

出國報告（出國類別：洽公）

離岸二期海上變電站設備 訪廠及廠驗工作

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：劉建億工程監

張申霖工程師

派赴國家/地區：越南

出國期間：114年3月10日至3月16日

報告日期：114年5月5日

摘要

本洽公行程係因應本公司執行「離岸風力發電第二期計畫-風場財物採購帶安裝案」(以下稱：本案)，本文中，海上變電站之上部結構(含機電設備)及下部結構自民國 112 年起陸續啟動製造作業，目前各項製造工作已逐步進入收尾階段，並預計參與出廠前的各項測試作業。

為確保設備製造品質符合契約規範，並確認整體進度符合預定交貨與安裝時程，爰偕同本案承攬商-富崴能源股份有限公司，赴南越胡志明市(海上變電站)之製造工廠，實地訪查相關設備製造協力廠商之作業情形，進行品質稽核與進度確認。

目錄

壹、 洽公目的	4
貳、 洽公過程	4
一、 出返國行程概述	4
二、 PV SHIPYARD 公司介紹	5
參、 離岸二期海上變電站	6
一、 海上變電站下部結構	6
二、 上部結構設計及機電設備規劃	9
三、 上部結構電氣設備測試	12
四、 運輸駁船支撐格柵	22
肆、 考察心得及建議事項	24

圖目錄

圖 1 本案海上變電站下部結構等距投影圖.....	6
圖 2 海上變電站下部結構製造現況（3 支鋼管樁）.....	7
圖 3 海上變電站下部結構製造現況（1 支鋼管樁於碼頭邊）.....	8
圖 4 海上變電站下部結構製造現況（套筒桁架）.....	8
圖 5 本案海上變電站上部結構等距投影圖.....	10
圖 6 海上變電站上部主結構甲板已完成.....	11
圖 7 PV Shipyard 會議說明本案海上變電站進度.....	12
圖 8 現場進行吊車測試進行工具箱會議.....	15
圖 9 執行吊車各項操作測試.....	15
圖 10 HVAC Switchboard 盤之絕緣電阻測試.....	16
圖 11 C&P 盤體測試.....	17
圖 12 模擬 C&P 盤體跳脫及實際動作測試.....	17
圖 13 吊車(1500kg)荷重(1875kg)測試.....	18
圖 14 吊車(1500kg)荷重(1650kg)測試.....	18
圖 15 直升機平台照明系統測試.....	19
圖 16 直升機平台照明開關控制測試.....	19
圖 17 執行 VT 測試前工具箱會議.....	20
圖 18 加壓後 VT 變比值確認.....	20
圖 19 SA 設備(R 相)測試.....	21
圖 20 230V AC UPS 設備測試.....	21
圖 21 海上變電站駁船支撐格柵製造廠.....	22
圖 22 海上變電站駁船鋼管樁支撐格柵.....	23
圖 23 海上變電站駁船套筒桁架支撐格柵.....	23

壹、洽公目的

本公司興辦「離岸風力發電第二期計畫-風場財物採購帶安裝案」(以下稱：本案)，採用 31 部 Vestas 9.5MW 離岸風力發電機組，其水下基礎結構則採四足式套筒式，同時設有海上變電站 1 座，將 66kV 之離岸風力發電機組輸出電壓升壓至 161kV 之電力系統電壓，再經由外送海纜引接至海陸纜轉接後改以地下管排經本案陸上電氣室，進行功率補償後併入本公司輸電網。

本案依整體進度排程及工程推展，目前各製造項目已陸續收斂，其中海上變電站相關設備刻正於越南製造廠陸續展開出廠驗收前之各項測試，爰赴越南參與前述設備測試查察與技術交流，以期精進作業流程及降低檢驗風險，亦可確實掌控專案設備製造階段期程。

藉由實地查訪本案海上變電站設備之製造協力廠商，確實查察各項設備生產品質是否符合契約規範，亦可增進派遣出國人員現場實務經驗及國際視野，以助於後續本公司離岸風場現地安裝及運轉維護工作之監造及執行。

貳、洽公過程

一、出返國行程概述

抵達越南胡志明市即赴海上變電站機電設備工廠及上、下部設備製造廠(PV Shipyard)查察構件及設備產製進度，落實品質管理與自主檢驗及試驗工作，並確保各項環境、安全與衛生規定的確實執行。同時，透過技術交流與意見回饋機制，亦可優化作業流程，以提升效率並降低組裝作業風險

時間	地點	工作概要
3 月 10 日	台灣桃園市、越南胡志明市	去程： 台灣桃園機場→越南胡志明機場 抵達後前往海上變電站設備工廠(PV Shipyard)進行訪廠及廠驗工作

3 月 11 日	PV Shipyard (越南胡志明市)	PV Shipyard : 海上變電站機電設備電氣設備測試及 上、下部結構製造工廠參訪、 專案進度討論與意見交流
3 月 12 日	PV Shipyard (越南胡志明市)	PV Shipyard : 海上變電站機電設備電氣設備測試 與意見交流
3 月 13 日	PV Shipyard (越南胡志明市)	PV Shipyard : 海上變電站機電設備電氣設備測試 與意見交流
3 月 14 日	PV Shipyard (越南胡志明市)	PV Shipyard : 海上變電站機電設備電氣設備測試及 駁船支撐格柵結構製造工廠參訪、 製造進度討論與意見交流
3 月 15 日	PV Shipyard (越南胡志明市)	PV Shipyard : 海上變電站機電設備電氣設備測試 下部結構參訪與意見交流
3 月 16 日	越南胡志明市、台灣桃園市	回程： 越南胡志明市機場→台灣桃園機場

二、 PV Shipyard 公司介紹

PV Shipyard(全稱：PetroVietnam Marine Shipyard Joint Stock Company)為越南國家石油與天然氣集團 PetroVietnam 旗下之子公司，該公司主要從事海上石油及天然氣產業鑽井平台，亦有參與離岸風力發電機基礎結構的建造，如浮式設施與離岸風電水下基礎等鋼結構之製造、施工及測試等。該公司在越南當地擁有之船廠佔地約 39.8 公頃，並設有 336m 長的碼頭、46,000 m²的製造場與倉庫、運輸及起重設備。

參、離岸二期海上變電站

一、海上變電站下部結構

(一) 海上變電站下部結構(套筒桁架)設計成果

本案海上變電站下部結構採用四足式套筒桁架(jacket)，並採用後打樁施工方式(見圖1)。於套筒桁架的東北側與西南側各設置一座船靠系統(Boat Landing)，以利船隻靠泊作業。東南側設置3條供外送海纜使用的套管，以及2條備用套管；而西南側與東北側則各配置3條供陣列海纜使用的套管，以支援電纜佈設需求。

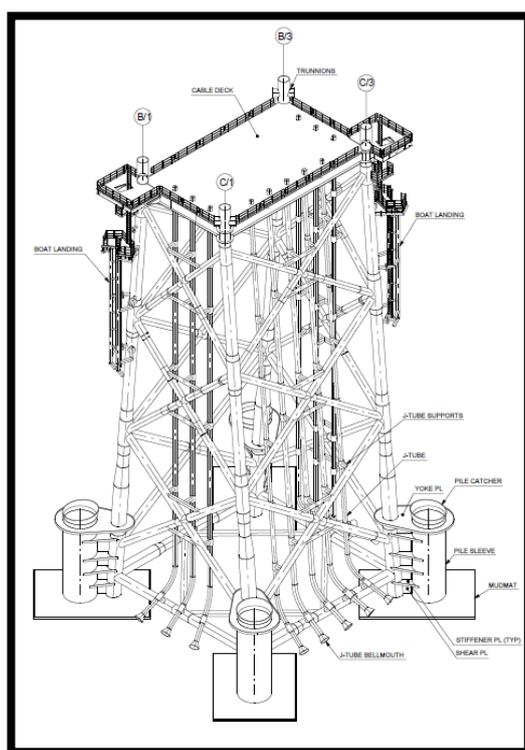
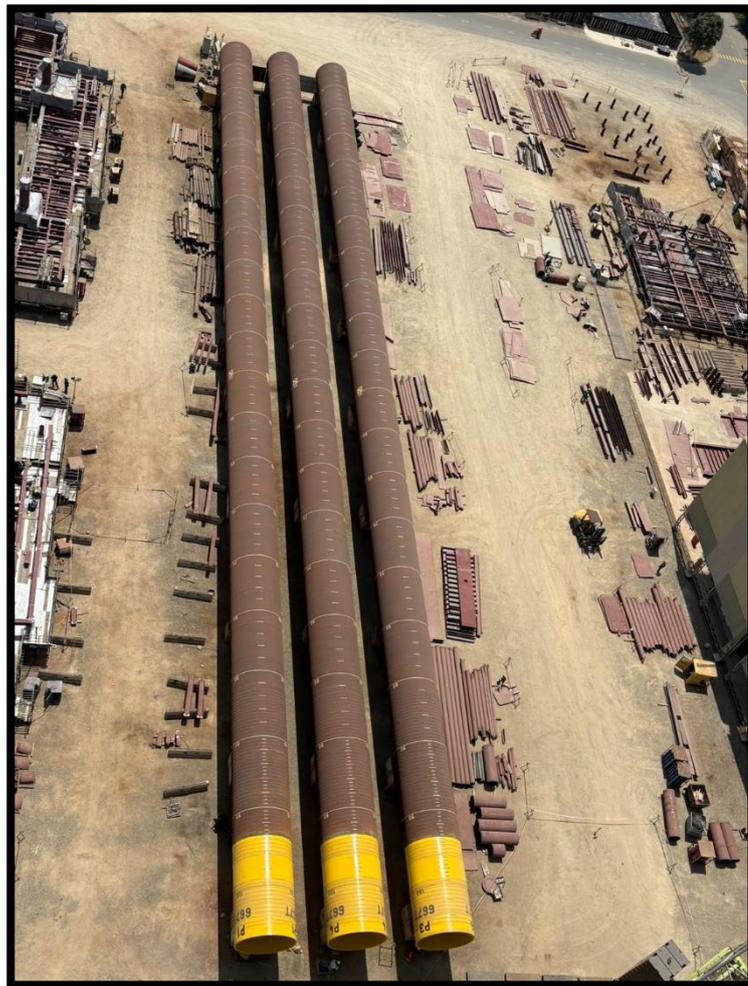


圖 1 本案海上變電站下部結構等距投影圖

(二) 下部結構製造狀況：

本案海上變電站下部結構係由寶崴海事工程公司(以下稱：SFE) 之分包廠商越南 PTSC 負責製造，本次訪廠亦由 SFE 專案經理 SVen 為我們報告當下製造進度，本案海上變電站係採用 4 支鋼管樁及四足式套筒式水下基礎結構，目前均完成製造(圖 2 及圖 4)，圖 3 為其中 1 支運至碼頭邊之鋼管樁，待載運駁船抵達後即可進行裝載作業，海上變電站下部結構(Jacket)預計今年 5 月前可完成裝運至風



場安裝。

圖 2 海上變電站下部結構製造現況 (3 支鋼管樁)



圖 3 海上變電站下部結構製造現況（1 支鋼管樁於碼頭邊）



圖 4 海上變電站下部結構製造現況（套筒桁架）

二、 上部結構設計及機電設備規劃

(一) 上部結構則設計有六層鋼結構體自下而上分別為：

1. CABLE DECK (第一層)：

- 陣列海纜及輸出海纜 J 形管
- 頂靠設施匝口。

2. LOWER DECK (第二層)：

- walk to work 平台
- 物料吊卸平台
- 汗水處理設施。

3. MAIN DECK (第三層)：

- 66kV/161kV 250MVAR 變壓器 2 台
- 變壓器散熱器 2 台
- 66kV GIS
- 161kV GIS
- 低壓控制盤。

4. MEZZANINE DECK (第四層)：

- 海上變電站用電變壓器(所內用電)
- 充電機及電池室、控制室、電源室、空調系統室。

5. UTILITY DECK (第五層)：

- 潔淨氣體消防系統

- 工作室、控制室、其他緊急留宿生活空間。

6. ROOF DECK (第六層):

- 緊急柴油發電機
- 主吊車
- 空調系統散熱器。

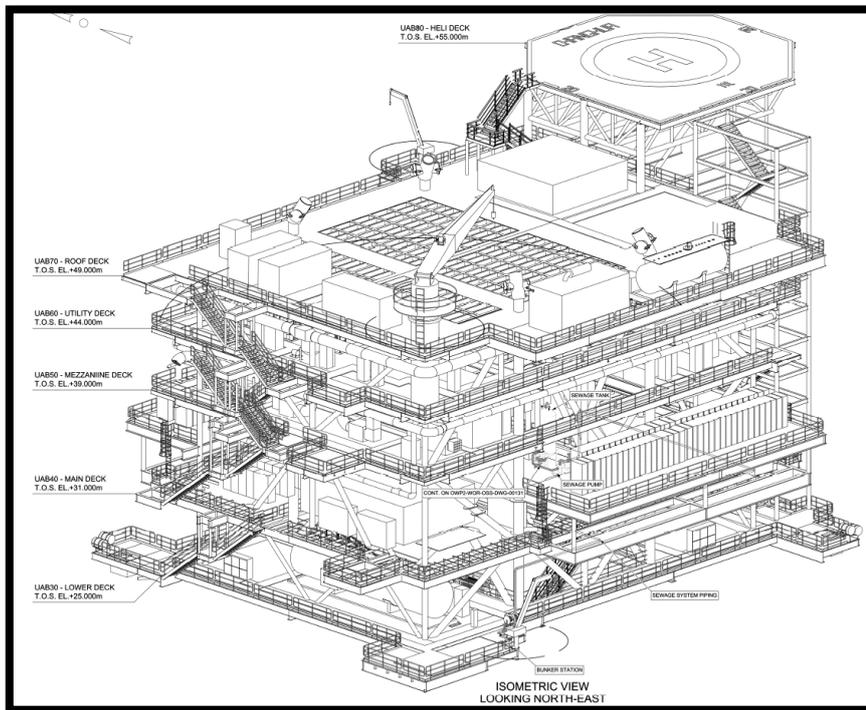


圖 5 本案海上變電站上部結構等距投影圖

(二) 上部結構製造狀況：

目前主結構甲板第一層至第五層（含電氣設備層）均已完成組立，其各樓層機電設備底座、高低壓電纜槽等，亦均已完成安裝，另考量專業技術分工，亦有規劃直升機停機平台，現場持續辦理相關機電設備出廠測試(FAT, Factory Acceptance Test)，預定114年5月下旬可完成。

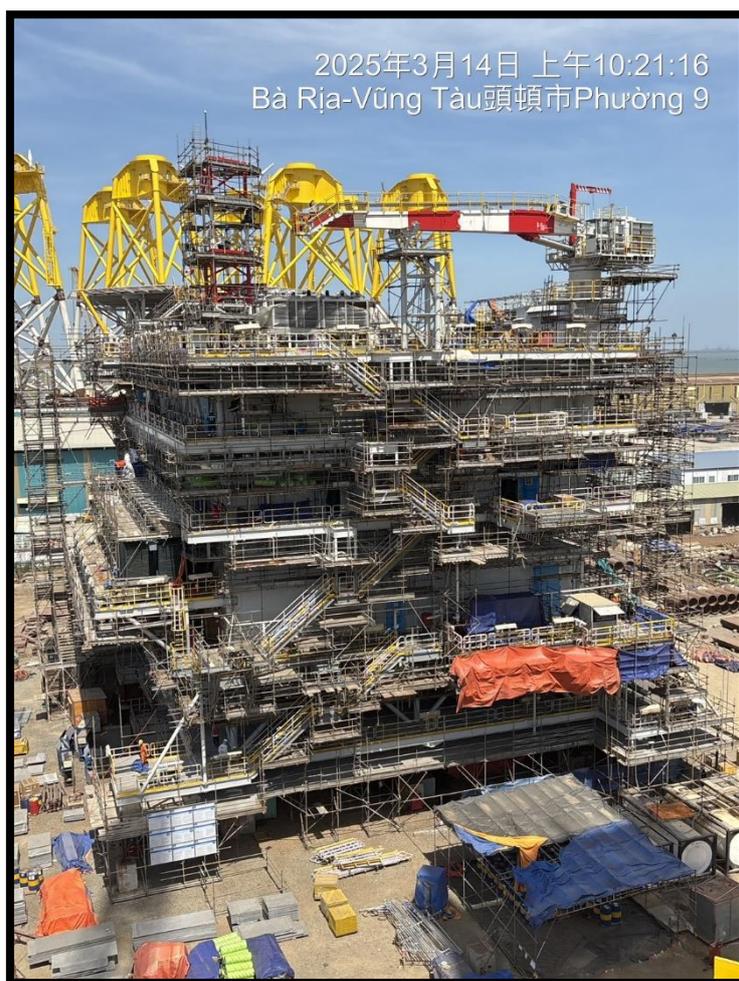


圖 6 海上變電站上部主結構甲板已完成



圖 7 PV Shipyard 會議說明本案海上變電站進度

三、 上部結構電氣設備測試

本次前往製造廠參與各項電氣設備之出廠前測試，主要項目包含吊車、配電盤、開關設備、變壓器及相關控制與保護裝置。過程中，亦針對設備外觀、組裝品質、功能測試及絕緣阻抗等項目進行全面檢查，並完成相關測試數據之記錄。另如有發現需調整或補強之處，已當場提出並請廠商改善，確保本案設備符合交貨標準及後續安裝使用需求，以下是本次參與之出廠前測試及其說明：

(一) Roof Deck 吊車(1500KG)測試

為驗證吊車透過空載、額載與超載等測試，其運作安全性與穩定性，及檢查結構與煞車裝置等功能是否正常，以確保設備將來運作時能安全運行(圖 8~圖 9)。

(二) HVAC(空氣調節系統)Switchboard

為確認 HVAC Switchboard 盤內部導體與外殼、導體與導體間之絕緣狀況是否良好，並確保正常使用下不會產生漏電、短路或觸電等危害，以保障設備操作人員之安全(圖 10)。

(三) C&P 盤體測試

主要係確保保護電驛盤內各項電驛元件（如過電流、欠壓、過壓、接地保護、距離保護等）的功能是否正常，現場執行 66kV 各盤體測試（如靜態接點確認、功能測試、跳脫模擬及實際動作等），以確保系統於異常或故障狀況下能迅速、準確地發出跳脫命令，保護相關電氣設備與人員安全(圖 11～圖 12)。

(四) Low Deck 之 Davit crane 吊車測試

荷重測試分別為 1500kg、1650kg (1.1 倍) 及 1875kg (1.25 倍)，確認吊車於額定荷重及超載條件下之結構強度與運行穩定性，並檢查吊車在不同荷重狀況下之升降、橫移、行走功能是否正常，並觀察運作時是否順暢無異常聲響或異常震動。測試期間同步確認煞車系統、極限開關及過載保護裝置之作動情形(圖 13～圖 14)。

(五) Helideck(直升機平台) 燈光測試

為確認直升機平台照明系統之照度、亮度分佈、開關控制、燈具運作及緊急照明系統功能能正常運作，並透過實地點燈、照度量測、回路檢查及模擬斷電等測試，確保照明設備能於正常或緊急狀況下提供足夠且安全的照明(圖 15～圖 16)。

(六) 161kV GIS VT (電力變壓器) &SA (避雷設備) Test

1. VT 測試：

透過對設備加入額定電壓(112kV)並進行變比測試、絕緣電阻測

試、介質損耗因數測試等。測試過程中確認各繞組阻值在容許誤差範圍內，變比正確且對應相序無誤，絕緣性能良好，無擊穿或異常放電現象(圖 17~圖 18)。

2. SA 測試：

確認設備具備有效的過電壓保護能力，保障電力系統及關鍵設備免於雷擊或突波損害。透過本項測試可及早發現設備是否有劣化、絕緣異常或接地不良等問題，並確保其動作靈敏與功能正常，及預防突發故障與人員危安風險(圖 19)。

(七) 230V AC UPS

於系統供電異常時，能即時切換至電池模式並持續供電予關鍵負載，以驗證供電穩定性、切換反應、電池備援時間與告警功能是否正常，同時透過模擬異常狀況，檢查其電池狀態、監控系統、告警與保護機制是否正常，以確保整體電力系統的穩定性與安全性(圖 20)。



圖 8 現場進行吊車測試進行工具箱會議

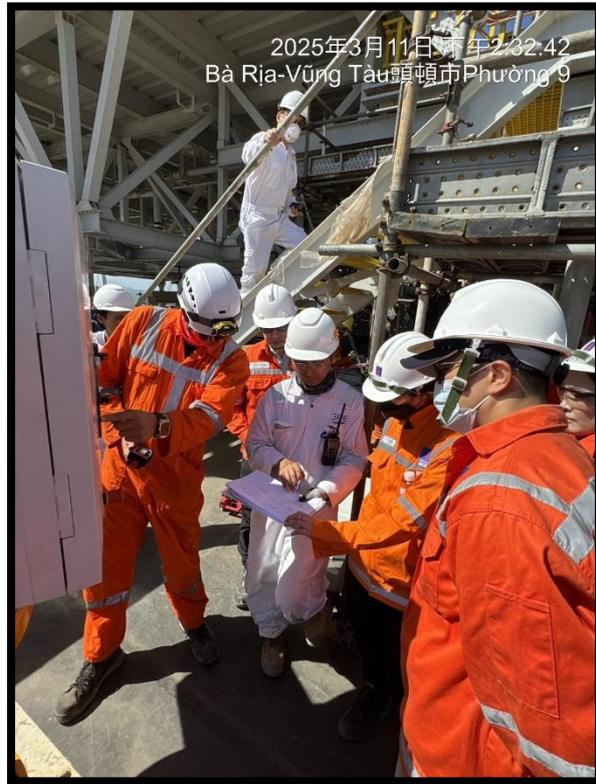


圖 9 執行吊車各項操作測試

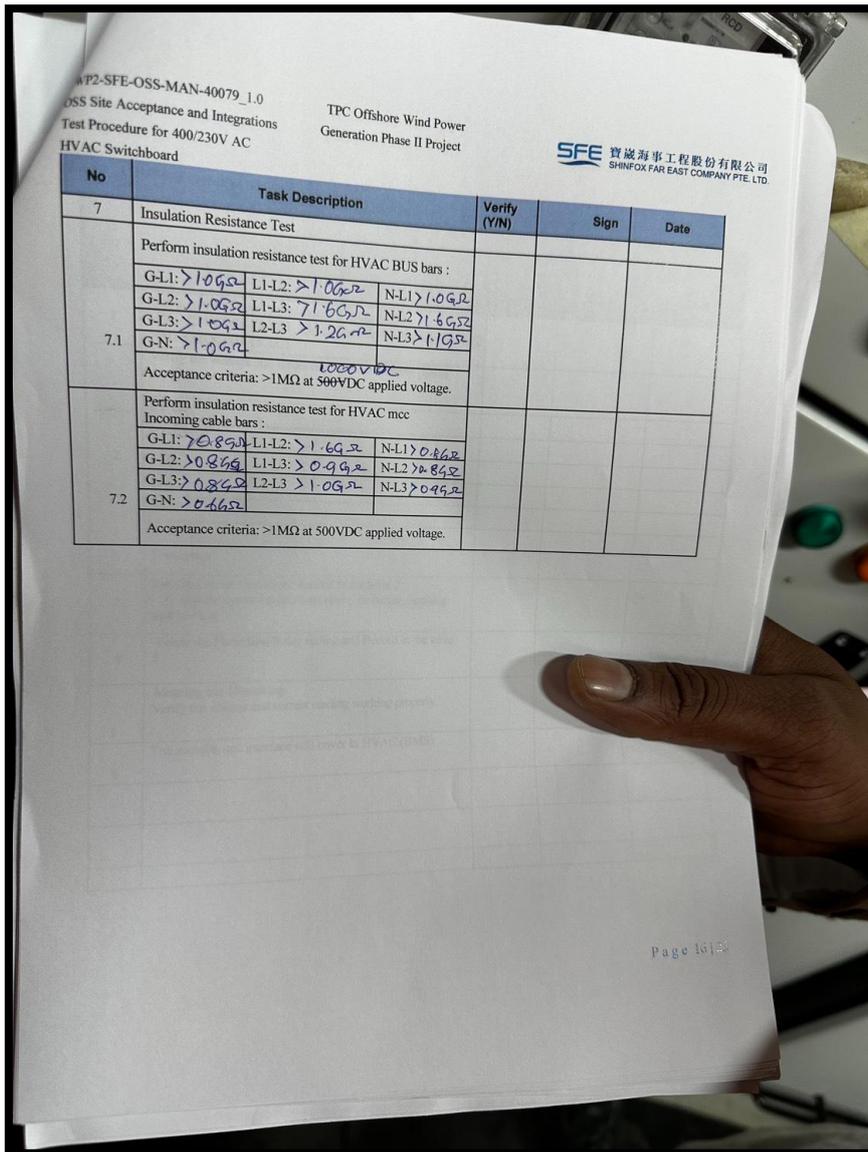


圖 10 HVAC Switchboard 盤之絕緣電阻測試

※絕緣電阻值測試結果符合，無異常



圖 11 C&P 盤體測試



圖 12 模擬 C&P 盤體跳脫及實際動作測試

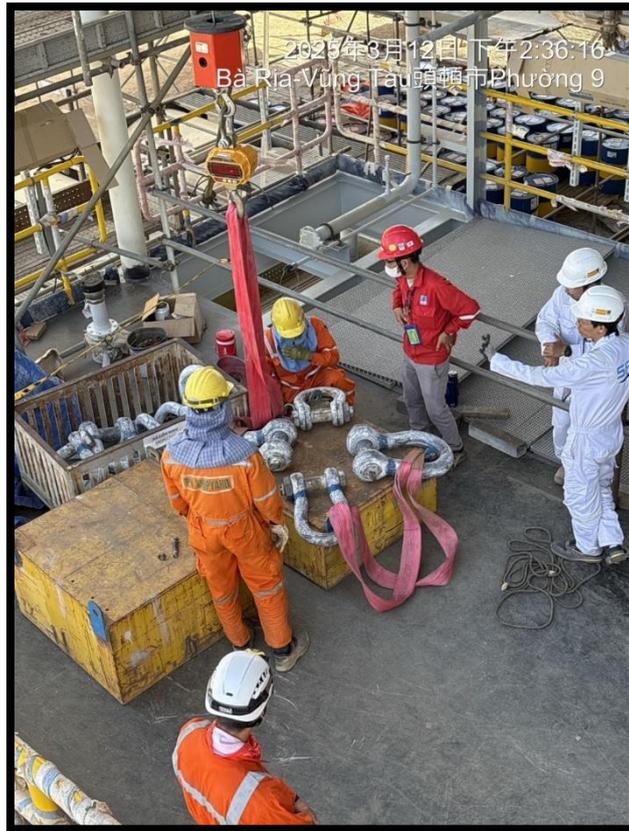


圖 13 吊車(1500kg)荷重(1875kg)測試



圖 14 吊車(1500kg)荷重(1650kg)測試

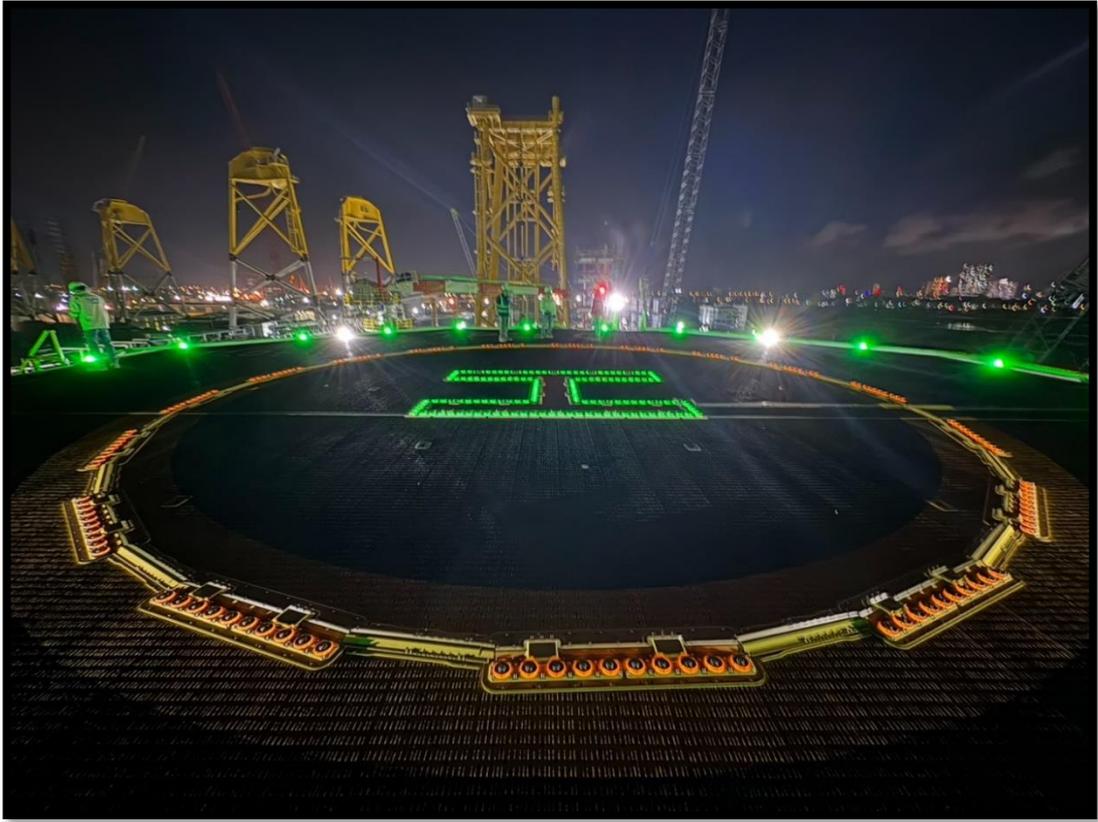


圖 15 直升機平台照明系統測試



圖 16 直升機平台照明開關控制測試



圖 17 執行 VT 測試前工具箱會議



圖 18 加壓後 VT 變比值確認



圖 19 SA 設備(R 相)測試



圖 20 230V AC UPS 設備測試

四、 運輸駁船支撐格柵

支撐格柵主要用為本案海上變電站鋼管樁及套筒桁架執行海運與吊裝的臨時作業平台，並具備分散載重、防滑排水與模組化組裝等特性，可有效提升吊裝作業的安全性與效率，並因應不同海象與施工需求彈性配置，為海上重型設備運輸與施工的重要輔助結構。目前本案海上變電站套筒桁架與鋼管樁之下層支撐格柵已完成 95%，待運輸駁船靠港即可進行安裝作業。(圖 21~圖 23)



圖 21 海上變電站駁船支撐格柵製造廠



圖 22 海上變電站駁船鋼管樁支撐格柵



圖 23 海上變電站駁船套筒桁架支撐格柵

肆、考察心得及建議事項

首先，謹此誠摯感謝本處蔡英聖處長與王平貴廠長肯定，使我們得以透過本處 114 年度出國計畫之調整安排，派遣兩位同仁代表本處前往越南，執行「離岸風力發電第二期計畫」海上變電站設備訪廠及廠測之任務。本次任務對本案具有重大意義，亦為本公司累積離岸風電設備製造經驗的寶貴機會。考量本公司於本案中首度規劃建置自有的海上變電站，而目前國內受限於港口腹地、水深條件等因素，尚無具備製造海上變電站能力之廠商，同時亦缺乏實際相關經驗與技術基礎，故本次能夠實地前往越南胡志明市，親自了解海上變電站在製造階段之環境、流程與技術細節，實屬千載難逢之機。藉由此次深度觀摩與交流，除有助於當前製程監督，更能夠為未來本案風場完工後之設備點檢、操作與維運提供實質助益。

此外，本次行程亦納入參與重要電氣設備出廠前測試（Factory Acceptance Test, FAT）之任務，其中涵蓋 66kV 與 161kV 變壓器、氣體絕緣開關設備（GIS）、控制與保護系統等核心機電設備。透過現場參與測試過程，得以實際驗證設備性能與安全保護機制是否符合技術規範與契約要求，同時觀察廠商在測試程序、試驗紀錄、異常處理與品質管控方面的實際作為，有助於提前發現潛在風險，並強化未來安裝及營運階段的整體可靠性。在與廠商、第三方檢驗單位及承攬商工程人員的協同作業下，亦進一步熟悉各類測試儀器之操作流程與技術標準，並針對部分功能試驗進行即時交流與疑義釐清，對於提升本處人員實務技術判讀能力大有助益。透過此次 FAT 參與，強化了本處人員對電氣系統整體構成與控制邏輯的理解，有助於後續設備進場安裝、佈線接續及通電測試等階段的作業掌握，亦為營運端後續維護保養與異常排除奠定基礎。

本次行程的主要任務除針對本案海上變電站之製造進度與品質進行實地查核外，更透過參訪越南當地製造廠區，與來自越南、新加坡及馬來西亞等國之工程師進行技術交流與經驗分享。交流過程中，雙方就設備製造的核心技術、工序管理、製程選擇、人工成本評估，以及不同政治與營運

環境下之製造策略進行深入探討。此一多元國際視野的交流經驗，讓與會同仁在專業知識與全球化理解上皆有顯著提升。

現場亦觀察到該廠除負責本案之海上變電站製造外，亦同時承製多項台灣離岸風電專案設備，如沃旭大彰化風場的沉箱式水下基礎等，顯示其具備豐富的製造經驗與充沛的生產能力，足以因應多樣化鋼構設備之生產需求。

離岸風力發電作為全球再生能源的發展重點，各國依其製造量能、政策導向與社會背景，形成多元的推動策略與技術優勢。此次越南洽公行程，讓本處得以在設備製造、國際交流與跨國觀摩中獲得珍貴經驗。再次感謝台電公司及再生能源處各級主管的支持，使我們得以親身參與這場與未來風場建設密切相關的重要任務，除對本案執行大有助益，亦為本處在離岸風電技術耕耘之路上，奠定更加堅實的基礎。