

出國報告（出國類別：洽公）

參加能源局 2017 年赴德國能源轉型合作
交流訪問團與考察西門子氣渦輪機測試
場及監診設施

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：鍾年勉/主任

派赴國家：德國

出國期間：106 年 5 月 15 ~25 日

報告日期：106 年 7 月 5 日

出國報告名稱：參加能源局 2017 年赴德國能源轉型合作交流訪問團與考察西門子氣渦輪機測試場及監診設施

出國人姓名 (2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
鍾年勉	主任	綜研所
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>洽公</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	

出國期間：106年5月15日至106年5月25日 報告繳交日期：106年7月5日

出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.內容充實完備.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5..建議具參考價值
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正,原因:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<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"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 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"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式:

報告人： 單位： 主管處： 總經理：
 主管： 主管： 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：參加能源局 2017 年赴德國能源轉型合作交流訪問團與考察
西門子氣渦輪機測試場及監診設施

頁數 47 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司人事處/陳德隆/ 2366-7865

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

鍾年勉/台灣電力公司/綜合研究所/主任/ 8078-2271

出國類別：1 洽公2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：106 年 5 月 15 ~25 日

出國地區：德國

報告日期：106 年 7 月 5 日

分類號/目

關鍵詞：離岸風電、能源轉型、智慧電廠

內容摘要：(二百至三百字)

一、參加能源局 2017 年赴德國能源轉型合作交流訪問團於 106 年 5 月 16-19 日於德國布萊梅進行離岸風電相關設施訪察，例如布萊梅港經濟發展政府機構與投資機構、Adwen 離岸風力公司、Fraunhofer 風能暨能源系統機構 (IWES) 等，以期對國內如火如荼展開之離岸風電計畫發揮助益。二、國內發電端在能源轉型過程中氣渦輪機複循環機組將扮演極為重要腳色，氣渦輪機組運轉必須更有彈性且兼顧安全與效率，因此傳統的電廠營運模式必須朝向物聯網或智慧電廠的概念發展。西門子公司在前述領域發展多年為世界翹楚，擬利用本次時機順道參訪，對於本所未來測試設施與監診中心之規劃與推動有相當之參考作用。報告內容涵蓋前言與出國行程、參訪過程與內容以及參訪心得與相關建議。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

	頁次
一、 前言與出國行程	5
二、 參加能源局 2017 年赴德國能源轉型合作交流訪問團	7
三、 考察西門子氣渦輪機測試場及監診設施	33
(一) 西門子氣渦輪機測試場	33
(二) 西門子氣渦輪機監診設施	38
四、 心得與建議	44

一、前言與出國行程

(一)、前言

能源局規劃訪問團於 106 年 5 月 16-19 日於德國布萊梅進行能源訪察，主題為離岸風電，預定訪問 BIS 布萊梅港經濟發展機構與布萊梅投資機構、Adwen 離岸風力公司、Fraunhofer 風能暨能源系統機構(IWES)、進行 B2B 產業媒合或離岸風力相關議題研討會：離岸風力產業的港口與運籌、電網連結、風機、基礎設施及離岸風力園區之規劃營運與維護，本所原擬提出 1. 德國離岸風力發電預測系統如何運作與電網的操作結合應用 2. 德國離岸風力機組運維監控系統運作以及資料加值應用兩項交流議題就教 IWES。

國內發電端在能源轉型過程中氣渦輪機複循環機組將扮演極為重要腳色，可以預見當綠能達一定占比，顧及供電品質與電網穩定，氣渦輪機組運轉必須更有彈性且兼顧安全與效率，因此傳統的電廠營運模式必須朝向物聯網或智慧電廠的概念發展。在這方面本所積極發展並已建立自有之葉片熱元件再生技術與氣渦輪機燃調與效能監診技術，在此基礎上本所近期規劃利用通宵電廠報廢舊機組再生利用建成氣渦輪機熱元件性能測試設施，以提升相關再生技術與設備可靠度，進而提高機組可用率；而燃調與效能監診技術則規劃擴大成為監診中心，提供遠距、即時且有效技術服務，強化機組因應變動之彈性與效能的兼顧。西門子公司在前述領域發展多年為世界翹楚，擬利用本次時機順道參訪，相信對於本所前述測試設施與監診中心之規劃與推動定有相當之參考作用與助益。

(二)、出國行程

5/15-5/16	往程	台北-阿姆斯特丹-不來梅
5/16-5/20	不來梅	參加能源局 2017 年赴德國能源轉型合作交流

訪問團

5/21-5/21	行程	不來梅-柏林
5/22-5/23	柏林	考察西門子氣渦輪機測試場及監診設施
5/24-5/25	返程	柏林-阿姆斯特丹-台北

二、 參加能源局 2017 年赴德國能源轉型合作交流訪問團

本參訪團由能源局蘇金勝主秘領軍，團員除本公司外尚有工研院、核研所、船舶中心、台綜院、台中港務局、台灣綠色電力公司、歐風能源公司、世紀鋼鐵、德商美最時公司、德勤財務顧問公司等一行 17 人，本公司參團代表尚有再生能源處林副處長明成。由於本段行程為團體行程，因此報告原則上相同於參訪團報告內容。

行程表與團員名單

行程表

日期	行程
106/05/16 (Tue.)	1. 拜會布萊梅市政廳 (Bremen Town Hall)
	2. 拜會布萊梅投資機構 (Bremen Invest)
	3. 拜會布萊梅商會 (Bremen Chamber of Commerce)
106/05/17 (Wed.)	4. 參訪 Fraunhofer 風能暨能源系統機構 (IWES) — 葉片測試場、動態機艙測試實驗室 (DyNaLab)
	5. 參加「台德離岸離岸風電交流座談會」
106/05/18 (Thu.)	6. 參訪 SENVION 風力機製造公司
	7. 參訪 Nordergründe 離岸風場
106/05/19 (Fri.)	8. 拜會布萊梅港港務公司 (Bremenports GmbH & Co. KG)

	9. 參訪布萊梅港區及 Eurogate 碼頭物流公司
	10. 參訪 Falck 海事安全訓練中心
106/05/20 (Sat.)	回程

團員名單

單位	職稱	姓名
經濟部能源局	主任秘書	蘇金勝
工業技術研究院	副所長	王人謙
綠能與環境研究所	經理	呂威賢
船舶暨海洋產業研發中心 海洋產業處	處長	周顯光
行政院原子能委員會 核能研究所	專案主持人	黃金城
台灣綜合研究院 研究二所	所長	陳建緯
臺灣港務股份有限公司 臺中港務分公司	資深事務員	陳慧穎
台灣電力股份有限公司	研究室主任	鍾年勉
綜合研究所能源研究室、再生能源處	副處長	林明成
歐風能源股份有限公司	專案助理	白兆梅
台灣綠色電力股份有限公司	總經理	李建勳
世紀鋼鐵	執行長	李建成
	顧問	林明弘
	特助	賴俊成
	秘書	吳曉玲
德商美最時貿易股份有限公司 離岸風力發電部門	協理	古日肅
德勤財務顧問股份有限公司 (勤業眾信集團)	協理	朱韻儒

*共 17 位團員

參訪工作內容說明

布萊梅市政廳 (Bremen Town Hall)

■ 時間：5月16日（星期二）上午

■ 會談/接待人員：

Senator Martin Günthner, Minister of Economic Affairs, Labour and Ports

Christian Gutschmidt, Director International Affairs at the Ministry of Economic Affairs, Labour and Ports

■ 會談/參訪紀要：

參議員 Martin Günthner 曾於 2016 年 10 月率團出訪台灣，此次代表德國聯邦布萊梅府的政府接待台灣的訪問團。持續能源供應和過渡轉型是二十一世紀世界各地面臨的主要挑戰之一，德國主打了“Energiewende”(德語)，意為能源轉型計畫，目標是發展再生能源，以取代化石燃料及核燃料，過渡到可持續經濟。

在日本福島事故發生後，台灣同德國對於增加再生能源的目標一致，希望帶來綠源供應以及能源獨立的優勢。在幾週前隨著德國新型風電場發展的競標制，經過了過去幾年的穩定學習曲線，現在可以在沒有或幾乎沒有補貼的情況下提供離岸風電。德方表示從長遠來看，離岸風電不僅是環保永續的，在價格上也很有競爭力。

布萊梅是國際貿易非常活躍的一個地方，但在風能方面亦為領導者之一。在 1990 年代初布萊梅安裝第一台陸域風力發電機，2002 年開發了世界上第一台海上 MW 級的風力發電機的原型機。德方表達期許我方藉著此行能深入了解布萊梅提供的價值鏈範圍，促進雙邊合作的機會。

最後，我方在歷史悠久的市政廳參觀，德方也詳細介紹了這個歷史悠久的城市和這座偉大的建築。



圖 2.1、能源局蘇金勝主秘致贈禮品予布萊梅參議員 Martin Günthner



圖 2.2、王人謙副所長聽取 ONP Management 導覽布萊梅市政廳

布萊梅投資機構 (Bremen Invest)

■ 時間：5 月 16 日 (星期二) 下午

■ 會談/接待人員：

Matthias Hempen, Director Asia

Dieter Voss, Cluster Manager Wind Energy

■ 會談/參訪紀要：

布萊梅港座落於北海之濱，為德國第一大出口港，且為排名全球第 25 大之貨櫃碼頭，為全球企業進入歐洲市場的重要門戶，已扮演超過 1200 年貿易樞紐的角色。

布萊梅市市民有 671,000 人，但區域人口高達 2,700,000 人，就業人口人均 GDP 75,236 歐元，為德國第十大綜合性工業城市以大學和研究機構為基礎，設有航太及離岸風電的高科技研究中心，具有高競爭力的人力資源。

布萊梅主要的產業聚落包括：物流工業(Ports, transport, warehouse, logistics)、國際貿易、汽車工業、食品工業、航太工業、海事工業及風電產業：

1. 散裝貨櫃：物流產業為布萊梅及布萊梅港重要的經濟支柱，亦提供當地大量的工作機會。萊梅港口水深超過 15 公尺，2016 年貨櫃運量約 550 萬 TEU，每日透過空運、海運、鐵路運送至歐洲內陸，與台灣每週有定期航線。
2. 汽車進出口：布萊梅港是歐洲最大的汽車港，擁有完善的汽車轉運及倉儲設備，與連結製造廠及歐洲內陸的交通網絡。德國、東歐和北歐的進出口汽車大部分是在此中轉；2016 汽車運量超過 200 萬台，主要出口至美國、東亞及中東，進口則主要來自日本、韓國及美國。
3. 汽車製造：布萊梅擁有 600 多家汽車零件供應商，且為 Mercedes-Benz 全世界最大的汽車生產地，Mercedes-Benz 在地員工 12,000 人，每年生產超過

324,000 台汽車。除了小轎車外，布萊梅港還轉運挖掘機、起重機和重型機械設備等。

4. 離岸風電：布萊梅港是德國最重要的離岸風電發展基地，擁有離岸風電的專用港口及完整的產業鏈，工業區內有 Areva、Repower、WeserWind 等離岸風力的上下游企業。另外，當地的造船和航海技術，也能做為離岸風電產業研發、維運的後盾。



圖 2.3、Bremen Invest 向台灣訪問團作簡報

布萊梅商會 (Bremen Chamber of Commerce)

■ 時間：5月16日（星期二）下午

■ 會談/接待人員：

Torsten Grunewald

■ 會談/參訪紀要：

布萊梅商會的工作方向是，檢討基礎建設在規劃過程中的經濟需求，也為為經濟結構轉型階段的企業，提供廣泛的諮詢服務，特別是新創企業。另外，對於企業接班人問題的協助、租稅優惠及補貼信息，當然還有與政治機構的對話。

由於所有的投資決策都需要可靠的經濟數據，商會也會定期發布經濟報告，為布萊梅經濟活動提供代表性的概況分析。商會會進行相關遊說活動，制衡國家官僚體系，為經濟提供更多的機動空間。同時提供信息通信技術（ICT）以及勞動保護領域提供各種信息和諮詢服務。

另外，商會另一項重要功能是，擔任公共採購機構與工商業之間重要的中介角色，為聯邦布萊梅州提供合同諮詢，向聯邦布萊梅省的企業提供有關公共採購合同的所有問題的建議。當公共機構查詢公共工程等時，向他們提供合適的公司名單。

商會也協助跨境業務，在布萊梅以出口導向型外貿的情況下，協助企業進入國外市場，並安排與全球銷售合作夥伴和供應商的聯繫。也為來自非歐盟成員國的公司的投資者和商業領袖提供實際幫助，獲得居留許可，並與負責外國人的地方當局密切合作。

就涉及國際業務的融資和法律問題提供意見，就海關和外貿立法問題提供諮詢意見，反傾銷程序問題和有關補貼方案的問題。

Fraunhofer 風能暨能源系統機構 (IWES)

■ 時間：5 月 17 日（星期三）上午

■ 會談/接待人員：

Dr. Antje Wagenknecht

■ 會談/參訪紀要：

Fraunhofer Institutes 為德國也是目前歐洲最大的應用研究機構，致力於學術研究與產業應用間之橋樑，類似工研院，但規模大許多。研究範圍係針對人類生活上的各種需要，包括健康、安全、通訊、流通、能源及環境等方面，有 60 多個研究所。IWES 則是風力發電系統相關技術的主要研究單位，位於德國布萊梅港區(Bremerhaven)，超過 170 家企業及研究單位聚集在此處，建構完整的離岸風能產業鏈。

本次來到風能研究部門 Wind Energy and Energy System Technology，首先參觀風力機葉片測試場(Rotor Blade Test Site)，可進行葉片之靜態及動態測試，包括極限及疲勞負荷；接著參觀多自由度風力機傳動鏈(power-train)測試平台(DyNaLab)，可測試最大達 10 MW 機組。傳動鏈是影響風力機可靠度及發電成本最關鍵次系統，DyNaLab 可模擬風力機實際承受之各種可能負載狀況，以縮短研發修改及測試驗證之時間與成本；並提供風力機組傳動鏈於實驗室之完整試驗，降低風力機於安裝後之故障風險，大幅提升機組可靠度及可用率。



Rotor

Qualification of composite materials and components

- 70- and 90-meter testing facility certification approval
- Accredited testing of specimens and components

Industrialized manufacturing

- Experimental tests in the “BladeMaker” demonstration center
- Validation testing of manufacturing processes and materials
- CNC-controlled production cell with 2 cooperating 6-axis gantries



7/12

Fraunhofer
IWES

圖 2.4、葉片測試場能量



Drive trains and grid connection

DyNaLab with 10 MW drive performance | peak 15 MW

- Nominal torque: > 8.6 MNm
- Rotor load application unit for dynamic bending moments, thrust and radial forces
- Artificial grid: 44 MVA installed inverter power
- Technical reliability of mechatronical systems
- Planning and implementation of system tests, accelerated lifetime tests
- Model validation



6/12

Fraunhofer
IWES

圖 2.5、多自由度傳動鏈測試平台(DyNaLab)

台德離岸離岸風電交流座談會 (B2B 產業媒合)

■ 時間：5 月 17 日 (星期三) 下午

■ 德方交流單位：

Foreign Trade Promotion and International Affairs, Bremen;
WAB (the Wind Energy Agency); Green Giraffe (renewable energy finance specialist); Bremenports; BIS (Bremerhaven economic development company); DOC (Deutsche offshore consult); OWEN BREMEN; fk-wind (Institute of wind energy); IMS Nord; ONP; SIEM offshore contractors; STELLWIND; Flack safety services; wpd offshore 等單位

■ 會談紀要：

本座談會由布萊梅經濟官員及能源局蘇主秘共同主持，蘇主秘說明我國離岸風機推動之緣起、必要性及具體推動作為，並強調政府推動離岸風機之決心，期待透過離岸風機的推動，達成我國再生能源推廣目標，並有效帶動整體產業鏈與技術升級，續由工研院報告「Status of Offshore Wind Development in Taiwan」之相關細節。

德方對於我國離岸風機推動之目標與決心有深刻體認，且均表示德國當時的情形與推動過程更為嚴峻，我國目前的目標與推動進程規劃完整，在預定時間內若按部就班具體執行，定能達到設定的目標。

雙邊討論重點續轉為德國由「固定電價制」改變為「競標制」之緣起。德國離岸風電原採用固定躉購電價，提供產業長期而穩定的發展環境，而隨著產業鏈成熟與完整，決定於2021~2025年之過渡階段(Transition Period)採用競標制度。2017年4月舉辦第一次，預計2018年4月舉辦第二次，每次各釋出1.55 GW之裝置容量，合計3.1 GW，而得標廠商須於2021~2025年間完工商轉。2017年4月第一次競標結果，由

德國廠商 EnBW 與丹麥 Dong Energy 兩家廠商共四個風場得標，其中三個風場政府無補貼金額，完全由自由市場售電。德方專家表示「零補助」之主要原因為，得標業者均以未來 10~15 MW 風力機組進行規劃，成本應可降低，並預期未來自由市場電價將會提高。而德國於 2026~2030 年將採政府主導之競標模式(Centralized Model)，規劃將朝向荷蘭、丹麥模式，亦即由政府先規劃開發區域，並完成調查作業與併網設施，然後再開放業者競標。

德方以自身設置經驗提出建議，未來應多注意離岸風電建置中的關鍵風險問題，尤其台灣具氣候及環境之特殊性，相關風險可能來自於水下環境條件與狀況、海象及相關氣候、工作船舶的選用與配合度、港埠至作業現場與陸地物流狀況、基礎設施建構的時程，都可能成為未來進行離岸風電開發時遭遇的議題。

德方相關單位對於我國港口基礎建設之進度表示關心，並詢問是否能有效滿足離岸風機安裝及製造之基本條件。台中港務公司則表示開發之規劃已完成，目前正進行招標作業，未來將提供更高規格的基礎設施，加大承載重為 50 噸/平方公尺。



圖 2.6、能源局蘇金勝主秘說明我國離岸風電政策與願景



圖 2.7、工研院呂威賢經理簡報台灣離岸風電推動現況與策略

SENVION 風力機製造公司

■ 時間：5 月 18 日（星期四）上午

■ 會談/接待人員：

SENVION 市場部經理及生產線工程師等

■ 會談/參訪紀要：

位於布萊梅港區的 SENVION 風機公司前身為 REPower(圖 1)，是全球投入離岸風力機組之先驅，是最早開發出 5 MW 機組的公司，近年來因整併，由印度 Suzlon 風機公司投資經營。德國 2010 完成之第一座 Alpha Ventus 離岸示範風場，即採用 6 部 REPower 5 MW 機組。

該公司市場部經理強調其主要市場策略為不斷技術創新，不僅領先市場開發更大容量之離岸機組，目前亦積極投入浮動式風力機(Floating Wind Turbine)之研發。

隨後訪問團參觀其機艙製造工廠，此行獲得許可於遠方進行其裝配線拍照(圖 2.9)，包括風機轉子驅動軸上的各關鍵零組件如輪殼、剎車、軸承、轉向器及齒輪箱與發電機及其他附屬配件等風機機艙內各關鍵零組件的從組裝到測試之作業流程。

SENVION 風機市場仍相當大，除歐洲外，南美如巴西、智利及阿根廷也為其主要市場。一行人受邀參觀其風機生產裝配，對於巨大的零組件與每個裝配區分開測試裝配組裝，留下深刻印象。於 SENVION 午餐後，訪問團即前往布萊梅港區碼頭，登上接駁船前往位於北海離岸約 16 公里興建中的 Nordergrunde 離岸風廠。



圖 2.8、布萊梅港 SENVION 公司



圖 2.9、SENVION 公司風機機艙內關鍵零組件裝配線現場

近岸風場 Nordergrunde (wpd group)

■ 時間：5 月 18 日（星期四）下午

■ 會談/接待人員：

Achim Berge Olsen, Managing Director

■ 會談/參訪紀要：

該風場位於德北威希河河口附近，處於 12 海哩領海範圍內，離岸約 15 公里，本次搭乘德國 wpd 公司安排之工作船，參訪名聞遐邇的 Nearshore Wind Farm Nordergrunde，團員於出發前在碼頭邊合影(圖 2.10)。工作船沿著布萊梅港貨櫃碼頭緩慢前進，出港後全速航行，約 1 小時到達所在地。

wpd 公司利用航程時間進行介紹，該專案 2003 年取得規劃許可，2008 年遭環保團體抗爭與法院訴訟，2011 年才與邦政府以及環保組織達成協議。專案分風機(WTG)、基礎(FOU)、場區海纜(IAC)、離岸變電站(OSS)、基礎與風機之運輸與安裝(INS)等 5 家 EPC 負責施工及安裝。原定 2016 年建造完成，目前風機、海纜、基礎均已安裝完成，惟因離岸變電站包採 Muti-contracting，且履約不順，故延至 2017 年第 3 季安裝完成，第 4 季才能正式運轉。規格簡列如下：

1. 總裝置容量 111MW
2. 總投資金額約 411 百萬歐元
3. 保證躉購電價每度電 19.4 歐分，為期 8 年
4. 開發商 wpd 約佔 1/3 股權，並由銀行提供專案融資
5. 水深小於 10.3 公尺
6. 年平均風速約 9.3 公尺/秒
7. 18 架 Senvion 6MW 機組，設計使用年限 25 年
8. Senvion 提供 10 年維修服務、單樁基礎
9. 電網營運商負責電網與離岸變電站之連接



圖 2.10、Nearshore Wind Farm Nordergrunde 訪問團出發前合影



圖 2.11、Nearshore Wind Farm Nordergrunde 遠眺圖

布萊梅港港務公司 (Bremenports GmbH & Co. KG)

■ 時間：5月19日（星期五）上午

■ 會談/接待人員：

Robert Howe, Geschäftsführer Managing Director

Stefan Färber, Abteilungsleiter Interne Dienste Head of Internal Services

Christian Hein, Abteilungsleiter Hafententwicklung Head of Port Development

Uwe Will, Senatsrat a.D.

■ 會談/參訪紀要：

Bremenports GmbH & Co. KG 為布萊梅港管理公司，屬於布萊梅邦政府 100% 控股公司。該公司提供港口規劃，具備建設基礎設施運營和維護工程和開發能力。布萊梅港之經營型態為一地主港角色，布萊梅港務公司負責碼頭及後線土地之基礎建設、維護鐵路和疏浚，至於碼頭場域內所需要之重件吊裝機具、運輸車輛或倉儲建築物，則由承租業者視個案需要自行興建經營，布萊梅港務公司房東的角色，僅收取土地租金及港灣費用，維持港埠開支。布萊梅港務公司主要管理 3 大區域及功能說明如下：

1. Bremerhaven(外港)

貨櫃碼頭：每年約 550 萬 TEU 吞吐量

汽車碼頭：每年約 230 萬輛汽車

客運碼頭：作為郵輪母港，每年約 7 萬名旅客

修造船區：目前有 3 家公司進行修船業務

2. Bremerhaven (漁港)

離岸風力專區：風機設備製造及測試區

食品加工區

修造船區

3. Bremen :

眾多臨港企業如於威悉河沿岸進行生產和加工

離岸風電專用碼頭位於外港，碼頭長度 500 公尺，後線土地約 25 公頃。離岸風電產業園區位於漁港(圖 2.12)，包含水下基礎、葉片、機艙組裝及測試區，該區重件碼頭長度為 280 公尺，水深 7.10 -8.10 公尺，土地承載力 7 噸/每平方公尺。機艙於碼頭邊裝船，利用重鋼版增加承載力；水下基礎則於生產廠房至碼頭邊緣安裝軌道，以軌道裝船載運至外港。在外港水下基礎專用碼頭長度 900 公尺，承載力 10 噸/每平方公尺，直接以軌道自船上卸至陸地上。

由於布萊梅港海床屬泥質土壤，安裝船下樁時容易造成真空現象，為因應各種安裝船規格與下樁條件，布萊梅港務公司採取措施如下：

- 海床：目前可因應 6 種安裝船型，spud can 面積約 80~160 平方公尺、承載力約 65~188 噸/每平方公尺，可採直靠方式，離碼頭岸壁需 24 公尺之安全距離。
- 大象腳(Elephant's foot)：因部分安裝船並無 spud can，布萊梅港公司特別海床面設置 4 隻「大象腳」，以混凝土版(直徑 11 公尺、厚度 1.25 公尺)及鋼環(直徑 9 公尺、5.5 高度)，並在鋼環裡放入碎石料，供安裝船下樁(圖 2.13)。

布萊梅港離岸風電產業聚落目前座落於漁港區，風力機設備於廠房生產後裝船至外港重件碼頭，面臨布萊梅港產業製造區與外港重件碼頭，須經過裝卸 2 次搬運。無法將風機設備直接載運出港問題，布萊梅港刻正執行 OTB 計畫(offshore Terminal Bremerhaven)，規劃取得 260 公頃土地，作為風力發電機組生產和物流區，以解決港口基礎設施和運輸需求(如圖 2.14、圖 2.15)。



圖 2.12、布萊梅哈芬港離岸風力產業聚落

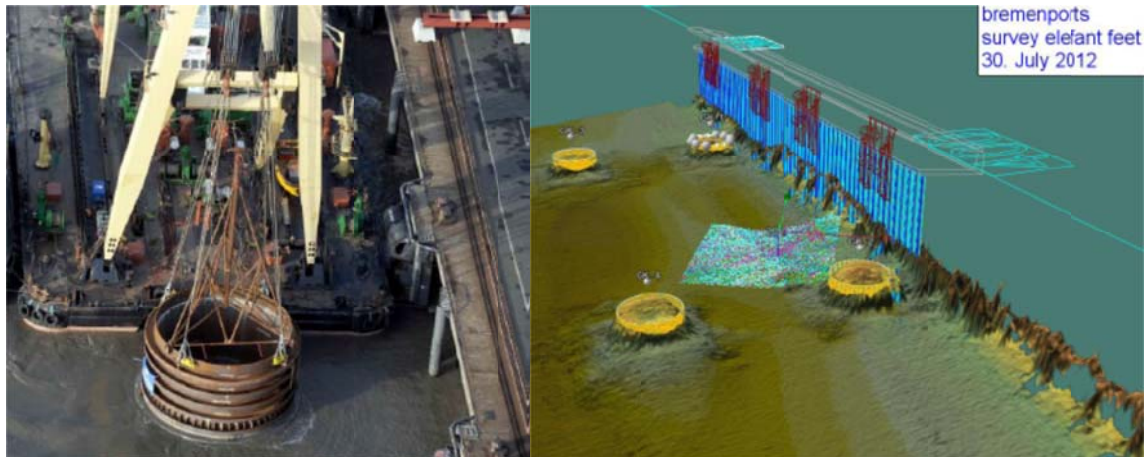


圖 2.13、大象腳(Elephant's foot)

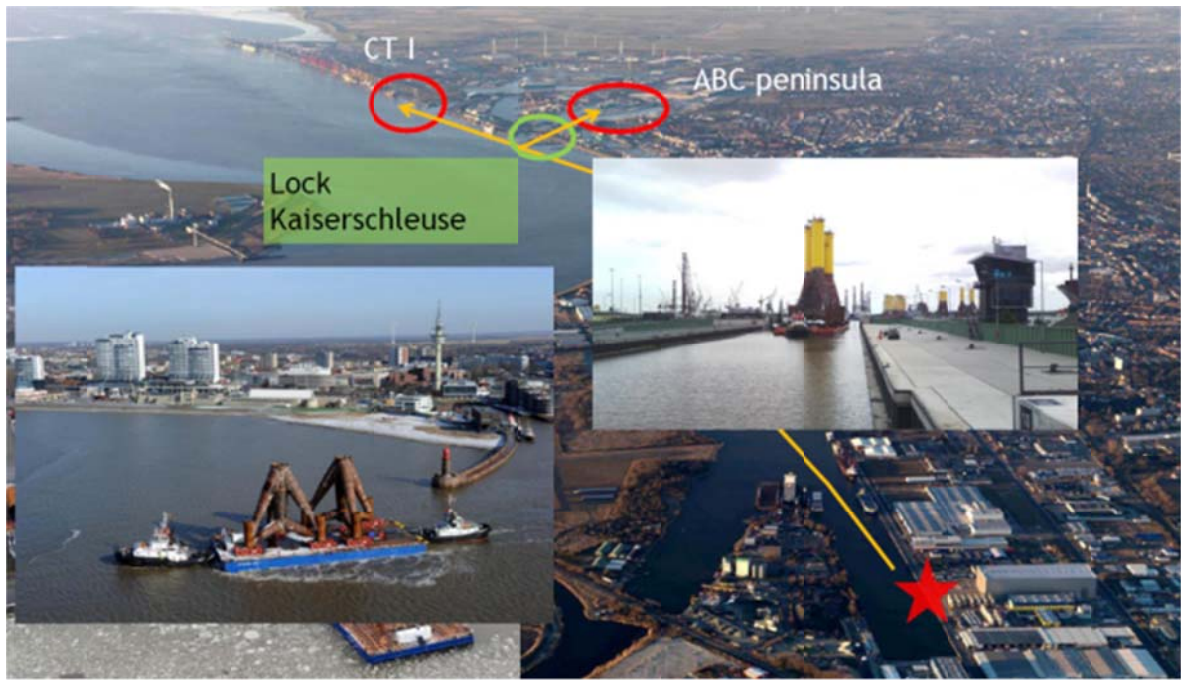


圖 2.14、水下基礎載運



圖 2.15、布萊梅港 OTB 計畫示意圖

布萊梅港區及 Eurogate 碼頭物流公司

■ 時間：5 月 19 日（星期五）上午

■ 會談/接待人員：

Nina Distler

■ 會談/參訪紀要：

EUROGATE 是由 EUROKAI 及 BLG LOGISTIC 於 1999 年共同合資組成的公司，主要成立的原意是作為貨櫃碼頭操作的營運公司，並負責德國及義大利各地重要貨櫃集散港口的營運。但隨著離岸發電的發展及當地產業的需要，EUROGATE 也開始負責離岸風電專用碼頭的建置與營運。

以布萊梅港為例，最初規劃為具有 4,680 公尺碼頭線的貨櫃專用碼頭，但在當地政府的介入協調下，貨櫃業者同意將 500 公尺的碼頭線及後線讓出作為離岸風電專用碼頭，並進行碼頭承载力及海床的改善工程。如今專用碼頭已具有 25 公頃的面積，提供離岸風電相關業者從事包括風機零組件、海底基礎及相關工程設備的裝載需求，有需求的業者再分別向 EUROGATE 承租使用場所及工作時間。

而在 EUROGATE 的管理下，原來貨櫃業者擔心的港口擁塞及影響貨櫃裝載的擔憂並未發生，成功為貨櫃碼頭及風電專用碼頭共存樹立典範。

本團參訪當日在碼頭上有風機零組件的堆置及暫存，正待運送船隻抵港後運送上船。當日亦有 GEOSEA 的 THOR 自升式平台船靠岸進行離岸風力機組的葉片更換作業。布萊梅港係利用碼頭橋式機協助進行貨物的上船作業，同時運用橋式機軌道承载力較強的特性，將重件分散重量於軌道附近，以降低加強碼頭承载力所需的成本支出。

然而目前布萊梅港也面臨發展的瓶頸，除德國其他碼頭加入競爭外，由於布萊梅港容易淤積，在離岸風力機組逐漸

大型化的趨勢下，航道吃水已日漸不足，故布萊梅已在規劃打造另一個更大型的風電專區，但由於當地部分民眾擔心對環境造成影響，並已向法院提起訴訟，目前的開發計畫是處於暫停的狀態。



圖 2.16、布萊梅港鳥瞰圖（圖片來源：EUROGATE）



圖 2.17、布萊梅港風電碼頭規劃圖（圖片來源：EUROGATE）



圖 2.18、GEOWEA THOR 於本團參訪當日停靠布萊梅港進行作業



圖 2.19、於本團參訪當日仍有許多風機塔架置於碼頭後線等待出口作業

Falck 海事安全訓練中心

- 時間：5月19日（星期五）下午

- 會談/接待人員：

中心經理 Neilsen 及訓練教師等

- 會談/參訪紀要：

Falck 機構的海事安全訓練中心位於布萊梅港區附近，布萊梅中心於 2011 年 7 月成立，是 Falck 在德國境內的唯一訓練中心。去年(2016)培訓人數超過 10,000 人，與海事相關的訓練課程包括 STCW、OPITO 與 GWO。Neilsen 先生認為 OPITO 雖然是海事工程過去數十年慣常的標準，但其為因應油氣產業所創設的本質在離岸風電業還是有不完全適宜的部分，GWO 訓練標準雖然每年仍有小幅修改，但大致內容已底定也為幾家主導業者認可採用，未來由 GWO 主導應是不爭的事實。隨後訪問團參觀其室內外訓練設施(圖 2.20)，另外本團 Peko 女士並將於參訪行程結束後，於下周繼續參加 Falck 舉辦的 GWO 安全訓練課程。



圖 2.20、中心經理 Neilsen 先生介紹訓練器材

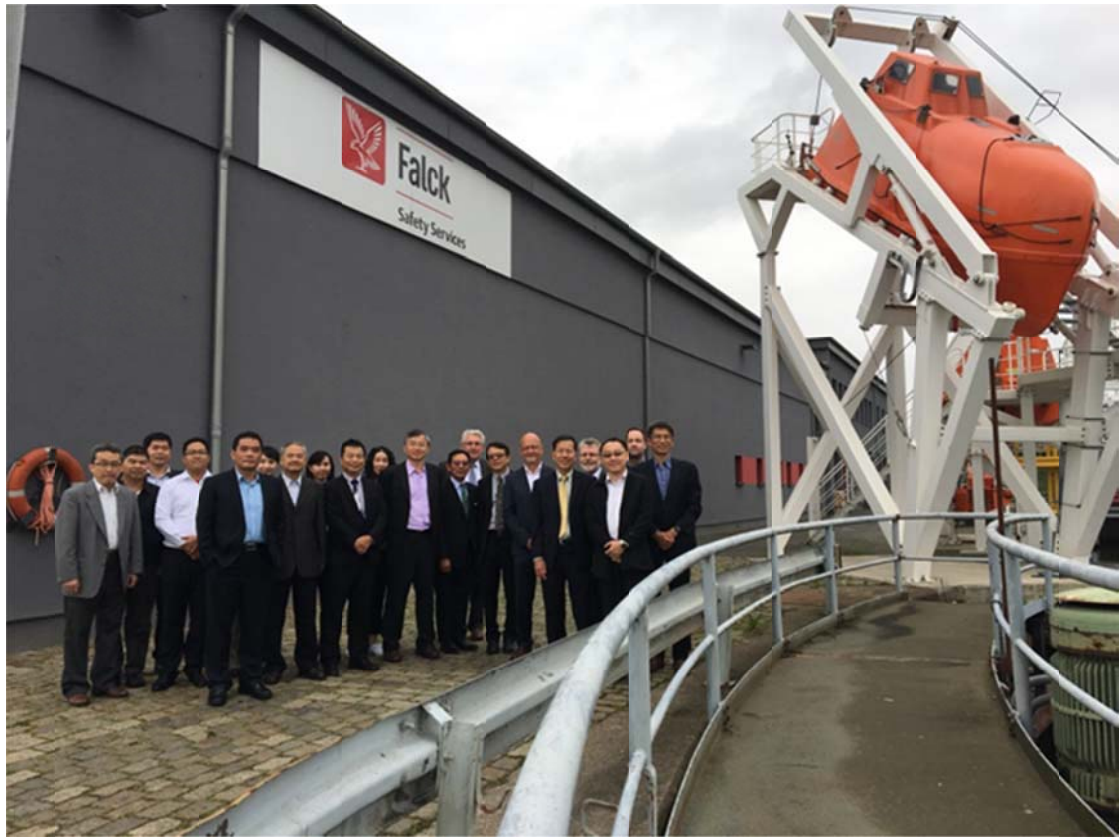


圖 2.21、訪問團於 Falck 訓練中心外合影留念

三、 考察西門子氣渦輪機測試場及監診設施

(一) 西門子氣渦輪機測試場

西門子氣渦輪機測試場位於該公司柏林工廠，而柏林工廠則是西門子氣渦輪機發電設備之主要組件生產與組裝工廠，該工廠建置於1904年歷史相當悠久且見證德國渦輪機械技術衰敗與復興，據說二次大戰時期即為納粹政府徵招作為生產戰機之主要製造基地，二戰後美國西屋公司開發出商用渦輪發電機後，西門子也開始投入研發，1961年即開發出20MW級之渦輪發電機，80年代後更突飛猛進設計製造150MW V94.2成為世界級渦輪發電機主要共應商，該工廠佔地面積約13公頃，員工3700餘人，工廠整體俯視圖與大門景色如圖3-1與3-2。

西門子柏林工廠氣渦輪機測試設施設立之目的主要作為該公司各型渦輪發電機設計驗證或產品驗證測試之用，以保證發電性能符合設計。測試渦輪發電機容量可高達330MW，且50Hz或60Hz皆可適用，即時測試量測接點約12,000點，西門子氣渦輪機測試設施各種重要組件與佈置如圖3-5和3-6，由於測試時發電並沒有將發電量輸送上電網(無負載)，因此必須設計Water Braker消耗發電，氣渦輪機測試設施發電沒連上網之原因，據說是因電網穩定度之考量，縱然此舉造成相當之能量浪費。本次參訪由該公司負責台電業務商業服務部門

經理 Mr. Masnikosa 接待，並由 Mr. Markus Zapke 簡報介紹西門子柏林工廠相關產線設施以及測試設備，再進入工廠實地參觀，特別的是當日正好有大型汽渦輪機測試，Mr. Masnikosa 安排在測試場控制室由測試工程師進行測試簡報，相關測試數據直接由監控系統投射在螢幕上，依簡報工程師說法監測參數超過萬點，有些監測點並不在商業運轉之機組實際量測範圍內，例如氣機入口溫度 TIT，對於西門子技術之專業深度印象深刻。參觀過程中由於該公司規定不可照相，因此現場記錄有限，整體來說，該工廠是一系列氣渦輪機組件生產與裝配測試產線，外觀上磚造廠房相當寬敞巨大，略嫌老舊，與現代自動化工廠有些差異，當仔細靠近端詳起重機吊著的 8000H 型汽機各級葉片如圖 3.7，又不得讚嘆德國機械工藝之精細。



3.1 西門子公司柏林工廠留影與接待人員



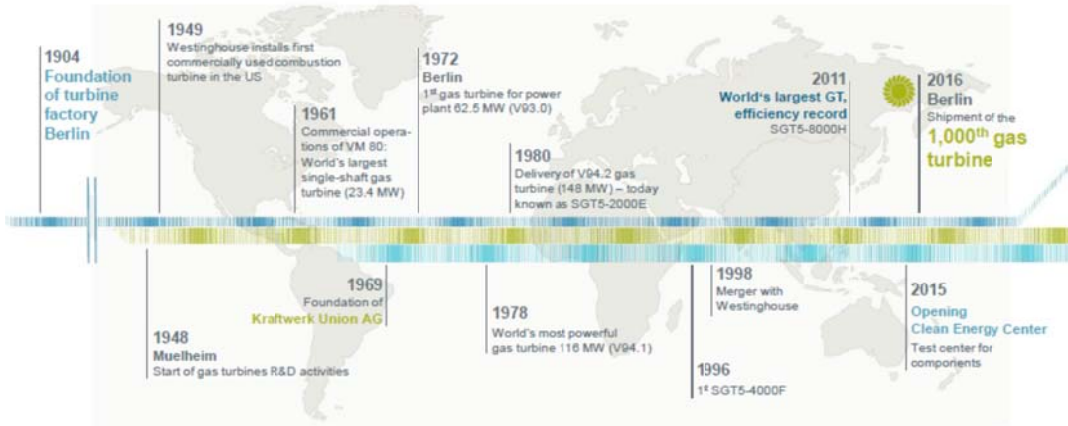
3.2 西門子公司柏林工廠大門

Gas turbine plant Berlin "Huttenstraße"

- 130,000 m² plant area
- 68,700 m² built-up
- About 65% under crane coverage

Berlin plant (Manufacturing and Service)	
Employees	3,700
Women Proportion	19%
Number of Nationalities	46
Apprentices	250

3.1 西門子柏林工廠俯視圖與一般資訊



Unrestricted © Siemens AG 2017

3.4 西門子氣渦輪機技術演進

The Berlin Test Facility: Testing & validation of Siemens large gas turbines

- Get the performance benefits of rapid innovation
- Provide reliable long-term operation in the customer's power plant
- Provide a validated fleet and proven quality to our customers
- Support gas turbine engineering to meet the triangle of schedule, cost and time

Full scale gas turbine tests up to **330 MW** for 50/60 Hz over **12,000** measurement channels

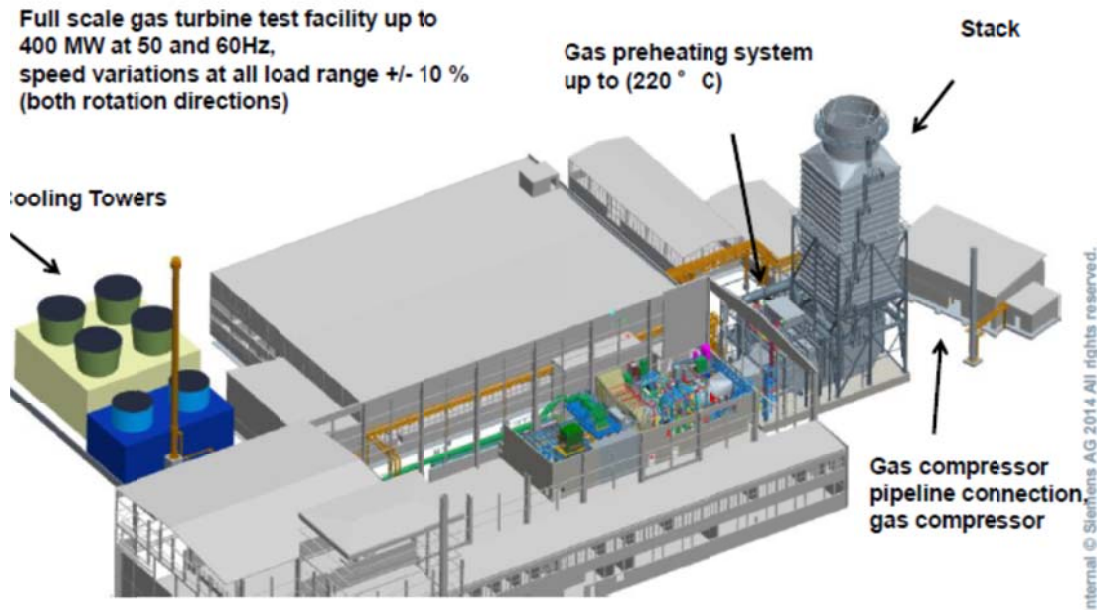
Real time data stream to world wide engineering hubs



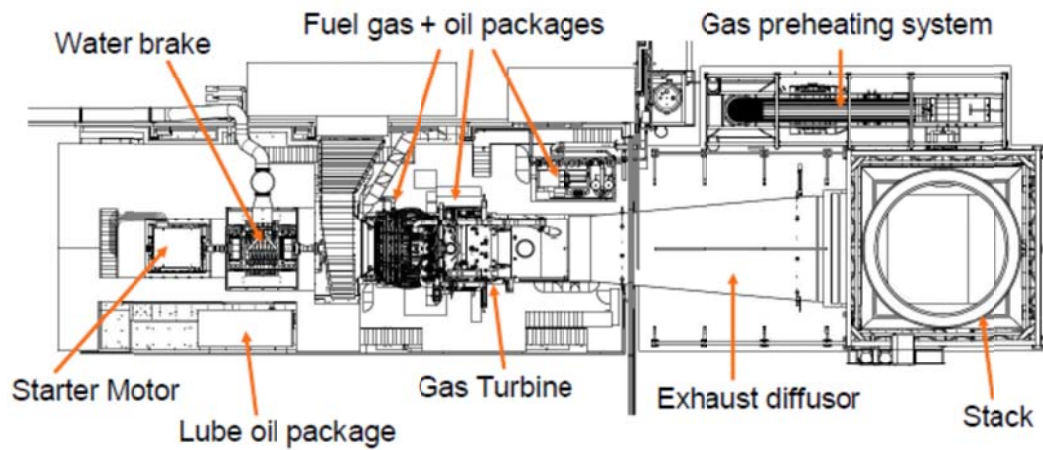
Test innovations under the extremes of real gas turbine operating conditions

Since 1972

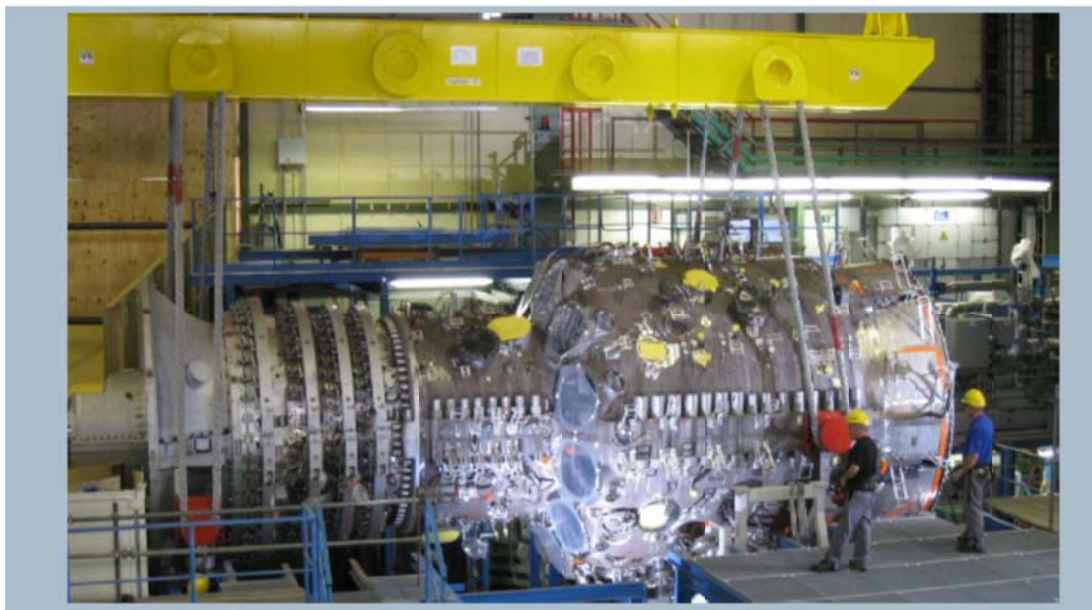
3.4 西門子氣渦輪機測試設施



3.5 西門子氣渦輪機測試設施佈置



3.6 西門子氣渦輪機測試設施佈置(上視圖)



3.7 西門子 8000H 氣渦輪機測試吊裝

(二) 西門子氣渦輪機監診設施

目前全世界約有將近 5、6 百座西門子商業化氣渦輪發電機組運轉中，除電廠運轉員負責監控外相關運轉資訊透過網路並由西門子公司設立於全球之 3 個監控中心輪流負責監控，依照與業主之合約關係提供技術服務確保運轉效能與安全，國內星元 IPP 即為一例，而其運作邏輯如圖 3.8 所示：電廠即時運轉資料或參數數據經由網際網路傳回監診中心(PDC)，經由程式或工具計算確認性能偏移程度，並由專業工程師做判斷與改善建議，最後相關訊息回饋至設備是性能回復至最佳狀態，圖 3.9 所示即為連續監診系統應用於氣渦輪發電機壓縮機性能最佳化的案例，氣渦輪發電機壓縮機性能會隨濾網之髒污堵塞而效率降低，並進而降低整體氣渦輪機發電效率，甚至機組跳機損害材料壽命，通常運為上

會採取水洗方式以提高壓縮機性能，但水洗程序除直接成本外尚有停機成本考量，因此便有水洗週期最佳化之議題產生，如圖 3-10 而且過濾器之髒污變化與機組所在之空氣環境關係密切，所有機組未必一概通用，因此連續監診系統應用便可派上用場，事實上國內本公司通霄電廠機組便已擁有實際應用經驗。當上述監診應用案例推廣至更高、更廣層次，以圖 3-11 為例說明，橫軸為時間、縱軸上圖為價值、下圖為數據庫與分析能力，上圖中當運轉時間越長，數據庫越豐富，分析層次便可分成描述性分析、診斷性分析、預測性分析到觀點性分析(perspective analysis)等 4 階段，而其相對應之問題回應層次也依序可分為發生了甚麼事、為什麼會發生、接下來又會發生甚麼事、最後我們該如何處理等 4 階段，因此此監診系統價值表現之形式又可分成通知、解析進至採取行動等 3 階段，而下圖說明當監診系統數據庫越豐富和分析能力越精進，對於氣渦輪機系統而言其效益輕則發揮早期故障發現、降低設備風險之作用，發揮至極致則可達到機組可用率、可靠度、可維護性、排放、成本、性能、風險兼顧之 Total Solution 最佳化目標。檢視過去工業化進程，一步步由機械化、電氣化、自動化進入到數位化時代，也就是進入到工業 4.0 的時代，加上大數據以及感測設備加速物聯網發展，因此氣渦輪機監

診系統也朝向相同的趨勢發展，而其核心就是數位化之資通訊架構。現今中國為了配合可再生能源大量發展，策略上極力推動發電廠智慧化，也就是除了在數位化之資通訊基礎架構上積極建置，並且在發電系統的運轉、維護等營運面引入智慧化之監診、分析與決策系統，使得傳統電廠之營運因電網再生能源之變動與優先調度特性而得以快速因應，在西門子相同的思維邏輯也在建構之中，如同 3-13 所示，其中包括 3 項要素：Data Base、Domain Knowledge 與分析方法(大數據)。

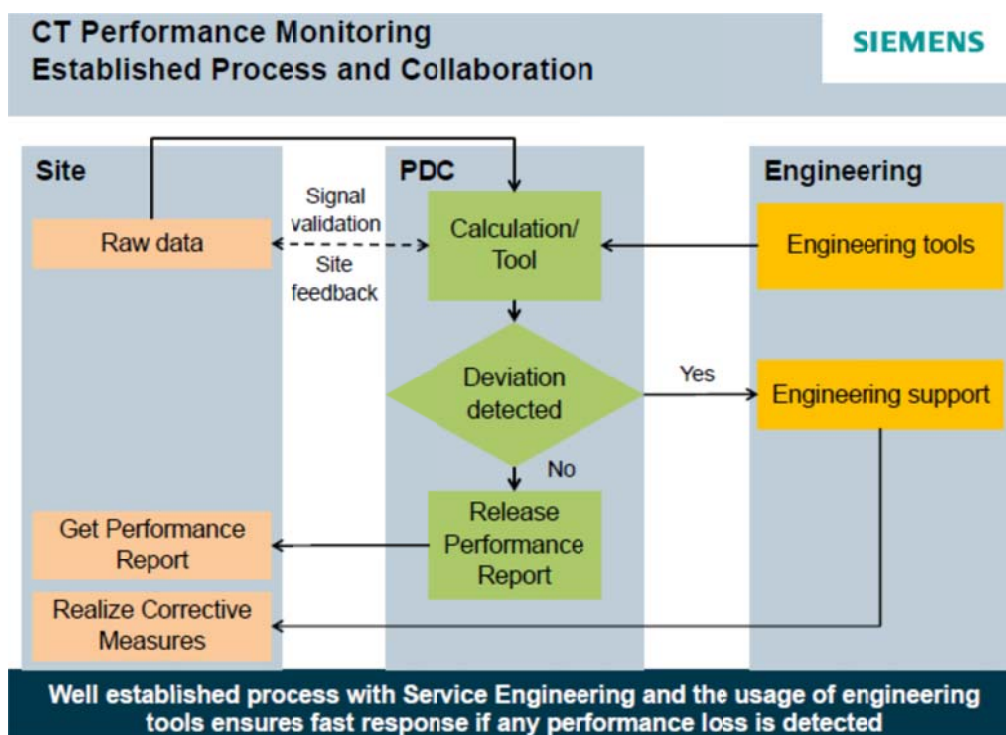


圖 3.8：西門子氣渦輪機監診運作系統與邏輯

Background

- Tracing of compressor efficiency is another part of continuous performance monitoring.
- Degradation effects depend on plant location and compressor washing cycles.
- Effect of compressor washing activities can be easily quantified.

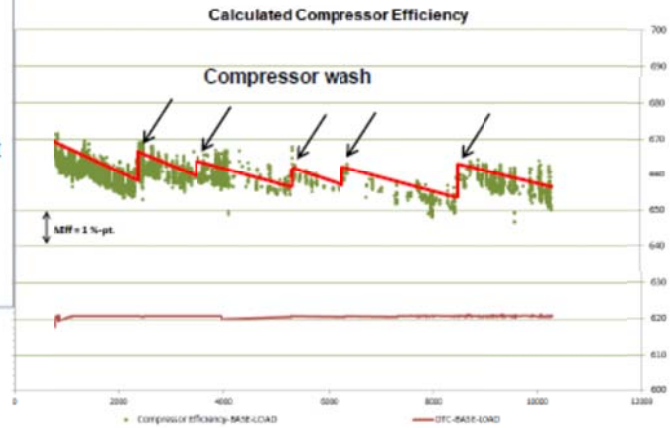
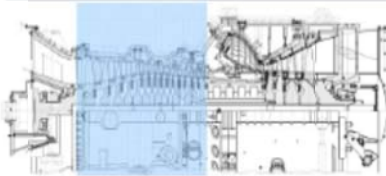


圖 3.9 監診系統應用於氣渦輪發電機壓縮機性能最佳化的案例

Boundaries

- Operational data continuously monitored and processed by engineering tools
- Optimized washing schedule based on customer specific key financial data and degradation
- Washing interval too large: efficiency decrease and risk of non recoverable degradation
- Interval too short: High washing costs, additional shut down might be needed

Customer Benefit can include

- Increased availability due to reduction of plant shutdowns
- Reduction of compressor washing costs

Long term data analysis

Potential of Performance Optimization by continuous monitoring

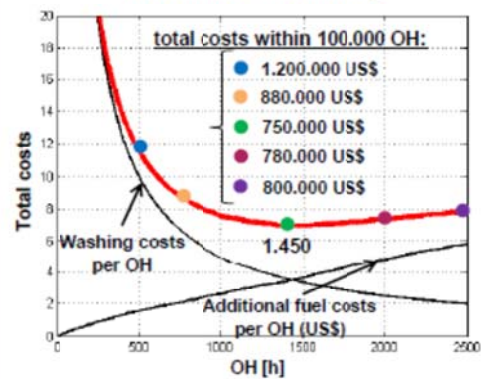


圖 3.10 監診系統應用於氣渦輪發電機壓縮機水洗週期最佳化的案例

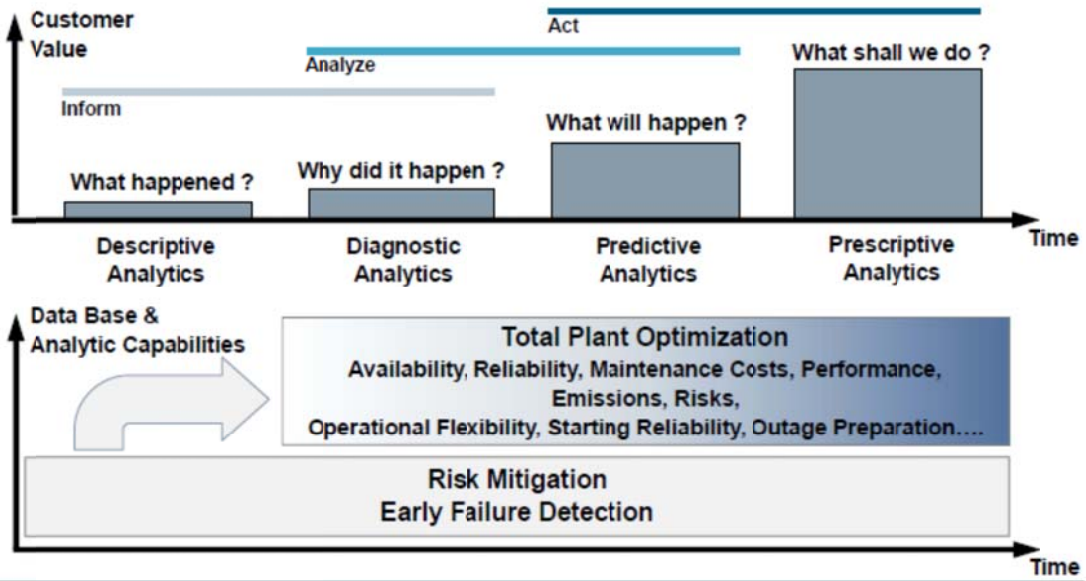


圖 3-11：監診系統數據庫與分析能力以及價值架構說明

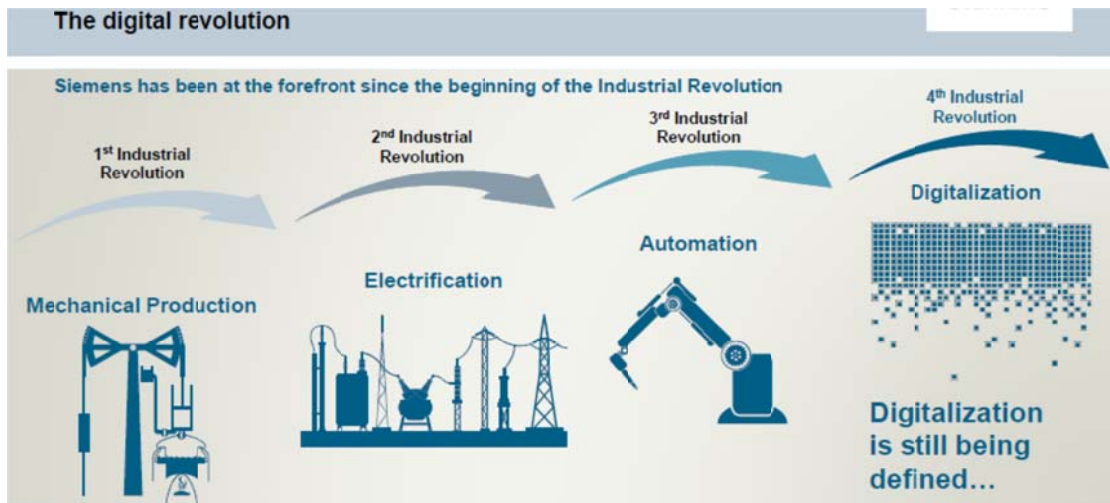


圖 3.12：機械化、電氣化、自動化進入到數位化工業化進程

Digitalization and data transform how service is delivered and create value for customers

SIEMENS
Ingenuity for life



圖 3.13：西門子電廠數位化與智慧化服務架構

四、結論與建議

1. 布萊梅和布萊梅港在風能行業擁有約 120 家公司，代表該行業的整個價值鏈。我方可考慮促成台中市政府與布萊梅邦政府簽屬離岸風電產業合作意向書，我方標準檢驗局或工研院與 Fraunhofer 公司的合作，台電或台中港勤公司與 EUROGATE 碼頭營運公司的合作。
2. 台中港的離岸風電碼頭是台灣離岸風電場開發關鍵，可參考布萊梅如何從一個漁港成功轉型成國際貿易大港，且成功建置離岸風力發電完整的產業鏈，未來在規劃設計上須更周全考量並納入相關單位之專業意見。
3. 離岸風場採用的風機大型化是必然的，近年來甚至有加速的趨勢。SENVION 將在 2017 年 6 月歐洲離岸風能研討會(WindEurope)發表世界上最大的 10MW 離岸風機，可見風機廠家的競爭非常激烈且技術愈臻成熟。風機大型化的趨勢，藉由風機系統設計的技術精進，與日俱增有加速與驚人的發展，值得關注。
4. 建議台電公司未來在訂定承攬商履約資格與採購發包策略時，考量施工界面管理等環節。另外，借鏡德國遭受環保組織抗爭經驗，因白海豚保育是國內環保團體極為關切事項，建議在基礎施工時採用氣泡牆隔離施工噪音之方法，避免抗爭的發生。

5. 參訪 Fraunhofer 風能暨能源系統機構(IWES)，瞭解其對風場開發商可提供：包括全尺寸靜力與與破壞力力學實驗的葉片轉子測試中心、離岸試驗場可進行離岸風機真實承受的累積性負荷量測(有別於實驗室中的材料負荷)、氣候實驗艙可進行力學與環境同時影響的模擬測試等服務。有助台電未來在規劃及推動離岸風電開發時，可訂定符合台灣特殊環境使用條件之風機規格，更兼具務實及前瞻思維。
6. 台電示範風場工程規範雖規定機型須符合 IEC 61400-1 Class IB 等級以上及 IEC 61400-3 規定之要求，但加入考量颱風情況之加嚴條件，即提供經國際合格認證機構審查核可之設計驗證資料，符合 50 年迴歸期其輪轂高度 10 分鐘平均極端風速 V_{ref} 須不低於 54 公尺/秒，且 3 秒鐘平均極端風速 V_{e50} 須不低於 73 公尺/秒，以確保風力發電機組安全運轉。
7. 本次台電成員對於布萊梅港經驗深有所感，將積極與台中港務公司洽租 5A、5B 碼頭及 4C 後線事宜，台中港務公司積極辦理碼頭設施改善工作，應可如期於 2019 年上半年陸續完成，可滿足離岸風電安裝水上設備(上塔架 T-Section、中塔架 M-section、下塔架 B-section、輪轂 Hub、機艙 Nacelle)之施工期程需求。
8. 自 2002 年德國政府頒布離岸風電發展白皮書起，布萊梅港開始它

轉型成為離岸風電專用港口之路。經過 10 幾年的努力，從全歐最大的漁港，一一解決裝載、航行等問題，讓廠商直接把製造好的產品運出海。並可供應運輸、物流、建築、能源等條件，且可與研究中心、學校合作者，屬第三類港埠設施型態。

9. 目前台中港 5A、5B 碼頭已開始改善工程，應足以應付離岸風電施工需要，進行風機重件組裝、後線暫儲與船舶裝、卸載之需求，至與碼頭場域內之重件吊裝機具、運輸車輛或倉儲建築物，建議由開發商視個案需要自行建置。預估可供每年 30 部 8MW 級以下各式風機預組裝之用，為本國離岸風電開發奠下重要里程碑。

10. 建議台中港可參考布萊梅港務公司之經驗，致力於港口基礎建設及維護，對於港口營運及物流服務提供則由民間專業機構操作；以長期發展而言，開發商選擇距離風場最近的港口為設置風場降低成本之關鍵因素，港口為海、陸運輸之樞紐，是風機生產及船舶與其他運輸工具的銜接點，除具備基本重件碼頭，更應具發達的交通網路及廣大的腹地，並擁有足以擴充之產能。因此在政策上，需同時兼顧產業需求、確保基礎建設、船機設備之投入與使用效益，避免投資浪費與資產閒置，逐步引導風電產業在地化。

11. 台灣即將展開大規模的海上風場開發，未來勢必有大批工作人員於海域中進行工程作業，及早訂定海事工程施工安全標準是防範工

安問題發生及保障勞工安全必要的措施，離岸風電業界已逐漸形成共識將以 GWO 安全訓練為基本要求，情況就如同全世界跨國航行得商船船員必須要接受 STCW 訓練課程取得結業證書一樣。建議政府統籌產官研能量組成聯合工作小組，積極協助台電公司、港勤中心及工研院綠能所、金工中心與船舶中心，共同設立符合國際標準的海事安全訓練中心，未來可於國內進行人員訓練及發證的工作。

12. 本所氣渦輪機葉片再生研發已進行相當時日，結合本公司其他單位在市場、產能與技術等面向之策略運用而得以創造公司最大利益，建議未來更可以此為基礎除自行研發外並尋求外界合作機會，加速技術升級以創造多角化經營之機會。
13. 能源轉型未來勢必對國內電力產銷架構與運作產生劇變，傳統電廠須及時朝向智慧電廠轉型，具備運轉力、維護力與預測力；以配合傳統集中型電網系統順利過渡至高占比再生能源的分散式電網系統，並提高電廠營運競爭力。一如智慧電網發展，傳統電廠轉型智慧電廠仍需要研發資源與時間之投入，2025 發電占比，80%仍來自於傳統電廠，屆時如儲能也未能及時上線，穩定供電仍需仰賴具備運轉彈性的傳統電廠達成，因此，研發資源的配置實應兼顧綠能與傳統電廠。