

## 【離岸風電系列專題】船舶種類及其功能簡述

綠能科技產業推動中心技術發展組林曉琪副研究員

2019 年 11 月

### 壹、前言

離岸風場成功建置的關鍵其一在於海事工程的順利進行，海事工程能否順利進行，大型船舶可謂支柱，其肩負將風力發電機、支撐結構、海底纜線等元件運送至預定施工場址及如期完成安裝的任務；其中包含探勘船、運輸船、駁船、起重船、組件安裝船等不同種類之船舶，船舶需仰賴專業的船長與船員方能駕駛與操作，動員費用極其可觀。同時，海事工程易受自然天候因素影響，僅能在特定的風速與波浪條件下作業，因此，一項可稱為充分規劃的海事工程計畫，除了事前評估施工方法的可行性與風險以外，亦包含施工方法使用的機具，大型船舶的適當選用即為其一，不僅可確保人員與機具的安全性，亦可提升海事工程的經濟效益。

### 貳、離岸風電船舶種類——船多用，各司其職

與離岸風場海事工程作業有關的重要船機，自探測、施工乃至維運，各期程均有不同需求，船舶的船種多達 10 至 20 種（如圖 1），以探測期為例，海洋地質探勘船可協助掌握土質結構與分析各類可能損害水下基礎穩定性的因素，又以施工期為例，海底岩石安裝船則在預先減低海流或波浪對於水下基礎的侵蝕，使離岸風力機不因碎石撞擊與海浪沖刷而削減其壽命（如表 1）。

| 探勘階段                                                                                                                                          | 施工階段                                                                                                                                                                                                                                                    | 運維階段                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• 生態觀測船</li><li>• 水下探勘支援船</li><li>• 海床鑽探調查船</li><li>• 鑽探船</li><li>• 挖泥船</li><li>• 小型海床鑽探自升平台船</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 水下探勘支援船</li><li>• 挖泥船</li><li>• 大自升平台船</li><li>• 落石船</li><li>• 起重船</li><li>• 起錨船</li><li>• 拖船</li><li>• 駁船</li><li>• 鋪纜船</li><li>• 潛水支援船</li><li>• 人員運輸船</li><li>• 警戒船</li><li>• 其他離岸工作支援船<br/>(如補給船)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 大自升平台船</li><li>• 起重船</li><li>• 人員運輸船</li><li>• 其他離岸工作支援船</li></ul> |



圖 1、離岸風場開發流程涵蓋之船舶種類

資料來源：本研究整理(2019)

表 1、離岸風電各類船舶之功能概述

| 功能 | 船舶種類                                       |
|----|--------------------------------------------|
| 調查 | 海洋勘查船、小型海床鑽探自升平台船、海床鑽探調查船、鑽探船、挖泥船、觀測船      |
| 整理 | 挖泥船、海底岩石安裝船、小型吊裝船                          |
| 運輸 | 駁船（搭配拖船）、自升式起重平台船、人員運輸船、服務操作船              |
| 施工 | 自升式起重平台船、浮式起重船、拋石船、起重船                     |
| 佈纜 | 陣列電纜(array cable)佈纜船、輸出電纜(export cable)佈纜船 |
| 支援 | 拖船、佈錨船、補給船、潛水支援船、人員住宿船、警戒船、海洋生物觀測船         |

資料來源：經濟部工業局(2018)及本研究整理(2019)

自上述列表而言，組件運輸、離岸風場建造與風力機安裝的特殊工作船雖具有不同功能，然鑒於降低成本考量，某項船舶可能肩負多項工作，以下將常見的離岸風電工作船舶大致區分為探勘、安裝、運輸與支援四類，並列舉說明。

**一、探勘類：**如海底地形探勘船(Geophysical survey vessel)與海床鑽探調查船(Submarine drilling survey vessel)。

此類船舶係在透過地球物理調查，瞭解海床情形與地質條件，以協助風場開發商決定適當之基樁深度與型式，為完整調查開發場域，船舶需有足夠的甲板空間以容納側掃聲納、多聲束測深系統、地層剖面儀、動態定位系統與鑽探機具等設備（如圖 2）。



圖 2、海洋地質探勘船大地能源號及其鑽井架台

資料來源：環島工程有限公司官方網站

**二、安裝類：**如起重船(Floating Crane)與佈纜船(Cable Installation Vessel)。

此類船舶在安裝水下基礎、塔架、葉片等組件與鋪設海纜，為吊起千噸組件，船舶總噸位多達千噸以上〔註 1〕；起重船（如圖 3）易受海洋氣象影響，施工限制較多，惟土質鬆軟或水域較淺之場域，其可避免自升式平台的傾倒狀況，而佈纜船（如圖 4）於船上設有專門的電纜艙，便於裝載各種不同規格的電纜，其橫斷面呈 V 字形，特殊船型使其推進效率高，且多會搭配水下遙控載具(remotely operated vehicle, ROV)或犁

埋機(cable plough)以執行挖溝與鋪埋海纜。



圖 3、浮式起重船

資料來源：楊德諾(Jan De Nul Group)官方網站



圖 4、佈纜船及其設備

資料來源：楊德諾(Jan De Nul Group)官方網站

**三、運輸類：**如自升式起重平台船(Jack Up Installation Vessel)、駁船(Barge)與人員運輸船(Crew Transportation Vessel)。

此類船舶在運送水下基礎、塔架、葉片等組件與運載施工或修護人員，其中自升式的起重平台船（如圖 5）兼具運輸與安裝功能，適合土質堅硬或水域較深之場域，當其抵達預定設置風力機的位置，可使支撐腳頂升，平台完全離開海面後，組件即可於平穩的作業平台上安裝而不受海浪影響。由於自升式起重平台船的噸位亦多達千噸以上，在離岸風場進入運維階段，亦可承載維修風力機之機組與備品，避免風力機組件於駁運時產生額外的碰撞風險。



圖 5、自升式安裝平台

資料來源：楊德諾(Jan De Nul Group)官方網站



相較於前述之施工船舶，駁船及人員運輸船（如圖 6）的排水量較淺〔註 2〕，駁船於施工船舶旁接力傳遞風力機組件，而人員運輸船則可將住宿於船上之作業人員安全送至施工或維修場域。



圖 6、人員運輸船

資料來源：臺灣港務公司官方網站

#### 四、支援類：如拖船(Tug)與警戒船(Guard Vessel)（如圖 7）。

此類船舶扮演輔助角色，有時裝載風力機組件的駁船可能不具備推進能力，拖船即可成為駁船的主要動力來源，亦協助其定位，而警戒船則可確保其他海上交通工具不會無意中闖入危險的施工區域。

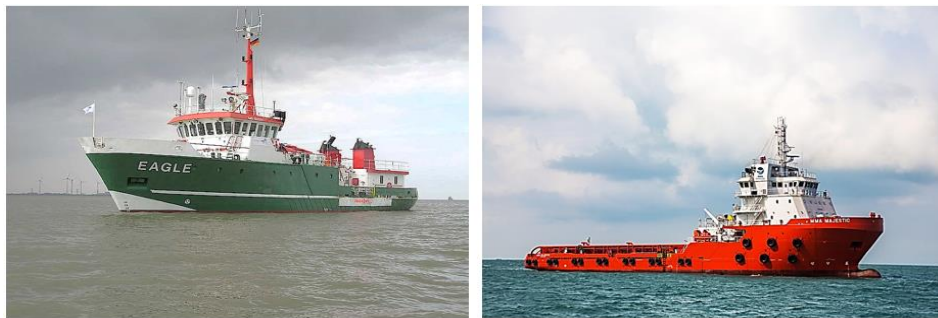


圖 7、警戒船(左)與拖船(右)

資料來源：EMS Maritime Offshore 與 MMA Offshore 官方網站

### 叁、船舶製造流程及檢驗－國內外法規的雙重保障，確保航行安全無虞

就船舶尺寸而言，船身愈長，阻力愈小，但因船身分段較多，造價較高，船身愈窄、愈深，雖阻力愈小，惟因穩定度減少，安全性亦降低；另，船舶浸在水裡的深度(draft)可反應船舶在行駛過程中所受的浮力，故船舶沉浸的愈深，其承載能力愈大。

就船舶的製造過程而言（如圖 8），船舶的船體是由鋼鐵、鋁合金、纖維強化塑膠(fiber reinforced plastics, FRP)等各類材料建造而成，離岸風電船舶因屬大型作業船隻，於鋼鐵使用上佔相當大的比重，目前常見的船舶製造工法為分段建造法(block method of hull construction)，透過焊接與船身彎曲的工藝，先組成部分船段(sub-assembly)，再將各部分船段組合成大部件(grand-assembly)；船段大小取決於起重

機的噸數與船塢的承載能量，下水後的船舶尚須經過艙裝才算完工，其中包含航海儀器、電動機以及繫船、裝卸、救生、通風、空調、消防、冷藏等各類設備，較複雜的管路安裝若於建造船段時同步進行預艙裝(pre-outfitting)則可縮短船舶製造的時程。

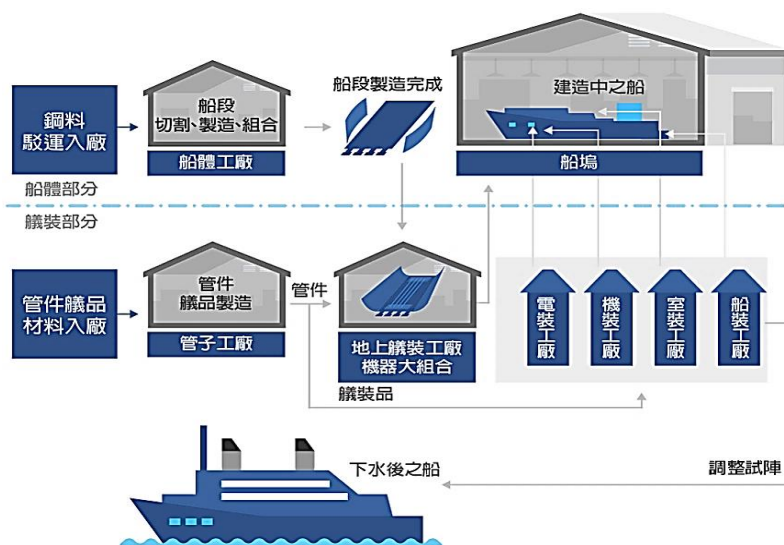


圖 8、船舶製造過程圖  
資料來源：台灣國際造船公司官方網站

就船舶的製造流程涵蓋範圍而言（如圖 9），因船舶屬少量特殊性產品，一般由船舶設計公司或船廠的設計部門與船東確定船的型態、尺寸及其功能後，再投入生產及製造，除了必須按照船級協會認可的設計圖施工以外，設備及零組件亦需符合相關法規及標準，方可安裝於船上，船舶製造的品質檢驗及管理模式，自設計、建造、交船、保固及後勤維修均需接受相關權責單位的審核、測試及檢驗，再依法規取得國內及國際證照及申請保險後，始能營運。



圖 9、船舶製造流程涵蓋範圍  
資料來源：本研究整理(2019)

船舶為高度系統整合之產業，數以萬計船用設備及零組件需先符合適用之法規及標準，例如鋼鐵於製造過程中需符合焊接標準，使鋼鐵免受海水侵蝕的塗料需具有防蝕與防汙性能，以及無線電通訊設備則需具備電磁相容性(electromagnetic compatibility)以避免對其他設備產生電磁干擾等；同時，船舶可能航行於酷寒或炙熱的嚴苛環境，因此船用設備及零組件必須具備環境耐久性(environmental durability)。

「船舶檢驗」是對船舶及其設備的技術狀況加以檢查、審核、測試與鑒定的總稱，目的在保證船舶建造與運作的安全，大致包含船級檢驗(classification survey)、公證檢驗(notarial survey)與法定檢驗(legal inspection)三類。

所謂「船級檢驗」是依據驗船機構的規範與技術標準而定，屬自願性，船東可自由選擇驗船機構以確認航海設備滿足相關法規〔註3〕；「公證檢驗」是驗船機構按照客戶申請的項目，指派驗船師瞭解船舶狀況，大部分於租賃及損害賠償有關〔註4〕，「法定檢驗」則是根據國際公約或國家法律對船舶進一步加以檢驗，屬強制性，凡航行於或可能航行於國際線的船舶於船舶建造完畢即會申請檢驗以取得相關國際公約證書〔註5〕〔註6〕。

除了需遵循國際要求以外，各國對於離岸風電船舶的法律規定亦不盡相同，如在國內施工的離岸風電大型船舶，尚需符合國內如船舶法、離岸風場建置及營運期間工作船航行安全規範、危險性機械及設備安全檢查規則、起重升降機具安全規則與升降機安全檢查等多項法規，且所有進入風力發電機組作業之人員必須持有全球風能組織(Global Wind Organization, GWO)認可的訓練證照〔註7〕，藉此達成施工人員安全的雙重保障。

#### 肆、小結—能源產業的穩健邁進，為海洋經濟開啟新篇章

台灣四面環海，屬典型的海洋經濟體系，海運、經濟貿易及工業均與船舶產業息息相關，歷經百年努力，船舶產業於國內已有基本能量，目前可概分為大型船廠、中小型船廠、遊艇廠及船舶零件廠等四類，屬結合知識、技術、資金及勞力之產業，且需高科技軟硬體的支援，涵蓋各類工程技術及設備性能（如圖10），如船舶於航行過程中若海洋氣象或航海條件不佳，通訊系統即可避免船員面臨生命的威脅，而艙裝更涵蓋如救生、通風、空調、消防、冷藏等可確保船員安全的配備。

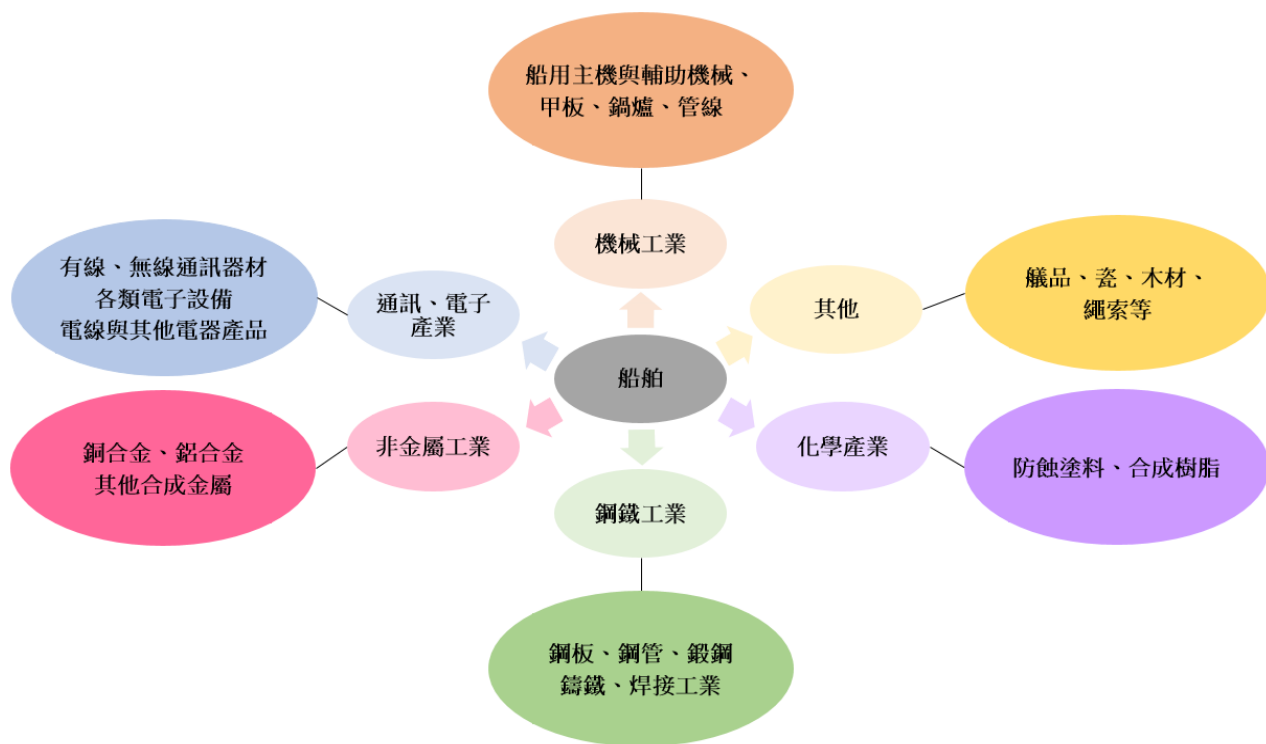


圖 10、與船舶製造相關產業類別  
資料來源：船舶中心及本研究整理(2019)

船舶實屬全球性產業，是海洋活動的唯一工具，為即早切入離岸風電市場，培養海事工程經驗，台灣第一艘大型風電工作船「台船 15 號」已於今年 7 月展現大型駁船的營運能力〔註 8〕，同時，政府亦攜手專業機構共同研究施工與運維階段相關船舶與機具設備的關鍵技術，且已有顯著成果，例如船舶動態定位系統的開發可應用於如落石船、佈纜船等需精確定位之各式工程專業船舶，有助降低離岸風場建置及維運的成本，又如高耐海性人員運輸船使施工人員在較大風浪中仍能安全下上塔，為施工人員的安全提供多一層保護。

船舶製造可帶動鋼鐵及機械產業發展，亦可促進艙品及船舶裝備業的興盛；做為國內重要傳統產業之一，在離岸風電在地化政策的推動下，船舶產業可謂發展海洋工程設施及裝備的重要環節，國內不乏船舶設計與生產、熟悉國際航運與造船法規的專業人才，落實船隊本土化，將有助國內船舶產業藉由參與離岸風場開發以累積施工經驗，使海洋工程與能源產業穩健邁進，建立兩者的穩固基礎。

## 本文註解說明

1. 船舶噸位可區分為「總噸位(gross tonnage, GT)」與「淨噸位(net tonnage, NT)」；前者指甲板上下之圍蔽部份的總容積；後者指船舶能裝載客貨之容積。
2. 「排水量(displacement)」或稱「吃水量」，為船舶浮於水面、保持靜態平衡時，其

所排開水的重量。

3. 針對新建船舶自審查設計圖及技術、建造過程，乃至試航所獲得的各種證明的製造檢驗，亦或於船舶發生機械損毀、改變航區或用途、更改船名、船籍港或船舶所有人，以及可能影響航行安全而申請的臨時檢驗均屬於船級檢驗範圍。
4. 公證檢驗其檢驗內容可不限於船舶，船舶、機械或其他設備的買賣合約、船舶係以何種國家標準檢驗、船舶買賣前之評估、適航證明等，凡船東認為有其必要之，均可向驗船機構申請公證檢驗。
5. 屬中華民國籍之船舶須通過法定檢驗，船東檢附國際公約、船級、國籍、船舶噸位、船舶登記、船舶載重線、船員適任性及體檢證明與最低安全員額等多項證書後，即可向驗船機構申請檢驗。
6. 主要國際公約與內容概述如下。
  - (1) 國際載重線國際公約(The International Convention on Load Lines)：此國際公約規定船舶需依其噸數於船身標示載重線，船舶裝載重量不可高於載重線以落實航行安全。
  - (2) 海上人命安全國際公約(International Convention for the Safety of Life at Sea)：此國際公約針對船舶救生設備數量、無線電通信裝置、貨物運送管理與其它應特別加強的安全措施等項目以保障船員安全。
  - (3) 防止船舶污染國際公約(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)：此國際公約限制不同船舶可排放之污染物，以保護海洋環境不受石油、空氣與其他有害物質的污染。
  - (4) 船舶噸位丈量國際公約(International Convention on Tonnage Measurement of Ships)：此國際公約為船舶噸位制訂丈量的規則與原則。
7. 全球風能組織(GWO)由 17 個開發商及運維商組成（如西班牙再生能源公司 Acciona、德國電力公司 E.ON、德國能源公司 Innogy、丹麥 Ørsted 以及風力機製造商 Enercon、Siemens Gamesa、MHI Vestas 與 GE 等均為成員），屬非營利機構，致力於為風電產業訂定安全與技術國際標準，其於 2012 年首發布五大基礎安全訓練(Basic Safety Training, BST)，隨後於 2017 年發布基礎技術訓練(Basic Technical Training, BTT)，目前全球共 270 個據點可供風電產業工作者接受培訓。
8. 台船 15 號之船長 140 公尺、船寬 41 公尺與船深 8 公尺，總載重量達 2 萬 3 千公噸，裝貨甲板承載強度可達每平方公尺 20 公噸，船舶備有艏向、側向、吊裝等多元裝卸貨設備。



## 參考文獻

EMS Maritime Offshore 官方網站：<https://www.offshoreservice.de/en/>。

MMA Offshore 官方網站：<https://www.mmaoffshore.com/>。

International Convention for the Safety of Life at Sea，

[http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx)

International Convention for the Prevention of Pollution from Ships，

[http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

International Convention on Load Lines，

<http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Load-Lines.aspx>

International Convention on Tonnage Measurement of Ships，

[https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/fish\\_fleet\\_esms\\_an1.pdf](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/fish_fleet_esms_an1.pdf)

台灣國際造船股份有限公司官方網站：<http://www.csbcnet.com.tw/>。

周顯光、鍾承憲(2019)，離岸風電海事工程作業的風險與安全評估，科學發展，第 560 期，頁 38-45。

楊德諾(Jan De Nul Group)官方網站：[www.jandenul.com/en/](http://www.jandenul.com/en/)。

經濟部工業局(2018)，離岸風力發電產業政策。

臺灣港務股份有限公司官方網站：<https://www.twport.com.tw/chinese/>。

環島工程有限公司官方網站：<http://www.pfec.com.tw/>。