

年輸送60億度綠電 助中國開發深遠海風電 全球最大風電心臟「海風之心」抵粵安裝



▲「海風之心」約有15層樓高，每一層平面的面積相當於一個標準足球場。



▲全球規模最大海上換流站「海風之心」日前抵達廣東陽江青洲海上風電場安裝海域。

創科前線

全球規模最大海上換流站

「海風之心」日前抵達廣東陽江青洲海上風電場安裝海域，4日起開展海上浮托安裝作業。作為陽江青洲五、七期海上風電場的核心樞紐，有海上風電設備「心臟」之稱的「海風之心」約有15層樓高，每一層平面的面積相當於一個標準足球場。

「海風之心」實現的超高壓柔性直流輸電技術突破，標誌着中國海上風電進入超高壓直流輸電時代，助力中國海上風電向深遠海規模化開發。「海風之心」投入使用後，將匯集陽江青洲兩個風電場的電能，每年將為粵港澳大灣區輸送清潔電能約60億千瓦時（度）。



掃碼睇片

大公報記者 方俊明報導

中國海上風電進入超高壓直流輸電時代

作為深遠海風電運行的關鍵裝備，海上換流站的作用是匯集風機電能，進行升壓換流後再通過海底電纜輸送到岸上，因此也被稱為海上風電設備的「心臟」。據了解，「海風之心」約有15層樓高，重達2.5萬噸，是世界規模最大的海上換流站，將為深遠海風電產業的發展注入新動能。

由於「海風之心」安裝作業所處的廣東陽江青洲海上風電場海域，無近岸依託，面臨風浪大、流速強、鹽霧腐蝕重及颱風頻發等多重複雜環境考驗，項目團隊24小時密切監測海況、潮汐和風浪變化。

換流站內部集成電氣、暖通、消防等大量精密設備，針對南海海域高鹽霧、高濕度、強風浪等嚴苛環境，項目團隊創新施工工藝，對設備進行強化升級，採用多重防腐與抗震設計，全面適配深遠海長期穩定發電需求。

作為全球首座±500千伏/2000兆瓦柔性直流海上換流站，「海風之心」採用全國首創模塊化、集約化送出系統，可匯集陽江青洲五、七期兩個風電場163台風機的電能，完成匯集、升壓、換流全流程，再通過海底電纜穩定輸送至陸地電網。「深遠海風電開發的核心難題是電能高效穩定上岸。『海風之心』通過創新設計將風機66千伏交流電，轉化為±500千伏超高壓直流電，依託柔性直流輸電技術，相比傳統交流輸電，電能損耗降低60%，輸送效率大幅提升。」中國能源建設集團廣東省電力設計研究院有限公司計劃經理程俊表示，「海風之心」能將電能穩定直達負荷中心，解決了深遠海輸電損耗大、穩定性差的痛點問題。

運維無人化智能化 提升管理效能

「海風之心」項目在陽江青洲海上風電場海域投入使用後，將創新採用無人化、智能化運維模式，構建遠程集控、分級診斷、片區維護、專業檢修的全流程生產管控體系，大幅提升運行管理效能。該項目也標誌着中國海上風電正式進入超高壓直流輸電時代，為深遠海上風電規模化開發提供了可複製、可推廣的技術方案。

據了解，陽江青洲五、七期兩個風電場是廣東陽江海上風電產業的重點項目，總裝機容量達200萬千瓦。這兩個風電場採用國產化主要電氣設備，填補了中國海洋工程領域多項技術空白，通過「海風之心」每年將為粵港澳大灣區輸送清潔電能約60億千瓦時，等效減少二氧化碳排放約500萬噸，為大灣區能源結構轉型升級注入強勁動力。



▲監理人員對「海風之心」開展驗收工作。



▲目前廣東陽江青洲海上風電場已建成千萬千瓦級海上風電受託者供圖

數看「海風之心」

長：85.5米
寬：82.5米
高：44米
重：2.5萬噸

- 整體高度相當於15層居民樓，平面面積相當於一個標準足球場，是全球規模最大、輸送容量最大的海上換流站。

「海風之心」技術創新

轉換方式

- 是世界首個±500千伏/2000兆瓦柔性直流海上換流站，可將海上風機發出的66千伏交流電匯集起來，以低損耗、高效率的方式轉化為±500千伏的高壓直流電。
- 採用全國首創的模塊化、集約化送出系統。

施工工藝

- 國際先進的整體浮托安裝工藝，採用陸上總裝、一體運輸、海上一次安裝模式，替代傳統分體吊裝方案。
- 全維度智能監測，融合風、浪、流、潮、船舶運動及壓載全過程等數據，實現施工全過程可視化監測。

大公報記者方俊明整理



▲海上換流站換流閘廳。

被稱為海上風電設備「心臟」的海上換流站，是深遠海風電運行的關鍵裝備，作用是將各風機發出的交流電匯集、升壓並轉換為高壓直流電，再通過海底電纜輸送到岸上，接入陸地電網。將各風機發出的交流電轉換為高壓直流電，能夠大幅降低長距離海纜輸電損耗，有助於讓離岸深遠海域的優質風能資源得到充分開發與利用。

什麼 是海上換流站？
大公報記者方俊明

借助潮汐浮托 毫米級精準安裝

工藝突破

「海風之心」近日從江蘇南通振華碼頭啟運，歷經一千多海里的航行，約一周時間抵達廣東陽江青洲海上風電場安裝海域。由於「海風之心」重量遠超中國船機吊裝能力極限，將採用國際先進的整體浮托安裝工藝進行作業。三峽集團廣東分公司陽江公司海上風電項目負責人黃勇表示，海上浮托借助潮汐變化、船舶調載、高精度定位系統，在海上完成毫米級精度安裝。

據了解，浮托安裝的核心是利用潮汐自然力和船舶動力定位系統，將載運「海風之心」的半潛船「倒庫」進入預先沉放於海底、距水面約30米的導管架基礎槽口。通過駁船壓載，將上部模塊下放至導管架上，最終完成安裝任務。而浮托安裝對海況條件要求極高，為尋找精準的浮托安裝窗口期，確保風浪海流等環境數據均在浮托安裝設計值內，項目團隊需要通過精確的壓載調整，控制船舶吃水深度，使2.5萬噸的上部組塊與導管架實現毫米級精準對接。安裝施工期間，海事部門進行遠程安全管

控，劃定安全作業區，全程監督安全措施落實，全過程保障「海風之心」順利安裝。

「海風之心」在施工工藝創新方面有多項新突破，除了整體浮托工藝外，還有智能監測融合、風、浪、流、潮以及船舶運動、壓載過程等狀態全部實現可視化監測；同時採用冗餘動力定位，DP2系統配合推進器冗餘，在惡劣海況下仍能保持定位穩定。此外，借助潮汐精準施工，基於實測高程精細計算，最大化利用海上作業窗口期。



▲「海風之心」的萬噸級鋼結構導管架早已在廣東陽江預先沉放就位。

裝備國產化 中國海上風電裝機冠全球

走向深海

「十五五」規劃綱要明確提出，到2030年海上風電累計併網裝機規模達到1億千瓦。今年以來，中國海上風電裝備不斷取得新突破。從全球首台20兆瓦海上風電機組在福建海域成功併網，實現關鍵部件100%國產化；到全球單機容量最大漂浮式海上風電平台「三峽領航號」在廣東陽江海域完成安裝，項目首次應用國產化特種聚醯胺維繫泊纜，單根可承受約1300噸拉力；再到全球首座±500千伏/2000兆瓦柔性直流海上換流站「海風之心」加快安裝啟用，中國海上風電裝備產業正加速從近海走向深遠海。隨著近海資源開發逐步趨於成熟，深遠海將成為中國海上風電發展的主戰場。

據中國電力企業聯合會數據，截至今年第一季度，中國海上風電裝機4722萬千瓦，佔全球總裝機的52%，穩居世界第一，已形成整機製造、勘測設計、施工安裝、運行維護、併網管理等完整的產業鏈，規模化優勢顯著。同時，目前中國海上風電產業鏈自主可控能力持續增強，在關鍵裝備領域，大容量風機、超長

葉片、漂浮式平台、永久繫泊纜繩、柔性直流換流閘、動態海底電纜等核心設備和部件持續實現國產化突破。

陽江加速打造「綠能之都」

三峽新能源陽江發電有限公司工程師郭保東表示，全球規模最大海上換流站「海風之心」所代表的超高壓直流輸電技術突破，將進一步鞏固陽江市在全國海上風電領域的領先地位，提升本地綠電產能規模，助力陽江加快打造「綠能之都」。目前陽江正加快建成千萬千瓦級海上風電基地，預計今年將實現千萬千瓦級併網目標。

據了解，廣東陽江市已成為中國規模最大、產業鏈最完整、產業集聚度最高的海上風電裝備製造基地，下線了亞洲最長的118米抗颱風型海上葉片，量產了全球最大的16兆瓦海上永磁直驅風電機，也成功研發了全球首台抗颱風型漂浮式海上風電技術。截至去年底，陽江海上風電獲批規劃總裝機2000萬千瓦，建成裝機突破700萬千瓦，佔廣東省50%以上。

粵港多元化合作 加快灣區綠色轉型

能源合作

近年來粵港在清潔能源方面的合作趨多。香港除了從大亞灣核電站輸電外，還通過跨境綠證交易、液化天然氣（LNG）加注合作及可持續航空燃料（SAF）產業鏈協同等方式參與廣東清潔能源的消費與配置，助力大灣區加快綠色轉型。

據了解，港澳跨境綠色電力證書交易已在廣州電力交易中心平台達成，港澳可參與國家綠電證書交易，也為港澳企業消費綠電提供了不同途徑。而去年中電源動集團與中海油廣東水運清潔能源有限公司合作完成香港首次液化天然氣加注及同步貨物裝卸，加注約1萬立方米液化天然氣，這也是香港至今最大規模的單次液化天然氣加注作業。

由香港中華煤氣有限公司孵化的可持續燃料

及綠色分子生產商怡和，上月與東莞市政府簽署投資意向協議，在粵港澳大灣區建立首條完整的SAF產業鏈。

據悉，此次合作將推動香港成為可持續航空燃料的區域樞紐，加速大灣區綠色能源轉型。香港SAF生產基地項目落戶東莞後，預計年產約45萬噸SAF及氫化植物油，未來5至10年投資超100億港元，形成「生產鏈在大灣區，市場在港」的綠色生態鏈。

作為粵港澳大灣區能源互聯的核心節點，深圳變電站第三台500千伏聯絡變壓器已可靠運行近兩年，深港電力互聯邁入超高壓「雙通道時代」。大公報記者了解到，深港電力互聯還將進一步協同推動兩地能源結構轉型，內地更多綠色能源可望輸向香港電網，為香港推進低碳轉型提供更多元的選擇。