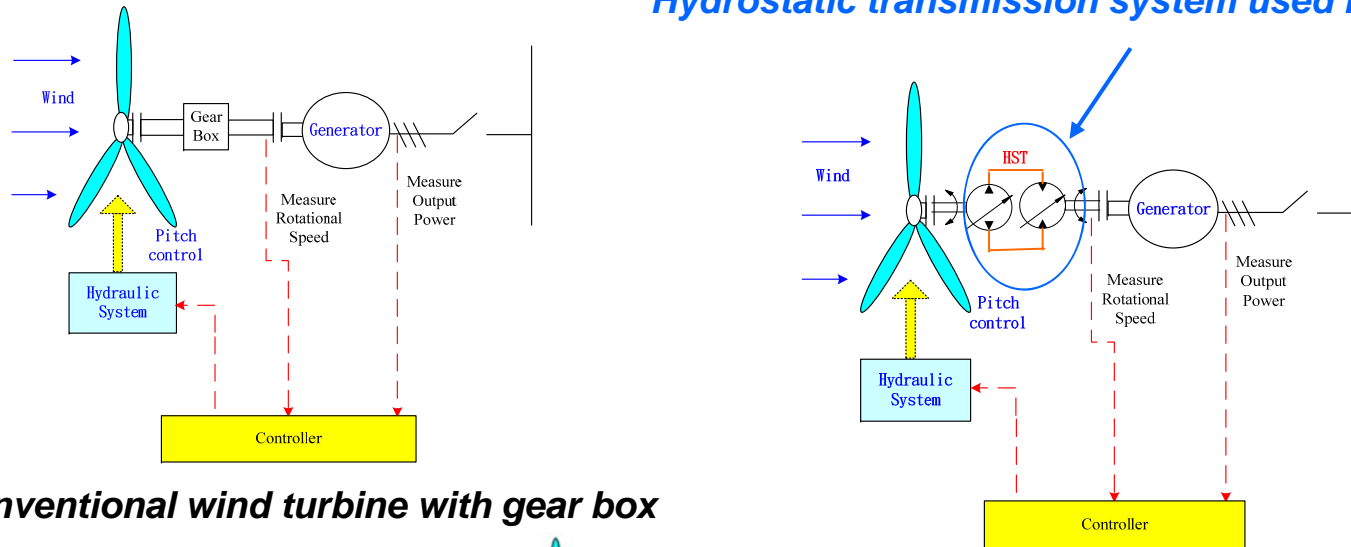


Advanced Fluid Power Control Lab
National Taiwan University

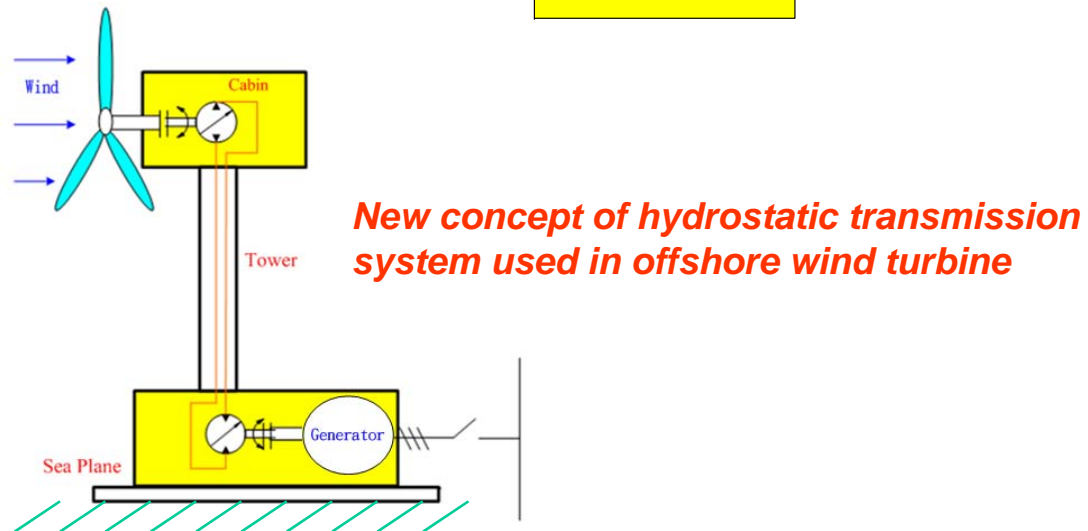


Hydrostatic Transmission System for Large Wind Turbine

Hydrostatic transmission system used in wind turbine



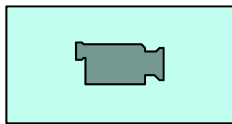
Conventional wind turbine with gear box



New concept of hydrostatic transmission system used in offshore wind turbine

離岸風機登塔梯系統(Turbine Access System, TAS)

- 為配合惡劣海況下之離岸風場開發及維運需求，確保人員登塔作業安全，使用高耐海性能維修船配合船艙安全登塔梯系統為不可缺之船機系統。
- 國內目前尚無船艙安全登塔梯系統產品。因此，國內自主發展船艙安全登塔梯系統，除了降低我國海事工程業設置成本，亦可提昇海事工作船之有效出勤率。
- 自行開發之船艙安全登塔梯系統，可精進船用裝備製造業者之能力，帶動船用裝備產業之發展。



離岸風機登塔梯系統(Turbine Access System, TAS)的要求

- 登塔梯系統的條件和要求，這些要求是通用的，但必須考慮環境因素、技術功能、以及成本等主要參數。
- 登塔梯系統必須在各種條件下都能工作。進出過程需要考慮多方面，位置、人員運輸、設備運輸、可靠性、快速維護船舶入塢容易、安全、適應性(Flexibility)、對子結構的影響。

■ 環境條件

■ 正常條件

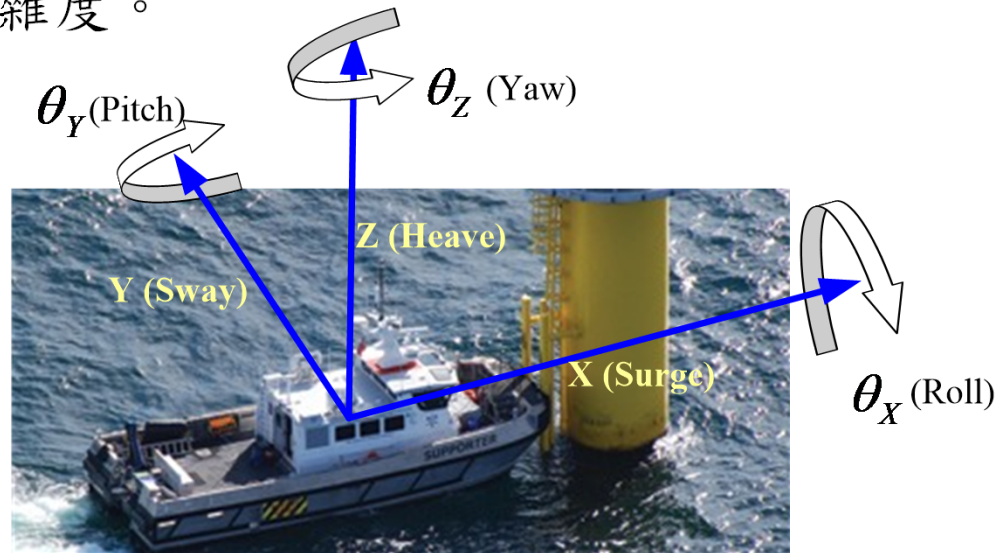
“正常條件”是指工程可按計劃運行的時間且是在允許的運輸和進出的海況，平常的維護(包括改造和額外的工作)都是在這段期間進行。在此期間之運輸時間和可以進出風機的人員數量均為最大，例如卸載工具、壓縮機、風機組件等。這個期間約佔一年時間的65%至80%。

■ 極端條件

在高振幅波(high amplitude waves)海域，波長也會急劇變化。在某些海域之波長很短但是環境很差，儘管波高不大，但在這裡短波比長波更使環境變得惡劣。

主動式登塔梯系統 與入塢(Docking)

- 進出系統的入塢(docking)，也就是將船舶與結構物連接的方法。選擇包括：(i)利用螺槳推力將船舶推在結構物上;(ii)將船舶繫在風機上;(iii)使船舶與結構物保持一小段距離。
- 入塢方式不同也使得主動式登塔梯系統之設計不同，採用(i)利用螺槳推力將船舶推在結構物上之方式，可限制船體運動之自由度，由六自由度減為三自由度(Heave、Roll、Pitch)，因此主動式進出系統之設計僅需針對此三自由度(Heave、Roll、Pitch)來進行運動補償控制，可簡化系統複雜度。



主動式登塔梯系統 (Active Access System) (1/4)

- 離岸風機維修或施工船舶進出離岸風機時，由於風浪造成船舶晃動，使得人員由船上進出離岸風機時相當危險。
- 主動式登塔梯系統可改善人員進出系統，目前已發展應用之主動式進出系統主要可分為三類：
 - 多軸串聯式工業機械手臂式
 - 多軸封閉式機構運動平台式
 - 舷梯式

主動式登塔梯系統 (Active Access System) (2/4)

1. 多軸串聯式工業機械手臂式

- 以大型串聯式多軸工業機械手臂。裝置於船艙。
- 風機的船舶入塢方式為使船舶與結構物保持一小段距離，可用於小船及大船上；
- 靈活度較高；重量較輕；佔用空間小。
- 但串聯機構累積誤差大，易搖晃，安全性較差，且乘載力較小，伺服馬達較不耐離岸環境。



主動式登塔梯系統 (Active Access System) (3/4)

2. 多軸封閉式機構運動平台式

- 應用多軸封閉式機構運動平台，裝置於船艙或船艛。
- 風機的船舶入塢方式為使船舶與結構物保持一小段距離或利用螺旋槳的推力將船舶推在結構物上。
- 此種形式之補償角度精準且穩定度佳；上下補償可達1.5-2公尺；
- 安全性高；並聯機構設，剛性較高。能達到高精密度定位。
- 但機構控制較複雜且易有奇異點(singular point)限制；底座佔用空間大。



主動式登塔梯系統 (Active Access System) (4/4)

3. 舷梯式

- 以舷梯裝置於船艙，以補償船體晃動。
- 風機的船舶入塢方式必須利用螺旋槳的推力將船舶推在結構物上，以減少船體運動之自由度。
- 控制較簡單；構造簡單；價格便宜；乘載力較大。
- 但靠近船體端上下補償較小；舷梯上下搖晃較大，無法完全補償船體晃動，安全性較差。



離岸風場施工及工作船需求

離岸風場建置程序		先期探勘	水下基礎	風力機及變電站	營運與維護
使用船舶					
現有：◎		勘查船	挖泥船	拖船	交通船
改裝：○				風力機運輸平台	
新建：□			基礎運輸船	風力機安裝平台	
租用：△					
					
		海床鑽探平台	打樁平台	鋪纜船	起重船
			運輸/打樁/安裝船		
			基礎安裝船		
				拋石船	運輸安裝船
勘 查 船	◎	(地貌、水深、地層勘查)			
小自升平台	◎	(海床地質調查)			
大挖泥船	◎	(整地)			
拖 船	◎	(拖拉工作船至場址，協助定位)			
拋 石 船	○	(海床填補、基礎保護防掏沙)		(基礎保護防掏沙、海纜保護)	
*自升平台 / 船	□	(打樁、海底基座運輸/安裝)		(風力機運輸/安裝)	(運作維護)
交 通 船	□	(人員運輸)		(人員運輸)	(人員運輸)
補 給 船	□	(物料運輸)		(物料運輸)	(物料運輸)
鋪 纜 船	◎ △	(海纜佈設)			
大 起 重 船	□ △	(打樁或變電站運輸/安裝或維護)			

國內海事工程業者現有相關工程船舶 * 最大作業水深45m，主吊能力600~800t，吊高至海面上90m，有國際認證。

船舶/平台類別	勘查船	小自升平台	大挖泥船	拖船	拋石船	鋪纜船	中型起重船
船 東	海洋中心、海軍 銓日儀等x10	萬大、環島、 樺棋、宏華等x9	宏華x3 樺棋x1	宏華、樺棋、穩晉、昭 伸等x34	宏華、樺棋、穩晉 等x6	穩晉x1	穩晉x1

資料來源：船舶中心整理，2013/10 63

離岸風電工程船隊

離岸風場之吊車船



近期離岸風場之大型安裝船



SEAFOX 5 號



MPI VENTURE 號



SEAJACKS ZARATSAN 號



HGO INNOVATION 號



F.O. BRAVE TERN 號

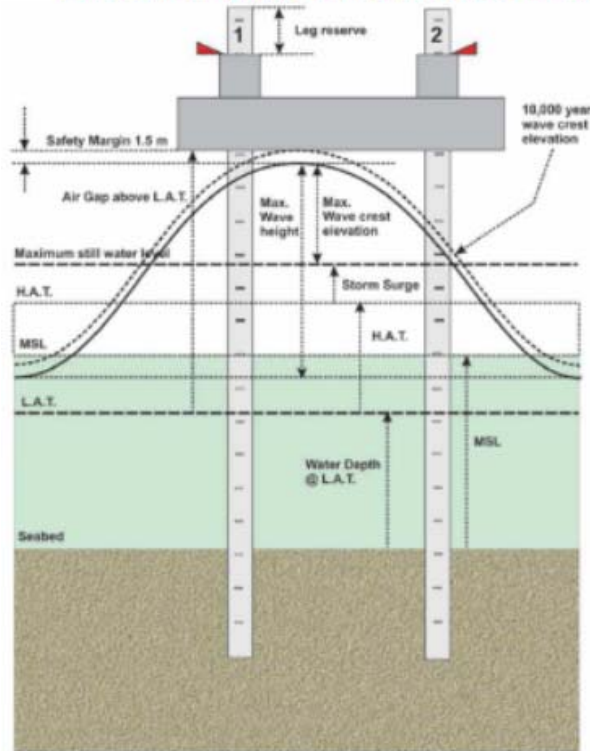


PACIFIC ORCA 號

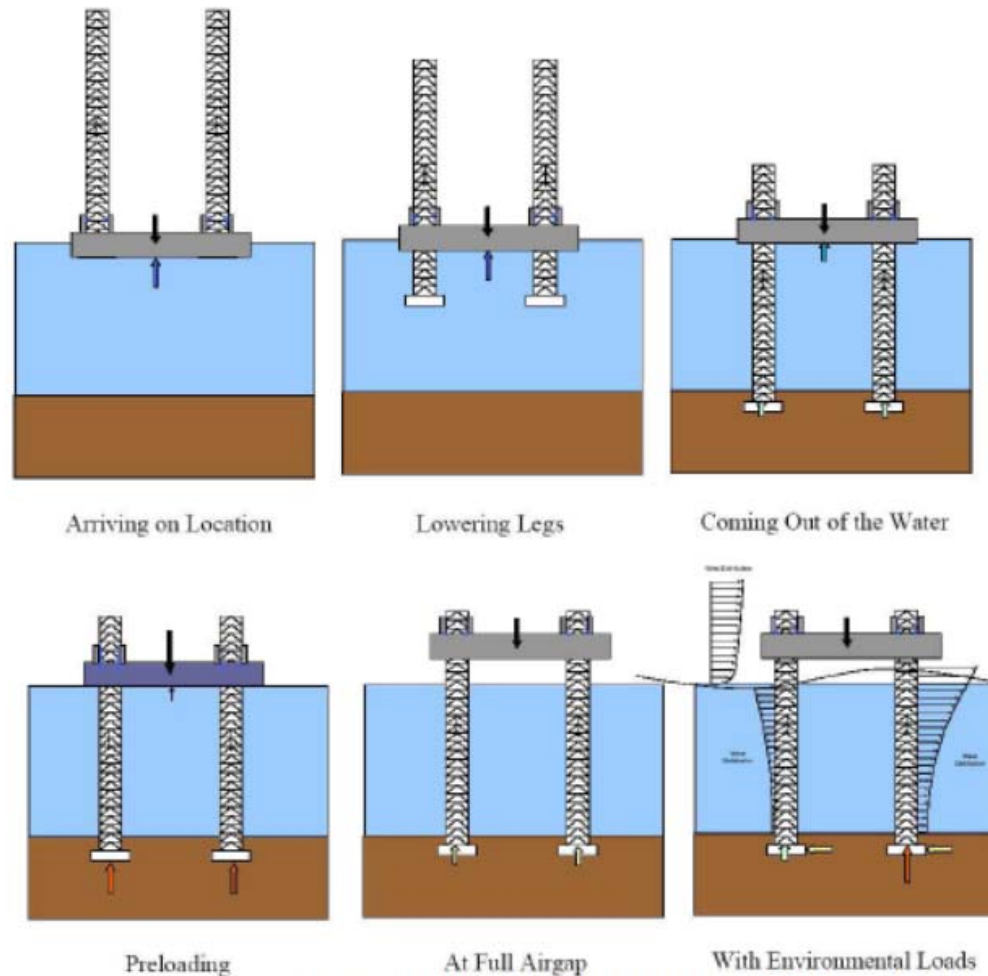
離岸風場安裝船需求

自升安裝船之操作

Wind turbine installation Jack-up



來源: BWEA



來源: BWEA, BENNETT & ASSOCIATES, L.L.C. & OFFSHORE TECHNOLOGY DEVELOPMENT INC.

自升式平台從拖航、定位、伸腳、浮水、預載(水面交錯)、升台、運作等流程。



***Thanks for Your
Attention !***