

標題：混合動力船啟航

屬性：訊息

期別：第 327 期

資料來源：

<https://eandt.theiet.org/content/articles/2019/01/hybrid-ships-take-t-o-the-high-seas/>

橫跨海洋航行的混合動力船很可能是開啟環境可持續性的關鍵。

夢想總是令人嚮往：線條流暢的船隻航行在波光粼粼的大海中，徜徉在一片最純淨而澄澈華美的藍天之下。真實的情況並非如此美好，而是如 2018 年 2 月獨立報 (The Independent) 所說，航運是造成污染和溫室氣體排放的主要因素，估計造成 15% 的氮氧化物和 8% 的硫化氣體排放。根據最初於 2009 年在衛報 (The Guardian) 上發表的數據，一艘巨型貨櫃船的致癌和致氣喘化學物質的排放量能高達幾乎等同於 5 千萬輛車的排放總量，而國際航運在歐洲約造成 5 萬個因此喪命的案例。

為了因應船舶空氣污染對環境和健康的影響，國際海事局 (IMO) 針對北美和歐洲水域建立排放控制區 (ECA)，其中船用燃料的硫標準需低於 0.1%，而且從 2020 年開始，0.5% 的硫標準將適用於全球所有船運。

施行更嚴格的排放目標，促使船東從多種選項中做出選擇，包括使用低硫船用柴油、船用輕柴油、超低硫重油和廢氣淨化裝置，如洗淨器或是替代能源，包括液化天然氣 (LNG)。但對一些船東而言，在現有船舶或新船上安裝混合動力推進系統似乎是實現排放目標的有利方式。

在排放控制區的水域，特別是在挪威附近，渡輪、平台支援船 (PSV) 和大型遊輪率先使用混合動力船舶推進系統。負責 ABB 在挪威海域活動的研發經理 Børre Gundersen 表示：「混合動力推進系統可顯著降低燃油消耗和排放。」Gundersen 的同事 Sindre Sæter 表示：「在挪威水域營運的 230 艘近海支援船使用混合燃料，可以減少 40 萬公噸的二氧化碳排放量。」

混合動力船用發動機的另一個賣點在於它們可以由柴油、LNG 或氫燃料驅動，並且使用電池、燃料電池或電動機。DNV GL 的電池服務和產品總監 Narve

Mjøс 解釋：「這種能力使混合動力特別適用於沿海或封閉水域的渡輪。」他注意到往返 Portsmouth 和 Santander 的郵輪越來越有興趣加以採用。英國造船廠 Ferguson Marine 製造出 Catriona，這是一艘造價 1,230 萬英鎊的柴油/電動/電池混合動力渡輪，供 CalMac 用於 Clyde - Hebridean 航線。同樣在英國，Wightlink 為 Fishbourne - Portsmouth 航線提供新的旗艦渡輪，預計使用柴油/電動混合動力電池。

根據透明市場研究 (Transparency Market Research) 報告「2016 - 2024 海洋混合動力推進市場 - 全球產業分析、規模、佔有率、增長、趨勢和預測」，混合動力系統在 2015 年的利基族群僅值 26.534 億美元，但預計到 2024 年將大約增加至 52.525 億美元。

設計問題

有各種操作和安全因素，會影響使用混合動力推進系統的船舶設計 (參閱圖表)。

操作方面

任何一時之間就需要大量動力以滿足不同負載的船舶，如拖船、渡輪、近海支援船或海軍船艦，都可以透過改裝電池或儲能系統 (ESS) 來提供混合動力。根據 Marintek 研究經理 Anders Valland 的說法，這點的優勢在於「電池可以吸收峰值負載，使內燃機可以繼續以最佳水平運行」。

Corvus 能源公司在平台支援船上安裝 Orca ESS 儲能解決方案，顯著降低燃油消耗達 15% - 20%、二氧化碳排放量減少 15% - 20% 以及氮氧化物排放量減少 25%-35%，突顯出這麼做的益處。倫敦港務局 (PLA) 剛剛從 Goodchild Marine Services 訂購一艘先進的混合式引水船，用於運送引水員往返在 Gravesend Reach 的船隻。常務董事 Alan Goodchild 表示：「該船能夠在使用混合動力下達到 15 節的速度。」

可交互運作性

組件和控制系統的可交互操作性是一項關鍵的設計挑戰，包含發電機組、變流器、電源管理系統和所有組件的控制軟體。目前測試各個組件和整個系統的控制軟體，包括故障和在所有運作條件下，都使用 Typhon HIL 等虛擬數位孿生模型進行測試，其測試平台檢驗推進系統從概念到運作的各個方面。

數字孿生的「假使」模型逐漸受到營運商和船舶設計師採用。此外，為了管理從一種動力模式到另一種動力模式的轉變，像是勞斯萊斯這樣的公司提供

ACON 模式轉換系統，該系統讓船長能在艦橋上單次按下按鍵來轉換模式。

替代燃料解決方案

船舶通常使用下列三種燃料中的其中一種：重油 (HFO)、低硫燃油 (LSFO) 或柴油。例如，在波羅的海和其他陸封水域，包括英吉利海峽、地中海和美國五大湖，船隻必須使用低硫燃油。為了減少對環境的影響，船舶營運商也在考慮替代能源，如 LNG (液化天然氣) 和氫氣，以適用於混合動力和雙燃料推進系統。

液化天然氣

目前大約有 120 艘由 LNG 驅動的遠洋船舶，另有 130 艘已接單進行生產。大多數的消息來源預估 LNG 動力船的未來市場佔有率在 5% 至 8% 之間，但海事船級協會 DNV GL 預測，在 2050 年之前，至少有 30% 的船舶將以 LNG 驅動。歐盟和鹿特丹港支持一項針對萊茵河 - 美茵 - 多瑙河 (Rhine-Main-Danube) 河川系統的 LNG 總體規劃。

現在有些新的散裝貨船、油輪，純車輛和卡車運輸船 (PCTC) 和遊輪，製造時採用燃油和 LNG 的雙燃料發動機。與大多數燃油相比，這種天然氣能協助船舶滿足 ECA 嚴格的硫氧化物要求，同時大幅減少的懸浮微粒 (PM) 排放 (美國國家環境保護局規定的 ECA 目標之一是減少 PM 排放)。除了乾淨燃燒的本質之外，還具有比低硫柴油或其他替代燃料 (如甲醇) 更便宜的這項額外好處。

在船舶配置方面，船舶和發動機室看起來大致相同，除了一些具有獨特外觀的儲槽和機艙內特殊顏色的管路和箱子。然而，與其他燃料相比，LNG 的儲存和處理更複雜，因為它在氣態下高度易燃，並且必須以低溫儲存。與一般燃油驅動的船舶相比，這些特性讓 LNG 驅動船舶在建造和營運方面需要更多的規劃和工程設計。與燃油相比，LNG 燃料對船舶設計的主要影響涉及儲存、儲槽位置、儲槽尺寸、危險防護和燃料汽化。

在替代燃料加注設施不夠綿密的世界中，採用混合動力推進系統很實用。根據 SEA\LNG 在 2018 年 10 月指出，目前只有 31 個 LNG 燃料加注設施供船舶使用。大多數位於倫敦、鹿特丹、紐約、香港和新加坡的大港。

LNG 燃料儲存

LNG 體積比油大而密度比油低，但每公斤含有更多的能量 (熱值)，能夠部份補償其較低的密度。因此，針對相同的航程，LNG 在船上的儲存體積是油的四倍，這對船舶設計造成問題。另外還需要備妥另一種燃料，這也減少可用的貨物空間。與 LNG 燃料相比，油可以很容易地儲存在船體結構儲槽中，對位置的

限制很少。

儲槽位置

LNG 的安全要求限制儲槽的尺寸和位置。因為每立方公尺的 LNG 之儲存成本較高，這會降低船舶的航程並增加加注的需求，所以降低船上的 LNG 存量是一種趨勢。儲槽類型的選擇取決於船舶的尺寸、類型、路線和燃氣使用情況 - 沒有一種類型能適用所有的情況。以集裝箱裝運的可攜式儲槽和 IMO C 型壓力儲槽能在短程船舶上輕易改裝，這是因為它們是在場外建造並易於置放。遠程船舶需要大容量儲槽，配備有內置棱柱形 IMO A 型和 B 型儲槽或膜式儲槽，後者在同一空間內提供更大的容量，而且每立方公尺的成本更低。

危險防護

為了避免碰撞或擱淺對 LNG 儲槽造成潛在損壞，必須將它們放在遠離船舶側面和底部的位置。LNG 燃料儲槽的要求比 LNG 運輸船上的 LNG 液貨艙更嚴格，因為使用 LNG 燃料的貨船不會受到像是 LNG 運輸船那樣的特別關注，因此和其他船舶一樣容易發生碰撞和擱淺。

燃料汽化

燃油能在儲槽中保存多年，而 LNG 卻不能如此。由於其低溫性質，它在儲槽中的每一分鐘都在揮發或汽化。如果 LNG 能在沒有抑制或減壓的情況下揮發，則壓力可能會累積到足以損壞儲槽和配件，因為天然氣與 LNG 在大氣壓下的體積比為 600 比 1。這個問題的最佳解決方法是在設計階段制定汽化除氣 (BOG) 計劃。該計劃應該展示如何在所有 LNG 儲槽和管道系統中操作 BOG、如何進行加注以及如何使用儲槽。BOG 計劃還應該處理意外事故，例如船舶完全裝滿燃料後會發生的狀況，以及機械設備或船體發生損壞時，船舶被迫停靠在碼頭，而不會從主推進發動機產生消耗，這時會發生的狀況。

氫氣

目前，氫燃料混合動力船僅限於漢堡、舊金山和上海的觀光和通勤船。然而，遊輪營運商 Royal Caribbean 由芬蘭商 Meyer Turku 為其建造的遊輪，首先使用了混合 LNG 和氫燃料推進系統。氫燃料電池將為船舶的旅館營運提供動力。在其他地方，維京客輪 (Viking Line) 已經公佈一項針對液化氫燃料遊輪的暫定計劃，這艘遊輪長約 230 公尺，可容納 900 名乘客，設計上與 Viking Sun 大型遊輪相似。計畫當中還有數艘將燃料運往遊輪的接駁船。

瑞士氫氣公司 (Swiss Hydrogen) 執行長 Alexandre Closet 指出，這些開創性的計畫正面臨著營運和監管方面的挑戰，他表示：「在處理氫氣時，必須以非常安全的方式完成。能清楚回應認證機構提出的每一點，並同時整合船上的所有內容是一項挑戰。」

對於大量能源消耗的遠洋貨櫃船而言，氫燃料電池被視為一個不錯的選擇，因為氫燃料電池不是像電池一樣插入牆壁進行充電，而是從船上氫氣儲槽，這允許燃料電池為長途旅程產生足夠的電力。根據 Sandia Report 一份 2017 年的報告，在馬來西亞和埃及之間的一條航線上，擁有 81 百萬瓦特 (MW) 柴油推進發動機的巨型貨櫃船 Emma Maersk 可以支援足夠的燃料電池模組和氫氣儲槽，使船舶可以在不需要加注的情況下進行長途旅行。

燃料電池將氫轉化為電力，提供推進力和船上電力。燃料電池動力單元包括燃料和氣體處理系統以及燃料電池堆疊，能透過電化學反應將燃料的化學能轉換成電能。該過程可以描述成類似於電池的過程，其中電化學反應發生在陽極或陰極以及電解質薄膜之間的界面，但是具有連續的燃料和空氣供應。市場上有幾種不同的燃料電池類型，以薄膜內含的材料作為分別。ABB Marine & Ports 總經理 Juha Koskela 觀察到：「燃料電池在過去 25 年來一直是眾所期盼的新潮流，而現在已經成真。」

氫燃料電池的主要障礙包括高投資成本，由於其體積和重量而減少船舶空間以及預期的使用壽命限制。DNV-GL 2014 研究「LNG 作為船舶燃料」指出，還必須考慮船上氫氣的儲存，以確保運行安全。

因為燃料電池不是以大量生產，所以該技術十分昂貴。Hydrogenics 業務發展總監 Ryan Sookhoo 解釋說，以每千瓦時磅 (pound per kilowatt hour) 為單位來算，燃料電池的費用大約是柴油發電機的兩倍或三倍。此外，與眾多加油港口和 LNG 加注機會相比，氫燃料船獲得加注的機會非常有限。美國的洛杉磯和舊金山，以及奧克尼 (Orkney) 的柯克沃爾 (Kirkwall) 目前處於開發氫燃料能力的不同階段。在 Orkney 的例子中，歐洲海事能源中心 (EMEC) 從 Eday 島上的渦輪機中取得過剩的潮汐能和風能以產生氫氣。

一台 500 千瓦 (kW) 的電解機利用電流將水分解成組成要素 - 氫氣和氧氣。氫被運送到柯克沃爾，其中一些用來供給港口的燃料電池，這個動作反轉了電解過程，並為港口產生電力以提供岸對船的電力，這個過程稱為「冷熨 (cold ironing)」。這具有減少對周圍區域污染的優點。該設施被視為開發柯克沃爾能力的基礎，讓其能夠提供加注氫氣設備給未來到訪的船舶。

氫燃料電池技術仍處於航運的初期產業階段，獲得採用和具備競爭力都需要時間。從中期角度來看，這種技術，像是之前的太陽能 and 風能技術，應該受益於規模經濟和學習曲線，進而降低燃料電池的成本和船舶的營運成本，尤其是當石

油變得過度昂貴或是在運輸中禁止使用。

正如加州大學爾灣 (Irvine) 分校，國家燃料電池研究中心主任 **Scott Samuelsen** 所預測：「這會造成未來幾十年間船舶數量的演進和轉變。」雖然仍有待觀察何種能源和電源模式組合會大受歡迎，混合動力推進系統在航運領域的未來仍令人期待。