

# 理事長邀請 LNG 運輸船專家一起開講：國家自有液化天然氣運輸船隊的重新思考

陳彥宏\*、Hongjun Fan\*\*、王思遠\*\*\*

楔子

台灣人的嘴巴都超級愛台灣、愛中華民國而且還據說很反共，但真的要人們身體力行去愛、去反的時候，台灣人就比俗辣還無敵俗辣的龜縮了，找萬千個理由讓自己合理的縮的比烏龜還烏龜。這句話是我說的，我自己先扛起來。

話說 2021.01 海安學刊 Vol 12, No 1 刊了我的一篇文章「理事長開講：悠然遐想台灣應有的 LNG 船隊<sup>1</sup>」被下載了超過 12,000 次，後來我也陸續受邀開了不少次會議，很高層的長官也見過不少，從國安的角度、從國發的角度、從經濟與能源及民生的角度、從運輸與航運的角度等等，幾乎，見過、聊過的，都說「國氣國運」或者說國家自己要有 LNG 運送船，是個一定要做的事。

然後，就沒有然後！下面，也沒有文了！像極了找不到可以去給貓掛鈴嚙的老鼠。現在是 2025.05，與我 2021.01 的刊文，時間差 52 個月，這個時間差足夠從無到有，新造一艘 174,000 cbm LNG Carrier，而且還已經可以跑澳大利亞台灣至少 5 個航次，用 2024 年能源署的統計標準計算，可以給台電用 10 天了。一艘喔！我只說 1 艘，不是 2022 年 1 月 8 日中央社報導說政府大約要建造 16 艘國籍 LNG 船。

---

\* 陳彥宏 Solomon CHEN，英國威爾斯大學海洋事務與國際運輸學博士，台灣海事安全與保安研究會理事長，新台灣國策智庫諮詢委員，國家運輸安全調查委員會諮詢委員，海洋委員會海巡艦隊分署海損評議審查會委員，海事仲裁人。曾任教於臺灣海洋大學、澳大利亞海事學院國家港埠與航運中心、高雄海洋科技大學。曾客座於上海交通大學凱原法學院國際海事研究中心、廈門大學南海研究、澳大利亞海運學院。EMAIL: solomonyhchen@gmail.com。

\*\* Hongjun Fan, PhD (AMC UTAS), MRINA, CEng, MIEAust, CPEng, APEC Engineer, IntPE(Aust), Postdoctoral Research Fellow, Maritime Engineering and Maritime and Logistics Management, Australian Maritime College. Consultant, C-LNG Solutions Pte. Ltd. (Singapore). Delegate, IMO IGC & IGF Correspondence Group (CG). EMAIL: HongJun.Fan@utas.edu.au。

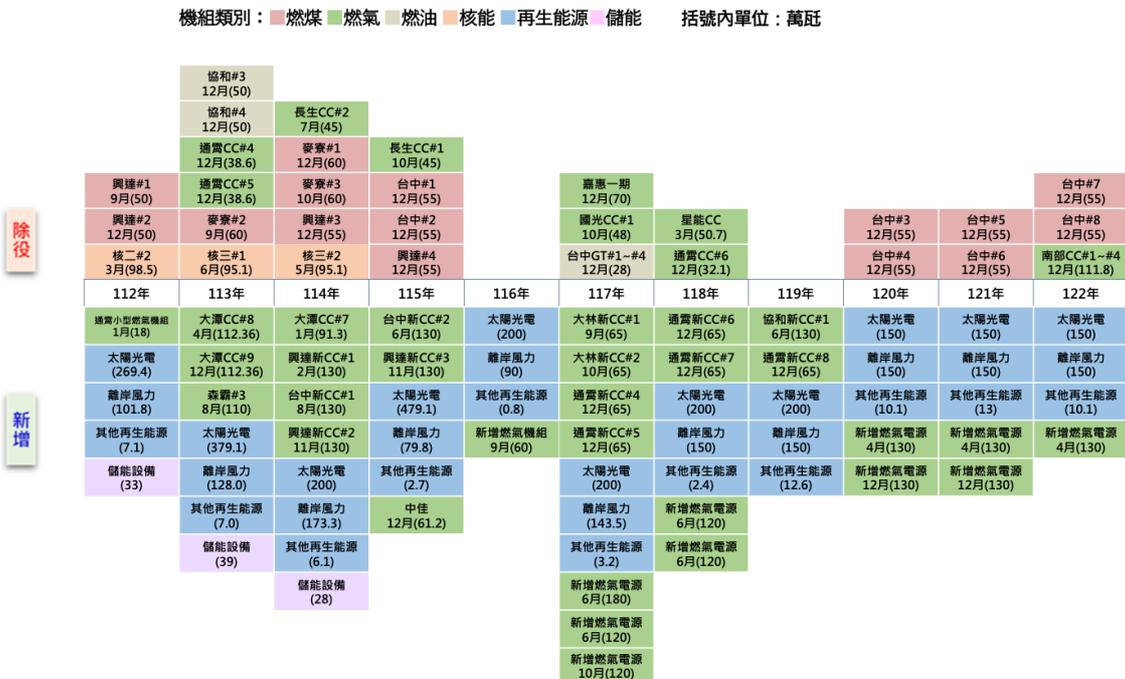
\*\*\* 王思遠，船長(VLCC, Chemical and Gas Tanker)，國立臺灣海洋大學商船學碩士，尼米克船舶管理公司副總經理，ISO Lead Auditor (9001, 14001, 31000), ISM Lead Auditor, LNG Operation Train for Trainer。Email: gabriel.wang@nimicsm.com。

<sup>1</sup> <http://www.safetysea.org/modules/wfdownloads/visit.php?cid=62&lid=116>

最近，我又連續進去醫院手術了二次，很不幸的，二次麻醉都還是活跳跳的醒著被推出來。感覺佛陀、雅威、真主還有林默娘，還蠻習慣讓我繼續留在凡間碎碎念，不是很想要我回去重列仙班的樣子。反正吃飽太閒，請出了二位 LNG 專家中的專家，與我合寫這一篇，再一次提供大家一些 LNG 船運的常識和知識。反正「十年磨一劍，霜刃未曾試。今日把示君，誰有不平事？」，臺灣從 1990 年開始進口 LNG 至今已經 3.5 個十年了，到現在，台灣一艘 LNG 運送船也無。請問，是「誰有不平事？」

## 一、前言

話說，臺灣在 2020 年 11 月 18 日由行政院發布的能源轉型政策白皮書中以「展綠、增氣、減煤、非核」為發展方向。就此定了個基調。據估計在 2025 年底時，會有 20% 的再生能源發電以及至少有 50% 的基載電力計畫由天然氣為燃料產出。在 2022 年 9 月的經濟部議會質詢中，經濟部長更直言 2025 年時，再生能源發展最多只能達到 15%，其不足的部分將由天然氣補足。換言之，2025 年底時，會有 15% 的再生能源發電以及至少有 55% 的基載電力，計畫由天然氣為燃料產出。以此為發展架構之下，如下圖所示之臺灣 2024~2033 年整體電力供給規劃期程，未來燃氣機組新增約 3,092.2 萬瓩，扣除大型機組核能、燃煤、燃油、燃氣除役約 1,306.2 萬瓩，估計累計淨增加約 1,786 萬瓩。



民國 113~122 年 (2024~2033) 未來電力供給規劃  
資料來源：經濟部能源署 112 年度全國電力資源供需報告

上述「增氣」的能源轉型政策，即意味著提高天然氣發電的比例，以取代部分燃煤發電，加速燃煤發電廠的逐步淘汰。可以看到的政府在「增氣」政策宣示包括：

1. 確保能源安全，持續擴大液化天然氣(Liquefied Natural Gas, LNG)進口量；
2. 採取多元化進口來源的策略，降低對單一供應國的依賴；
3. 提高天然氣的安全儲存量，以應對突發狀況；
4. 致力於擴建 LNG 接收站，以增加進口量和儲存能力；
5. 天然氣採購策略採中、長期契約為主，短約現貨為輔，機動增減貨氣進口船數滿足臺灣不斷變化的用氣情形等。

面對愈來愈龐大的天然氣需求量，臺灣目前只有與日本合資的四艘 LNG 船<sup>2</sup>(台達一號~四號)，每年負責載運 330 萬噸 LNG 由卡達回到臺中(其中 120 萬噸是民生天然瓦斯用量)。以 2021 年臺灣年度進口額度來計算，超過 83.1%的能源其實是掌握在外商手中，隨著天然氣需求量的增加，而運能沒增加，到了 2024，外商掌握能源運量擴大到 84.86%。

為了能更安全、更主動掌握愈來愈龐大以及機動的天然氣進口運輸量能，臺灣在現有與日本合資的四艘 LNG 船之外，臺灣在「增氣」的能源轉型政策中，是否應考慮增加自有 LNG 船舶？是否有走向更大比重「國氣國運」的條件？

從商業的觀點來看，只要有長期穩定的合約「量能」可以運送，當然可行，這是無庸置疑的，不過衍生的議題是：

1. 現行的 LNG 市場是可以自由進入的嗎？
2. 專業的 LNG 運輸船舶如何取得？哪一種船？租船？購入現成船？新造船？船籍與船級安排？
3. 船舶操作技術？船員能力？船舶管理與認證？門檻高嗎？

---

<sup>2</sup> 應本文需要，一律以「LNG 船」之稱呼作為本文探討對象，不稱「天然氣船」。因為，天然氣船也包括壓縮天然氣(CNG)船。雖然 CNG 船寥寥無幾，僅僅造過一艘，但也是一種船型。

#### 4. 公司營運管理？運送合約？運輸執行規劃？我們做得來嗎？

上述這些議題的「？」，如果能在接續的分析討論中，獲得合理或是可以有可接受的解答，那麼增加我國自有的 LNG 運輸船舶，逐步邁向「國氣國運」也就有譜。

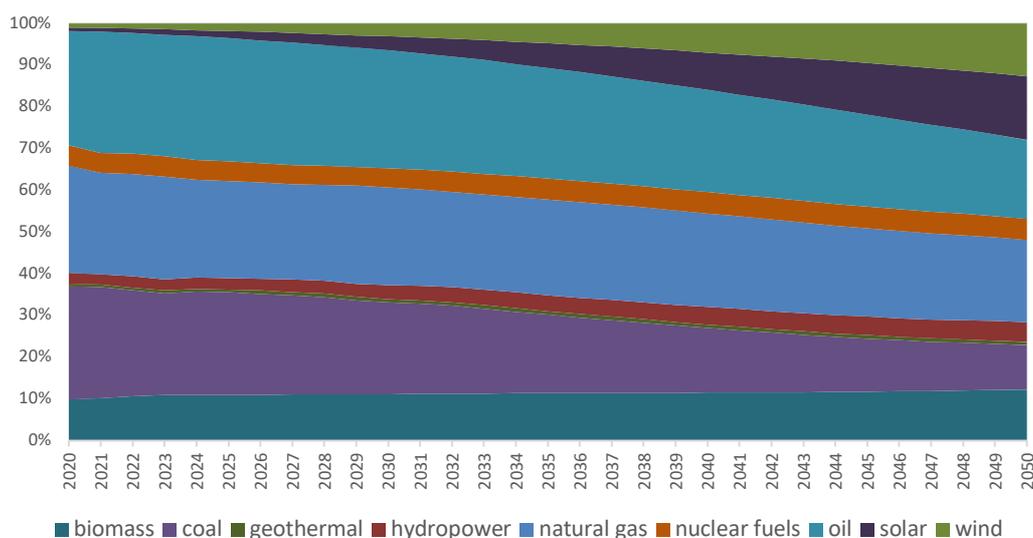
至於資金、財務的議題，本研究的基本假設前提是，如果「國氣國運」是個政府政策，政府就應與擬承運的航運公司簽訂長期的運送合約並提供政策性專案融資的安排，據此，航商可以安排租船、造船等計畫。簡單地說，這有關「錢」的問題，在本文中，假設這「第一桶金」不會是個問題。不過當真要啟動「國氣國運」政策的購船或造船計畫時，如資金需求、收入預測、融資來源等等財務計畫，還是要細細評估的。

## 二、市場概況

國際天然氣趨勢的資料收集以 2023 年終資料收集為參考既分析依據。天然氣是一種清潔、有效、且廣泛使用的能源，它在全球能源結構中扮演著越來越重要的角色。在未來的幾十年中，天然氣行業將繼續保持穩定增長，直到 2050 年，天然氣將成為全球主要的能源來源之一。

從 1975 年到 2023 年，國際天然氣行業發展迅速，成為全球能源供應鏈中的重要一環。天然氣作為一種清潔、安全且高效的能源，得到了越來越多的關注和應用。未來，隨著全球能源需求的不斷增加，天然氣行業將會繼續保持快速發展的趨勢。首先，天然氣的使用將會進一步擴大，特別是在開發中國家和地區。其次，隨著技術的不斷進步，天然氣的開採和利用效率將會不斷提高。天然氣行業將會更加國際化，天然氣在全球能源結構中的地位將進一步提升，不同國家和地區之間不論是經濟的或是戰略的合作也將會更加緊密。

預計到 2030 年，天然氣將成為最大的能源來源之一，佔全球能源總消耗量的 23.43% 以上。同時，天然氣將成為最大的清潔能源之一，其溫室氣體排放量比煤炭低約 40%，比石油低約 25%。最後，到 2050 年，天然氣將成為全球主要的能源來源之一。預計到 2050 年，全球天然氣產量將達到 5.5 萬億立方英尺，同時全球天然氣需求量將達到 5.3 萬億立方英尺。這將使天然氣成為全球主要的能源來源之一，佔全球總能源消耗量的 19.71% 以上。



國際能源 2020–2050 趨勢圖 (單位: PJ/Yr, 千兆焦耳/每年)  
資料來源: DNV 國際能源 2020–2050 資料庫

基於天然氣的特性以及其生產的技術成熟度，清潔能源，LNG 並非唯一，但卻成為目前取代燃油發電的最佳選擇。在俄烏戰爭以及紅海危機之下，地緣政治因素對 LNG 運輸產生的重要影響，從來沒有像現在這般的凸顯。

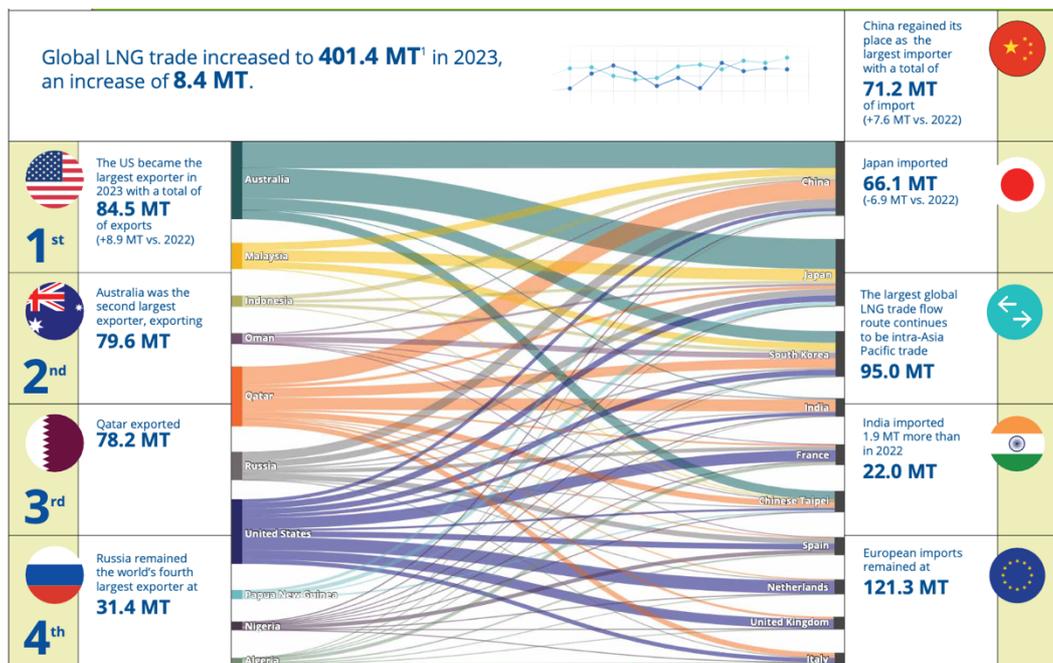
從 2019 年開始的新冠病毒 (COVID-19) 到 2022 年 3 月份開始的俄烏戰爭到目前的以色列與各國的紛爭以及葉門「青年運動」的擾動，各國，尤其是歐盟各國，特別是在北溪二號天然氣輸送管線停止商轉、北溪一號輸送管線停止輸氣以及運輸管線被破壞以後，歐盟各國無不紛紛大量的轉往美國、中東以及澳大利亞地區來採購天然氣以確保能源的供給無虞。當俄國停止供給天然氣給歐盟後，歐盟許多國家如法國，德國等都從新開啟燃煤電廠並且延役現有的核能電廠。這使得好不容易降低的燃煤消耗量又從新爬升，也使得碳排放量相對提升進而促使地球平均溫度再度升高。這對於全球氣候以及經濟都是沉重的打擊。

此外，歐洲對俄羅斯天然氣的依賴減少，增加了對 LNG 的需求，進而影響了 LNG 運輸船的調度。而 LNG 產地國也通過控制 LNG 出口量，又間接影響 LNG 運輸船的使用。

依據國際氣體聯盟(International Gas Union, IGU)、國際液化天然氣進口商組織(the International Group of Liquefied Natural Gas Importers, GIIGNL)這兩個組織的最新年報(2024 版)，簡要總結出 2023 年的 LNG 的市場狀況如下：

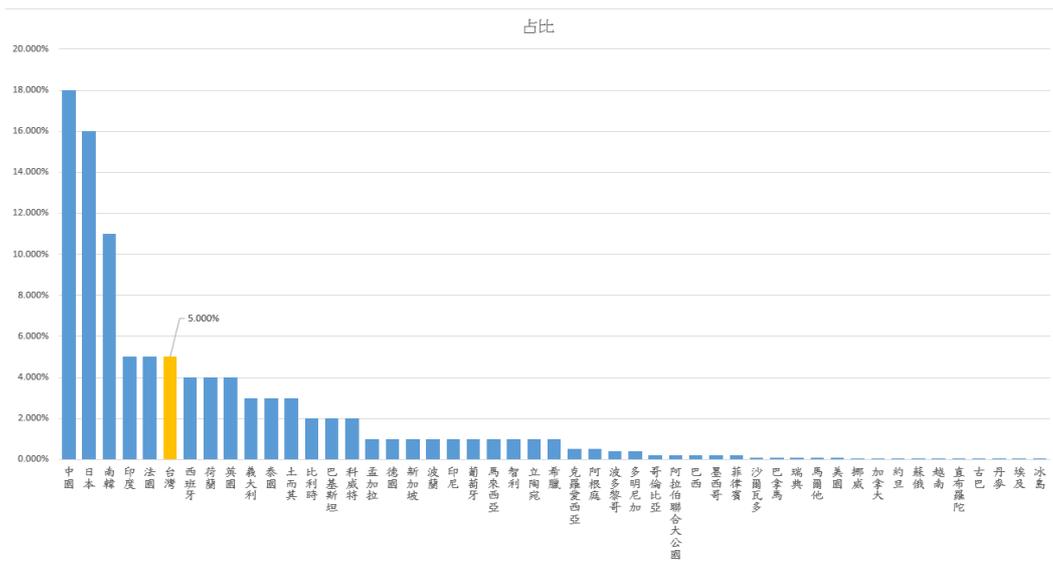
1. 全年的 LNG 全球貿易量為 4.0142 億噸，相比上年增長 2.1%，下面的桑基圖直觀展示了全球 LNG 進出口的貿易量；

2. 全年 LNG 平均價格為 13.86 美元/百萬英熱單位(mmBtu) (每噸 LNG 相當於 51.7 百萬英熱單位)；
3. 全球擁有 701 艘在役 LNG 運輸船，上一年新交付 32 艘船；(在役船舶數量將會繼續增長)。

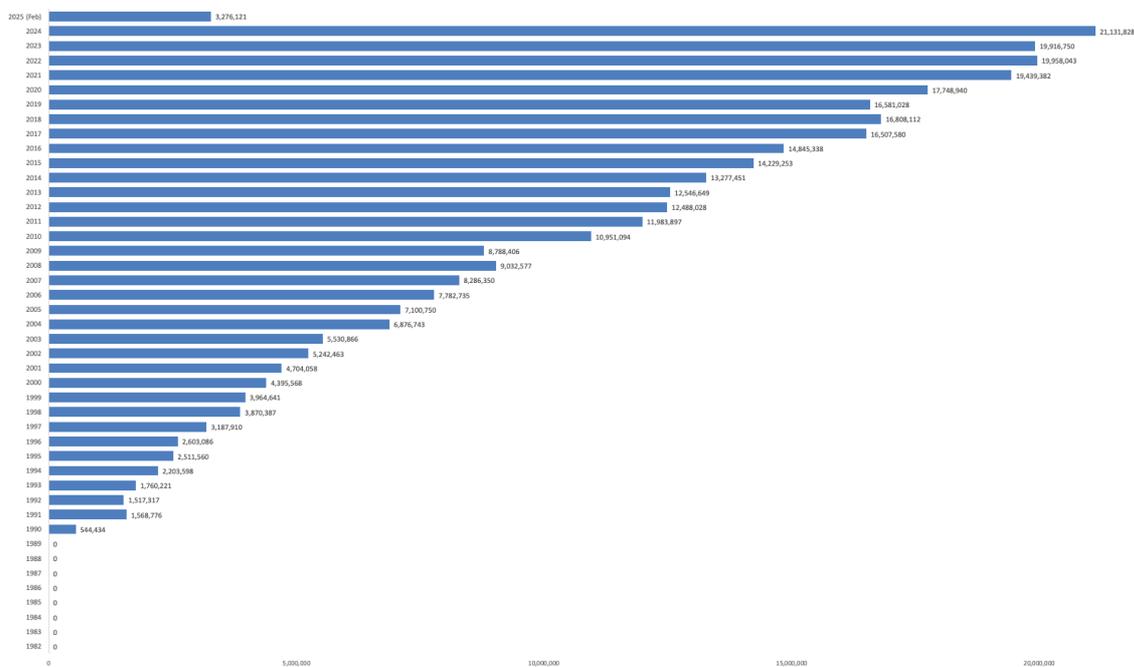


2023 LNG trade 桑基圖 (資料來源：IGU 2024 World LNG Report)

在疫情和戰爭的雙重打擊之下，從 40 個天然氣進口國以及 19 個天然氣出口國來看，全球總液化天然氣交易量依舊達到每年 401.42 個百萬噸 ( GIIGNL 2024 Annual Report) 的歷史高峰。以臺灣來看，臺灣經濟部能源局的統計資料，臺灣從 1990 年開始進口 LNG 至今，進口總量從每年 54 萬公噸增加到 2024 年的 21,131,828 公噸，也就是說，在短短的 34 年中，臺灣進口天然氣增加了 38.81 倍之多。另根據 IGU 2024 年報，從全球 LNG 進口國排名，臺灣在 2023 年已列全球 LNG 第六大進口國，2023 年 LNG 貿易情況如下：



全球天然氣進口國排行 (資料來源：IGU 2024 World LNG Report)



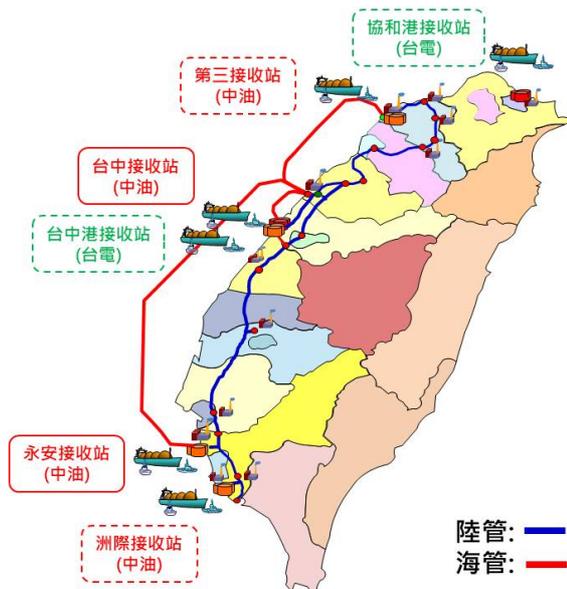
臺灣歷年天然氣進口量(資料來源：能源局燃氣進口資料網)

1. 為全球第 6 大 LNG 進口經濟體(中、日、南韓、印、法、台)，LNG 進口量占全球進口量的 5%；
2. 能源署統計 2024 年 21,132 千公噸的主要進口來源國分佈為澳大利亞(37.9%)、卡達(25.3%)、美國(9.8%)，其他進口來源國包括巴布新幾內亞(6.5%)、馬來西亞(4.9%)、印尼(4.0%)、俄羅斯(2.2%)、汶萊(1.9%)、奈及利亞(1.2%)、其他國家(6.3%)等；



臺灣天然氣進口供應(資料來源：經濟部能源報導 2019/10/03)

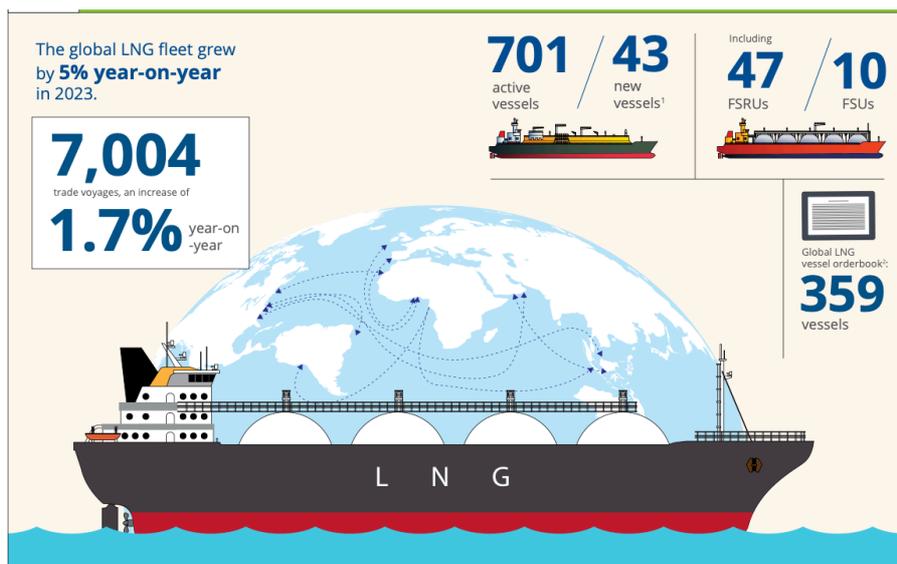
3. 擁有兩座 LNG 接收站，為中油的永安(6 座儲槽，自 1990 年開始運行)和台中接收站(6 座儲槽，自 2009 年開始運行)。永安站的氣化能力為每年 1050 萬噸，台中站的每年氣化能力為 600 萬噸；
4. 另有兩座 LNG 接收站在建，一為台中站擴建項目 (2026 年底，新增兩台 18 萬立方米的儲槽；2028 年底前，另新增四台相同大小的儲槽)；二為桃園站，氣化能力為每年 300 萬噸。
5. 未來將有 6 座接收站，屆時天然氣可滿足該年度用氣需求，以達成燃氣發電占比 50%目標。



資料來源：經濟部能源署，[https://www.moeaea.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu\\_id=8748](https://www.moeaea.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu_id=8748)

### 三、船舶選擇

到 2023 年，全球共有 701 艘營運中的 LNG 運輸船隻，包括 47 艘浮動式天然氣接收站(Floating Storage Regasification Units, FSRU)和 10 艘浮動儲存 LNG 船(Floating Storage Unit, FSU)，也就是說，扣除 FSRU 以及 FSU，全球營運中的 LNG 船舶只有 644 艘。2023 年新增 43 艘船，使全球船隊增長了 1.7% YoY (year on year)。2023 年交付的大多數船隻屬於 170,000 至 180,000 立方米的尺寸範圍，也就是我們習慣稱呼的傳統型 LNG 船。



<sup>1</sup> During 2023 and the first two months of 2024  
<sup>2</sup> Under construction vessels

全球 LNG 船舶數量(資料來源：IGU 2024 World LNG Report)

由於過去二十年間 LNG 貿易的快速增長，全球 LNG 運輸船隊相對年輕。船齡在 20 年以下的船隻佔活躍船隊的 85.3% (至 2023 年)，新船隻更大更高效，其整個使用壽命的專案經濟學優勢遠高於現有船隻。目前全球只有 21 艘 LNG 運輸船隻超過 30 年，其中包括 8 艘轉換為 FSRU 或 FSU 的船隻。

回顧 LNG 運輸船的發展，1955 年，美國商人 William Wood Prince (時任芝加哥 Union Stock Yard and Transit Company 主席)開始研究 LNG 海上運輸。Prince 的努力為 LNG 海運成為現實奠定了基礎。1959 年 1 月 29 日，「Methane Pioneer」(甲烷先鋒號)裝載著 5000 立方 LNG 從美國路易士安娜州的 Lake Charles 駛向英國的 Canvey Island。這是世界上第一次實現 LNG 遠距離的海上運輸。「甲烷先鋒」號原為一艘 1945 年美國建造的貨船，名為「M.V. Marline Hitch」，於 1958 年在洛杉磯 Consolidated Western Steel Shipyard 改造成世界上第一艘遠洋 LNG 運輸船，該船共完成 6 次跨大西洋 LNG 運輸試航，證明 LNG 跨洋海運是可行的。



世界首艘 LNG 運輸船「甲烷先鋒」號(資料來源：<https://www.helderline.com/tanker/methane-pioneer>)

由於「甲烷先鋒號」的成功，世界首艘新造 LNG 運輸船於 1963 年在英國 Vickers-Armstrongs Shipyard 開工建造，於 1964 年交付，命名為「Methane Princess」(甲烷公主號)，用於阿爾及利亞和英國之間的 LNG 運輸，標誌著商業 LNG 海上運輸歷史的開端。



世界首艘新造 LNG 運輸船「甲烷公主」號(資料來源 <https://www.helderline.com/tanker/methane-princess-1>)

從 20 世紀 60 年代末期開始，商業 LNG 海上運輸開始蓬勃發展。1969 年，太平洋地區的第一個 LNG 購銷協定簽訂，日本開始從美國阿拉斯加進口 LNG，促使美洲和亞洲的 LNG 海上運輸市場形成。1972 年，日本從汶萊進口 LNG，宣告亞洲 LNG 海上運輸市場誕生。在之後的十多年間，日本陸續從阿布達比、印尼、馬來西亞、澳大利亞等國進口 LNG，進口量長期穩居世界 LNG 進口國前列。1986 年，韓國建立了第一座 LNG 接收站，開始從印尼進口 LNG。1990 年，臺灣從印尼進口首船 LNG 到達高雄。中國自 2006 年廣東大鵬接收站投產而開始從澳大利亞進口 LNG，後來居上，逐漸成為世界第一大 LNG 進口國。

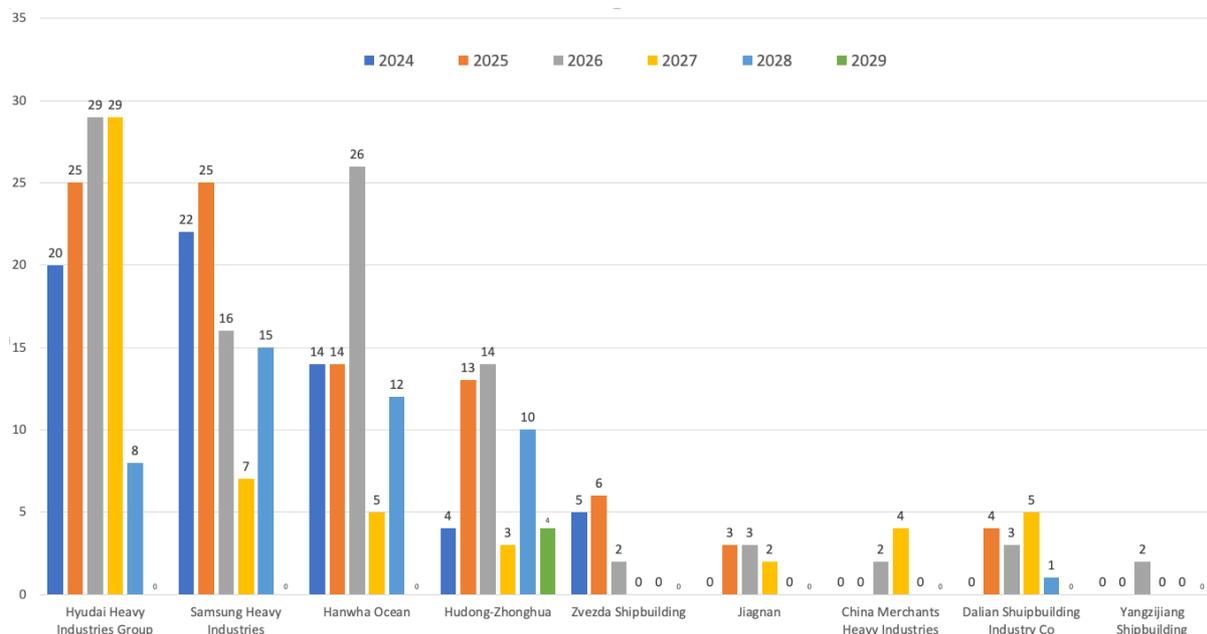
20 世紀 80 年代以前，LNG 運輸船的建造由美國、英國、法國、挪威、瑞典等少數國家壟斷，由於其建造技術難度較大，造價高，與航空母艦、大型豪華郵輪並譽為造船工業「皇冠上的三顆明珠」。1981 年，日本川崎造船廠建成交付了亞洲第一艘 LNG 運輸船「Golar Spirit」號。自 1980 年代中期，日本大舉進軍 LNG 運輸船建造市場。自 1980 年代中期至 1990 年代中期，約 10 年間，日本包攬了全球 90%以上的大型 LNG 運輸船建造專案。1994 年，韓國現代重工造出了其第一艘 LNG 運輸船「Hyundai Utopia」號，並開始與日本進行激烈的市場競爭。自此，世界 LNG 運輸船建造的重心轉向日本和韓國。1997 年亞洲金融危機導致 LNG 造船市場格局發生了變化，韓國政府加大了對本國造船業的幫扶力度，投入海量的資金，而日本政府對本國船廠的扶持力度非常小，因此日本在日、韓 LNG 造船競爭中逐漸敗下陣來。

在 2010 年代初期，韓國手握全球超過 90%以上的 LNG 運輸船訂單，主要船廠為現代重工，三星重工和韓華海工(原大宇造船)，壓倒性地戰勝了日本船廠。近些年，日本計畫復興其 LNG 造船的輝煌。隨著日本本國船東計畫建造大量 LNG 運輸船，日本造船廠加快整合，川崎重工和三井造船合作、JMU (Japan Marine United Corporation，日本造船聯合)成立以及三菱重工牽手今治造船成立 MI LNG (MILES Co., Ltd.)，企圖擴大 LNG 運輸船市場份額。

中國的滬東中華造船廠於 1990 年代末開始研發 LNG 造船技術，於 2008 年交付了首艘中國自主設計、建造的 LNG 運輸船「大鵬昊(Dapeng Sun)」號，標誌著中國船廠進入 LNG 運輸船舶建造領域。2015 年，滬東中華船廠出口首艘 LNG 運輸船「巴布亞(Papua)號」給巴布亞紐幾內亞政府，標誌著中國 LNG 造船進入國際市場。近年來，中國的江南造船廠、大連中遠船務、揚子江船業等船廠也承接了多艘 LNG 運輸船的建造。到目前為止，中國船廠手持訂單大約為全球的 20%至 25%，韓國船廠約 70%至 75%，日本船廠僅有約 5%。

根據 IGU 的 2024 年報，全球共有 359 艘 LNG 運輸船正在建造或是等待建造中，造船廠全部在亞洲，其中韓國現代船廠建造 111 艘，韓國三星船廠建造 85 艘，韓國大宇

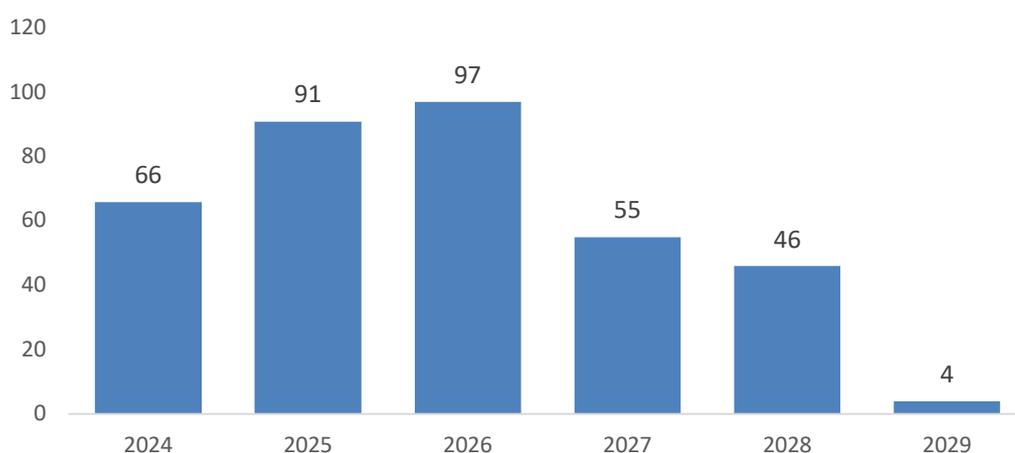
船廠(改名韓華海洋)建造 72 艘，中國江南船廠建造 8 艘，中國滬東船廠建造 49 艘，中國大連船廠建造 13 艘，中國招商局重工(CMHI) 建造 6 艘，中國揚子江船業集團建造 2 艘以及蘇俄紅星船廠建造 13 艘，其船廠分佈如如下圖所示：



新造 LNG 運輸船訂單按船廠的分佈(截至 2024 年 2 月) (資料來源：IGU 2024 World LNG Report)

這些建造中的 LNG 運輸船大多數將於 2025 年及 2026 年完成並交船，總數量相當於當前活躍船隊的三分之一。平均交船期落在 2023 年到 2027 年間。

2024年到2029年天然氣船交船現況共359艘



LNG 船 2022 年到 2027 年建造數量

資料來源：IGU 2022 World LNG Report, <https://www.igu.org/resources/world-lng-report-2022/>

建造 LNG 運輸船的成本在很大程度上取決於貨物圍護系統、推進系統、容量等特性以及涉及船舶設計的其他規格。從歷史上看，雙燃料柴油電動 (Dual-Fuel Diesel Electric, DFDE)、三燃料柴油電動(Tri-Fuel Diesel Electric, TFDE)船舶的起始價格要高於蒸汽渦輪機船舶，但更高的新建成本可以透過營運更現代化的船舶所帶來的效率提升來抵消。由於規格標準不同，DFDE/TFDE 新建成本多年來差異很大。例如 2018 年為俄羅斯 Yamal 液化天然氣專案訂購的 15 艘破冰級船舶的峰值價格超過每立方米 1,700 美元。這些船隻從 2017 年開始簽訂合同，每艘價格約為 3.2 億美元，推高了平均價格。

由於船舶需求激增，LNG 運輸船新造船訂單數量較 2023 年同期的 34 艘增加了一倍多，而 2024 年前五個月的訂單數量為 78 艘，增長了約 129%。加上韓國船廠的產能限制，2023 年訂購的船舶交付時間現已延長至 47 個月。由於不同船型的造船需求強勁，去年 LNG 運輸船的價格水準穩定上漲。一艘標準的 174,000 立方米二衝程船舶的價格從不到 2 億美元攀升至 2.5 億美元，最近又上漲至近 2.69 億美元的歷史最高水平，年增約 6.1%。並且隨後幾年訂單量依然強勁。自 2024 年年初以來，所有液化天然氣船舶價值都有所上漲，其中 20 年船齡、140,000 立方米的液化天然氣船舶價值從 6285 萬美元上漲至 7240 萬美元，上漲了約 1000 萬美元，約略為 15%。

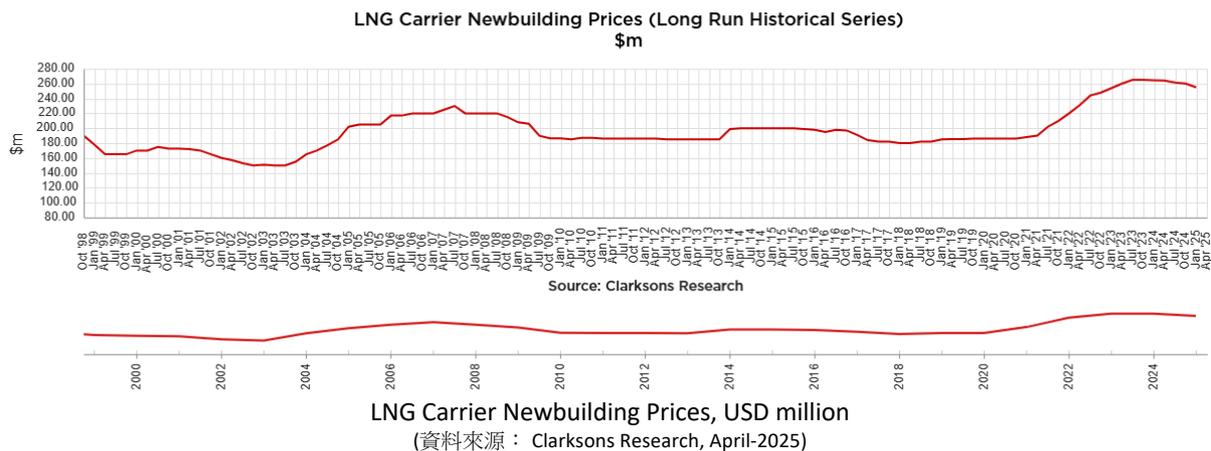
### Newbuild Large LNG Values USD Million



Source: VesselsValue, a Veson Nautical Solution  
Data correct as of June 2024



資料來源：<https://www.hellenicshippingnews.com/lng-newbuilding-values-at-record-high-78-newbuild-orders-placed-in-2024-doubling-2023/>。



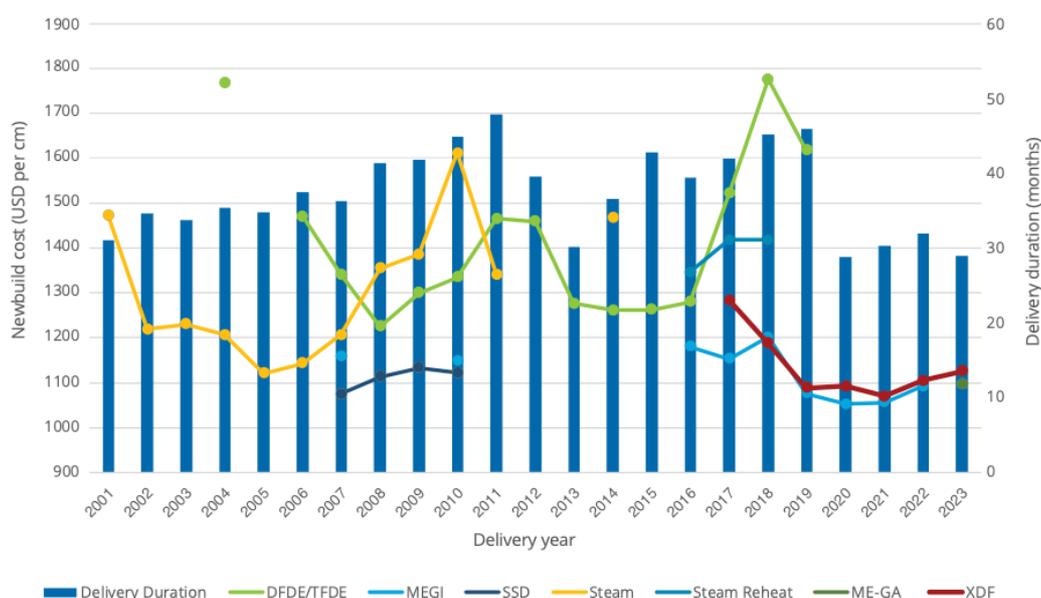
同樣，交船時間也大幅增加，韓國船廠的新船交貨期現已推遲至 2028 年，這意味著未來平均交船時間可能會增加，而滬東中華的新船交貨期則為 2029 年。目前，LNG 運輸船從下單到交付的平均時間大約為 3.5 年至 4 年之間，尤其是來自中國的 LNG 運輸船，平均交貨時間接近 4.8 年。

### GLOBAL MERCHANT FLEET AVERAGE DELIVERY TIME



全球商船平均交付時長

資料來源：<https://public.axsmarine.com/blog/build-time-for-new-vessels-continues-rising>



2001 至 2023 年 LNG 運輸船舶交付時間表和新建成本(資料來源：IGU 2024 World LNG Report)

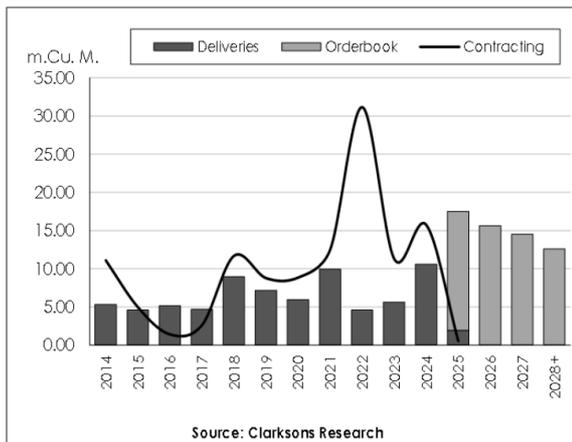
當造船廠產能受到限制時，新船的調試時間就會延長。船東可能被迫讓老舊船舶繼續運作更長時間，或者他們可能會尋求二手市場來滿足其船隊需求。船廠空間緊張也會影響新建船舶的定價，導致成本上升並限制靈活性。依據 2025.03 Clarksons Research 的統計 Liquid Natural Gas Carriers (40,000 + Cbm)的交船數量分別是：

- 2025: Total 89 Vessel(s) of 15,559,300 cbm
- 2026: Total 89 Vessel(s) of 15,631,400 cbm
- 2027: Total 83 Vessel(s) of 14,527,000 cbm
- 2028: Total 38 Vessel(s) of 7,197,000 cbm
- 2029: Total 11 Vessel(s) of 2,690,000 cbm
- 2030: Total 6 Vessel(s) of 1,626,000 cbm
- 2031: Total 4 Vessel(s) of 1,084,000 cbm

No. Vessels (end)	2023	2024	Feb-2025	Orderbook	
<b>Fleet Total</b>	679	727	737	<b>2025</b>	89
<b>Deliveries</b>	33	61	11	<b>2026</b>	89
<b>Scrapping</b>	6	7	1	<b>2027+</b>	142
<b>Contracting</b>	64	77	3	<b>Total</b>	320
<b>Orderbook</b>	329	328	320	<b>% Fleet</b>	43.4%

m.Cu. M. (end)	2023	2024	Feb-2025	Orderbook	
<b>Fleet Total</b>	111.5	120.4	122.2	<b>2025</b>	15.6
<b>Deliveries</b>	5.6	10.6	1.9	<b>2026</b>	15.6
<b>Scrapping</b>	0.7	0.9	0.1	<b>2027+</b>	27.1
<b>Contracting</b>	11.3	15.7	0.5	<b>Total</b>	58.3
<b>Orderbook</b>	57.5	59.7	58.3	<b>% Fleet</b>	47.7%



Liquid Natural Gas Carriers (40,000 + Cbm)

(資料來源：Ship Type Orderbook Monitor, Clarksons Research, Volume 32, No. 3 March-2025)

## 租船市場

從國際上看，國際油氣巨頭如殼牌(SHELL)、英國石油(BP)等跨國公司，佔據著國際天然氣上游市場的最大份額。同時，作為 LNG 產業鏈不可分割的一個環節，LNG 海運在國際油氣巨頭(例如 SHELL 和 BP)的 LNG 全球貿易活動中扮演了不可或缺的角色，其在掌控 LNG 自有運力的做法，值得臺灣思考和借鑒。

首先 SHELL、BP 以自有運力優先保證本公司的全球貿易需要，其次在貿易需求旺盛、運力存在缺口的情況下，通過在租船市場上的運作，以長期期租、海運合同(Contract of Affreightment, COA)及航次租船等多種商務模式來滿足自己的運量需求；而承攬運輸業務的這些專業公司基本上都是 SHELL 和 BP 的長期合作夥伴，如 BW、Teekay 等航運公司，他們之間的商務關係從本質上來講是航運市場細分的體現，從行業的「食物鏈」來看，各自處在頂端和中段的位置。綜合 SHELL 和 BP 的經驗來看，基本上自有運力的配備能夠占到總貿易貨量的 50%~70% 或者更高。

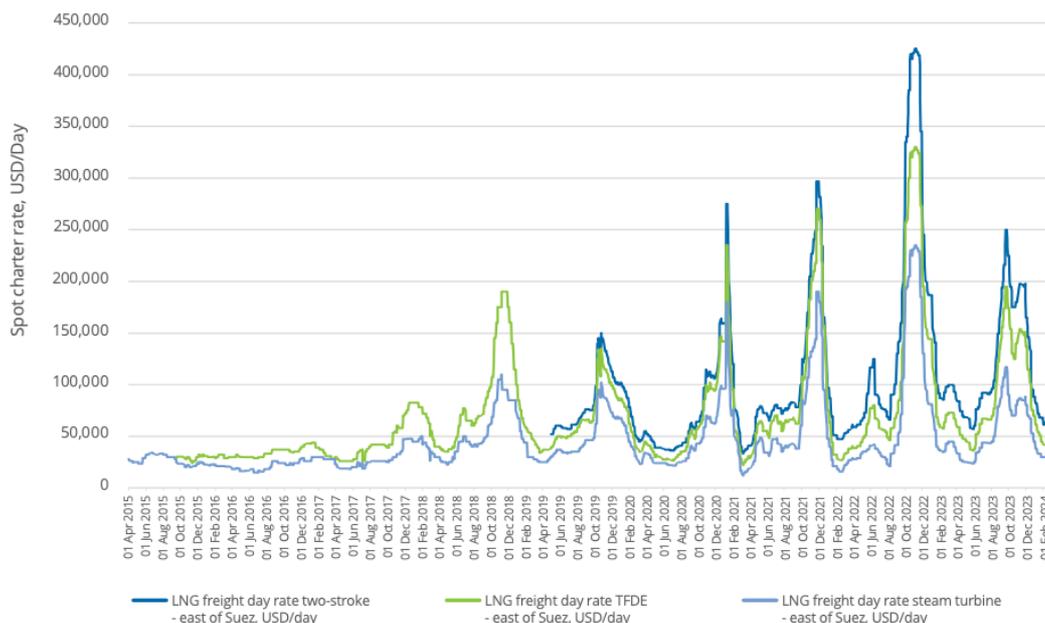
隨著全球 LNG 貿易模式的變化，LNG 運輸船的運營模式也在近十多年悄然發生變化，簡單來講：在傳統的 LNG 產業鏈中，由於 LNG 液化工廠的投資巨大，風險較高，通常在液化工廠做出投資決策(Final Investment Decision, FID)之前要鎖定下游買家；液化天然氣的長期銷售和購買協議(Sale and Purchase Agreement, SPA)基本為長協，採用「長期照付不議」和「LNG 運輸船目的地條款」，訂造的 LNG 運輸船跟著專案項目走，長期期租合同隨 SPA 一起簽署，以此保證相關方利益和共同承擔運輸風險。所以 LNG 貿易興起之後的前 40 餘年(1960s-2000s)，LNG 運輸船絕大部分是所謂的「專案船」或稱「項目船」，LNG 運輸船的股東通常除了專業海運公司之外，還包括 LNG 的上下游企業，即賣家和買家。

近十多年來，LNG 貿易隨著 LNG 資源的供應偏緊到供應偏鬆發生了相應的變化，中短期 SPA 合同成為一種貨主鍾情的方式，LNG 現貨貿易從無到有，比例逐漸加大。這些供求層面的變化，體現了 LNG 海運逐漸靠攏傳統的大宗貨物海運模式，LNG 航運三位一體的「投資、運營、技術管理」的界限慢慢模糊。LNG 運輸船市場上有了新造「投機船」(沒有鎖定長期期租合同的船舶)和從長期期租運輸合同(Long-Term Time Charter, TC)退出的 LNG 老舊船，有足夠的富裕運力等可以承攬中短期 TC 和現貨(SPOT Cargo)的運輸。

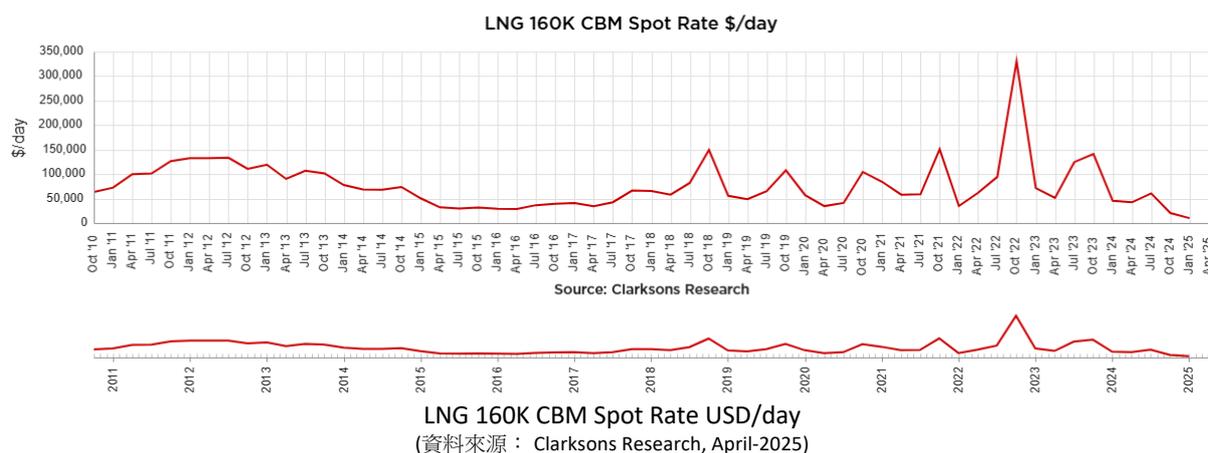
但是總體上來說，大部分 LNG 運輸船還具有「訂制化」的特點，這是因為在 LNG 貿易中的船岸相容性(匹配)所決定的。中短期 SPA 和現貨交易豐富了 LNG 運輸船的運營模式，可以是專案船，可以從市場上尋租中短期 TC 的 LNG 運輸船，還可以是航次租船用於單票現貨的貿易。

目前 LNG 船舶租賃市場正經歷顯著的變化，從 2022 年由於俄烏衝突和歐洲對 LNG 的強勁需求，LNG 船舶的即期租金一度飆升至歷史新高，甚至達到每天數十萬美元，見下圖。隨著市場對能源安全的擔憂有所緩解，以及新造船的陸續交付，但老舊船隻的淘汰速度相對較慢。這導致市場上的 LNG 運輸船數量增加，超過了 LNG 貿易的增長速度，這種供需不平衡的情況，使得許多長期租賃 LNG 船的租船人將運力投入到即期運輸市場，進一步加劇了運力供應過剩的現象。2023-2024 年 LNG 船舶的租金和運費從歷史高位回落，並在 2025 年初呈現疲軟態勢，現貨租金大幅下跌，部分航線的日租金甚至跌至數年來的低點。例如，大西洋航線的某些 LNG 船隻日租金曾跌至數千美元。太平洋航線的租金相對較高，但也出現下跌。由於即期市場供應過剩，以及市場預期供應過剩的情況在 2027 年前難以扭轉，中短期租賃市場的租金呈現「量價齊跌」的局面。

無論如何，LNG 船舶租賃市場價格受到全球 LNG 供需狀況、新造船交付與老舊船舶淘汰下的可用運力、地緣政治事件、季節性需求高峰因素、燃料價格、船舶技術和規格等多重因素的複雜影響，預計這樣充滿不確定性的市場未來仍會持續波動。



Spot charter rates east of Suez, April-2015 to end-February 2024 (資料來源：IGU 2024 World LNG Report)



簡要總結一下 LNG 運輸船的三種租船模式：

1. 長期合約能提供穩定的供應量和價格，降低市場波動帶來的風險，專案船(固定航線)，簽的就是長期期租合同(Long-Term TC)，基於固定的內部收益率、回收期模式的日費測算；全生命週期能夠保證較好的收益。
2. 非專案船的期租模式，根據租期長短，船舶的技術條件(尤其是推進系統，老舊的蒸汽渦輪機 ST 船租金低，氣體內燃機船 XDF 和 MEGI 船的租金高。關於推進技術，在後文中詳細介紹)、船舶狀況等，租金日費水準不等(目前日租金大約為 5 萬至 6 萬美元)。承租方承擔燃料費用和港口使費。

3. 現貨市場能提供彈性，應對短期需求變化，用於現貨運輸和短期包租的 LNG 運輸船，即租船市場上能尋租到的機動船(燃料費用船東承擔)。根據運力是否緊張，租金隨行就市。短期包租的租金統計見下表。可見新推進技術二衝程直推和雙(三)燃料電推的新型船舶的日租金較高。

**LNG 運輸船短租年平均價格(日租金，美元)**

**Historical Yearly Average Spot Charter Rates (< 6 month fixture)**

<b>(Avg Spot Charter Rate US\$)</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
174,000m3 2 Stroke	\$99,200	\$79,500	\$68,600	\$110,200	\$150,400	\$121,800
160,000m3 TFDE	\$81,500	\$69,300	\$59,400	\$94,300	\$106,500	\$93,900
145,000m3 ST	\$56,900	\$48,900	\$42,600	\$70,600	\$67,500	\$58,600

**2023 年 LNG 運輸船長租平均價格(日租金，美元)**

**2023 Yearly Average Term Rates**

<b>(Avg Term Charter Rate US\$)</b>	<b>1 Year</b>	<b>3 Year</b>	<b>5 Year</b>	<b>7 Year</b>
174,000m3 2 Stroke	\$153,700	\$143,600	\$119,500	\$106,100
160,000m3 TFDE	\$113,500	\$99,900	\$84,100	\$73,700
145,000m3 ST	\$58,400	\$45,200	\$36,100	\$35,000

Poten & Partners LNG Shipping & Trading Reference Tables (2024)  
(<https://www.poten.com/wp-content/uploads/2024/01/LNG-Trifold-2024-Final.pdf>)

如前所述，門檻高的 LNG 船舶市場，LNG 船舶所有人，主要還是掌控在如 Shell、BP、Chevron、TotalEnergies 等大型能源公司，Maran Gas Maritime Inc. (希臘)、GasLog (希臘)、Dynagas (希臘)、NYK Line (日本)、Mitsui O.S.K. Lines (MOL)、MISC Berhad (馬來西亞)、Nakilat (卡達)、BW LNG (挪威/新加坡)、Golar LNG (百慕達)、Seapeak (加拿大)等專業航運公司等，當然也有如中國的工銀金融租賃與中國船舶集團旗下的中國船舶租賃的融資租賃方式掌控 LNG 船舶的運作方式，或是透過獨立船東、投資航運基金或上市航運公司掌控 LNG 船舶，或是由 LNG 進口國的國有或私營企業參與 LNG 船舶投資，以保障其掌握 LNG 的運輸需求。

#### 四、技術門檻

通常，LNG 運輸船為上層建築位於船尾部，貨物區域的船底和舷側設雙殼結構，該區域充當壓載艙，艙底設有專門的管系和電纜通道。液貨艙的安全佈置和要求，特別是針對貨物圍護系統的防洩漏保護措施，滿足國際海事組織(IMO)《國際散裝運輸液化氣體船舶構造與設備規則》(The International Code of the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk, IGC Code)對 2G 型貨物的要求。在設計和建造 LNG 運輸船時，IGC Code 除了對 LNG 運輸船的船舶結構強度和穩定性、船舶電氣系統和設備、船舶消防系統和設備、船員教育訓練、貨物操作、安全管理、應急回應有較高要

求外，對於貨物圍護系統(Cargo Containment System, CCS)的貨艙結構設計、貨艙絕緣、貨艙防洩漏裝置，以及在安全設備方面對於貨物洩漏檢測系統、貨物洩漏控制系統、火災探測和滅火系統、通風系統、個人防護設備等方面也都有較高於一般船舶的要求。

LNG 運輸船可按貨艙，或稱貨物圍護系統，以及船舶推進系統來分類。按照艙容大小，一般將 LNG 運輸船分為：

1. 艙容通常在 1-4 萬立方米以下，用於支線運輸、燃料供應的小型 LNG 船；
2. 艙容通常在 12-18 萬立方米左右，目前 LNG 海運的主力船型，也稱常規型 LNG 船(Conventional LNG Carrier)；
3. 艙容超過 18 萬立方米的大型 LNG 船，包括由卡達開發艙容約 21 萬立方米的 Q-Flex 大型 LNG 船，以及目前最大，艙容約 26.6 萬立方米的 Q-Max 船型。

### 貨物圍護系統 (Cargo Containment System, CCS)

液化天然氣 (LNG) 的貨物圍護系統 (Cargo Containment System, CCS) 是指在 LNG 船舶上用於安全儲存和運輸極低溫(約  $-162^{\circ}\text{C}$ )液態天然氣的所有組件和系統的總稱。它是一個功能包括儲存液貨、保溫絕緣、結構支撐、防止洩漏以及安全保障，直接關係到船舶和貨物安全的系統。茲簡述 LNG 運輸船貨物圍護系統的發展歷程和貨物圍護系統分類如下：

1. 1962 年，挪威船級社(DNV)的工程師 Bo Bengtsson 發明薄膜型 LNG 液貨圍護系統技術(membrane containment system)，並在同一年申請了專利。當時，Bo Bengtsson 沒有把技術商業化或者投入建造，而是把技術賣給了法國燃氣(Gas de France)和日本郵船(NYK)的合資公司 Technigaz。從而研發了第一代 Mark I 型 LNG 圍護系統(Mark 系列薄膜型的起源)。
2. 1963 年，法國 Worms 集團研發了一種由殷瓦鋼(Invar)薄膜製成的薄膜型液貨圍護系統(NO 系列液貨圍護系統的起源)。1963 年 4 月申請專利。1965 年，這一項專利技術也用在了實驗型的丙烷運輸船「Hippolyte Worms」上。在上述研發的基礎上，Gaztransport 公司成立，實現了殷瓦鋼薄膜圍護系統的商業化。
3. 1964 年，「甲烷公主號」LNG 運輸船使用 5083 鋁合金棱柱形獨立液貨艙，外包膠合板(Plywood)，用巴沙木(Balsa Wood)絕緣材料，稱為 Conch 型貨物圍護系統。

4. 1971 年，殷瓦鋼薄膜製成的薄膜型液貨圍護系統在丙烷運輸船獲得成功後，Technigaz 公司運用這技術於 LNG 運輸船上。Technigaz 下單建造第一艘殷瓦鋼薄膜型 LNG 運輸船，船名「Descartes」。
5. 1973 年，世界上的第一艘球罐型(MOSS 艙)的 LNG 運輸船(87,600 立方)誕生於挪威斯塔萬格 Moss Rosenberg 造船廠，船名「Norman Lady」。
6. 1980 年，日本石川島播磨重工(Ishikawajima-Harima Heavy Industries, IHI)船廠開發棱柱形 SPB 液貨艙(Self-supporting prismatic type B)。1985 年 SPB 圍護系統應用在 1,500 立方的「Kayoh Maru」LNG/乙烯船。1993 年用 SPB 液貨艙技術建造了「Arctic Sun」(89,900 立方)和「Polar Eagle」(87,500 立方, 2007 年改名為「Polar Spirit」) LNG 運輸船。
7. 1986 年，IMO IGC 規則頒佈實施，所有在 1986 年後建造的 LNG 運輸船都得滿足 IGC 章程。
8. 1994 年，法國 GTT 公司成立，由上面提到的 Gaztransport 和 Technigaz 這兩家公司合併而來。自此，GTT 壟斷了 LNG 薄膜型圍護系統的市場。
9. 2019 年，為打破 GTT 的壟斷，韓國燃氣公司(KOGAS)開發一種稱之為 KC-1 的艙型，該艙型已經用於兩艘船的建造，但由於設計缺陷，導致船舶不能正常運營，加上 GTT 狀告 KOGAS 侵犯其專利，這種新艙型的未來命運尚未可知。

按 IGC 章程第 3 章(貨物圍護)、第 4 章(材料)、第 7 章(設備和佈置)等章節的規定，LNG 貨物圍護系統主要可以歸納為貨艙與船體結構完全分離，由獨立的結構支撐的獨立艙型(Independent Tanks)，以及貨艙直接與船體結構相連，利用薄金屬膜片來容納液貨的薄膜艙型(Membrane Tanks)二大類。

獨立型為自支援結構，即圍護系統本身可承擔貨物的載荷，其通過一些支撐和連接件與船體結構相連。整體型系統自身不能承受貨物的載荷，其通過與船體結構貼合在一起，由船體結構來直接承擔貨物的載荷。

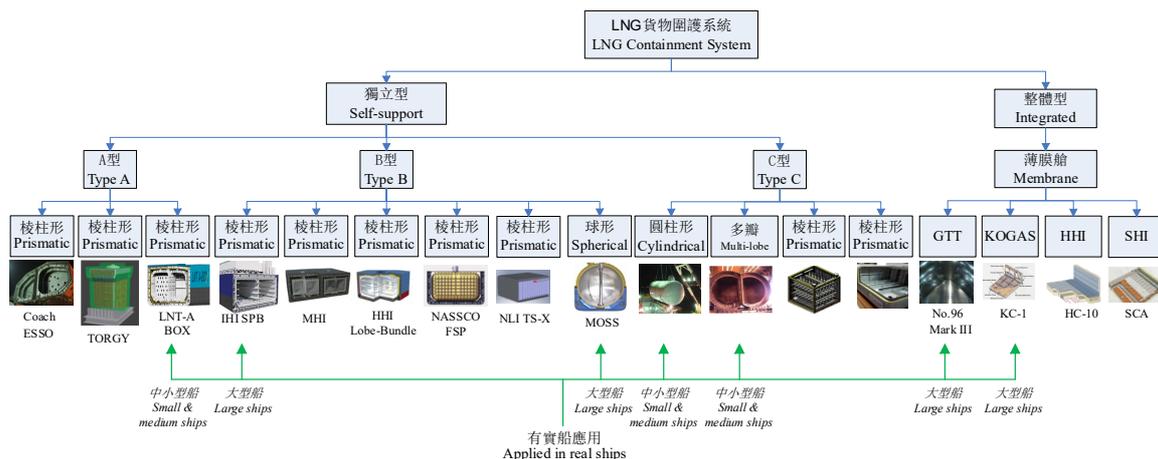
獨立型又細分為：

1. A 型獨立艙 (Type A Independent Tanks)為使用經典力學公司進行設計的結構，由於對結構細節不能精細計算，有洩漏的可能性，所以需要設置完整的次屏障(secondary barrier)以容納洩漏的 LNG。通常為平直表面，例如：Conch 型、

LNT A-BOX。

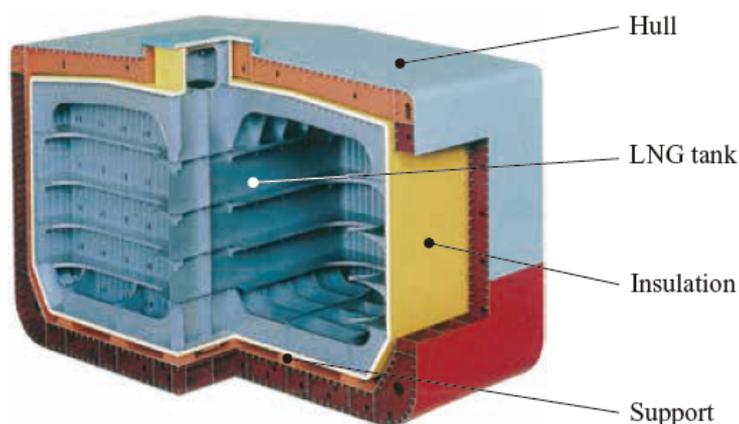
2. B 型獨立艙 (Type B Independent Tanks)為使用先進的基於電腦分析力學設計的結構，對結構細節考慮完善，因此洩漏概率較低，所以僅需設置部分次屏壁結構，用於在主屏障發生小規模洩漏時導流和收集洩漏物。通常為球形(例如 MOSS 艙)或棱柱形(例如：IHI SPB 艙)，設計上允許有限的裂紋擴展，需要部分屏障。
3. C 型獨立艙 (Type C Independent Tanks)為使用壓力容器標準設計的可承受內壓(不低於 2bar)的壓力容器結構，由於壓力容器的建造為成熟技術，洩漏概率低，不需設置次屏壁，適用於較小型的液化氣體運輸船。

工業界對 LNG 貨物圍護系統的研發從未停止過，下圖展示了市場上曾出現的各種產品。在這些產品中，僅有為數不多的產品得到實船的應用，見圖中下半部分的注釋

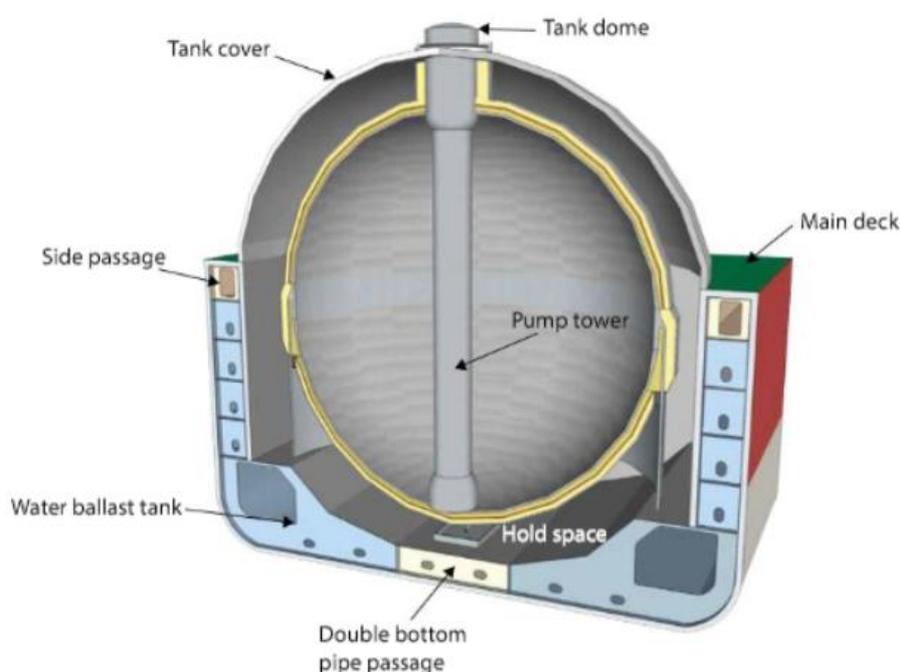


LNG 運輸船舶貨物圍護系統分類 (資料來源：本文作者 Hongjun Fan 分類繪製)

市場上，大型 LNG 運輸船主要採用 B 型獨立艙中的 IHI SPB 艙、MOSS 艙(球形艙)和薄膜艙三類。SPB 艙僅有四艘船使用，並非主流。MOSS 艙曾是日本船廠主推的艙型，由於日本 LNG 造船業的沒落，加上這種球形艙的重心高、船的駕駛視線不好，這種艙型已經幾乎不再被使用。目前，大型新造船幾乎全部採用整體型系統，也就是具體被稱為薄膜型圍護系統的薄膜艙型(Membrane Tanks)。



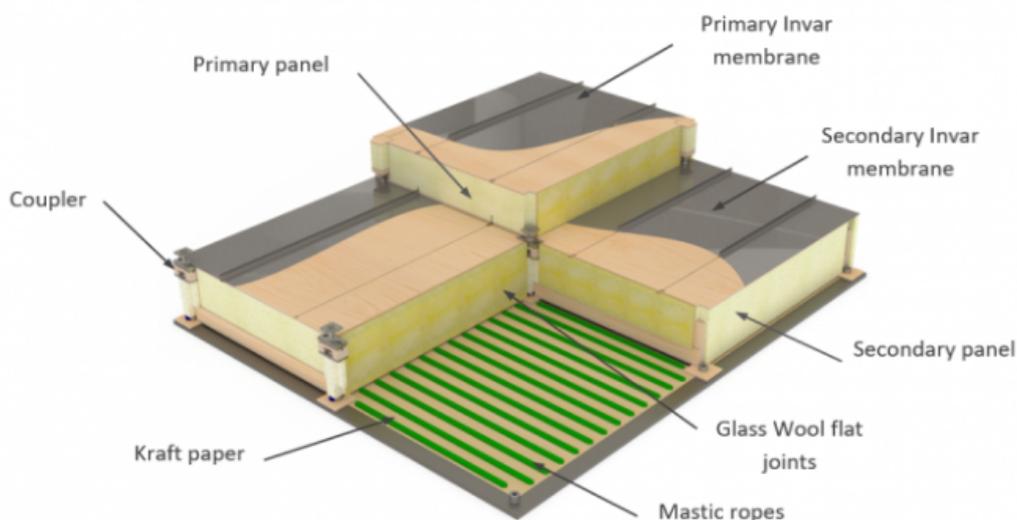
B 型獨立艙 IHI SPB 艙結構示意 (資料來源：<https://www.ihico.jp/>)



B 型獨立艙 MOSS 艙結構示意 (資料來源：<https://sea-man.org/lng-tanks-construction.html>)

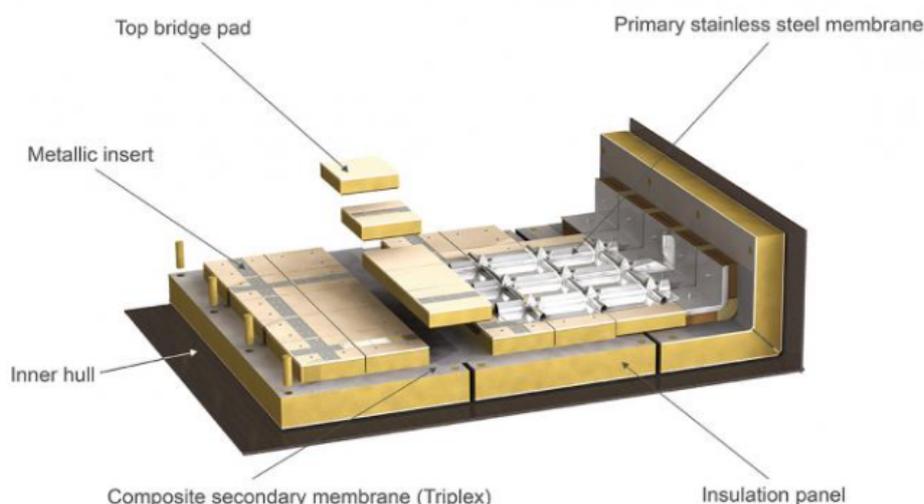
目前應用最為廣泛的薄膜圍護系統技術為法國 GTT (Gaztransport & Technigaz) 系列的 NO96 系列和 MARK 系列(主要為 MARK III)，具有良好的空間利用率和較低的蒸發率。

NO 96 薄膜型液貨艙是薄膜型液貨艙裡面比較典型的一種，主、次屏壁均採用 0.7mm 厚的殷瓦鋼，通過固定在船體結構上的絕熱箱予以支撐。殷瓦鋼具有非常好的奧氏體晶體結構以及低溫下完美的穩定性。隨著對 NO96 艙絕熱系統的技術改進，目前衍生出 NO96 的系列艙型，例如 NO96 GW、NO96 L03、NO96 L03+、NO96 Super+ 等。日蒸發率(Boil-off Rate, BOR)已經由 0.15% 逐漸降低至 0.07% (基於 17.5 萬立方船舶)。



GTT NO96 Super+薄膜艙結構示意 (資料來源：<https://gtt.fr/technologies>)

MARK III 薄膜型液貨艙總體結構佈置與 NO96 相似，也具有主、次兩層屏壁層，且屏壁層通過絕熱系統與船體結構相連接。其主要區別在於屏壁材料及絕緣系統的形式不同，MARK III 薄膜型液貨艙的主屏壁為 1.2mm 厚帶有縱橫方向槽形的不銹鋼板(304L)，次屏壁為二層玻璃纖維布及一層鋁箔的三合一片材，隔熱板塊為上下層壓板夾增強聚氨酯泡沫。相對於 NO96 薄膜型液貨艙，MARK III 薄膜型液貨艙的主要優點是主屏壁的不銹鋼厚度較厚，304L 不銹鋼的焊接要求較為容易，同時，不銹鋼板價格相對殷瓦鋼便宜。此外，MARK III 的總厚度僅為 NO96 的一半，船舶的內部空間利用率較高，船舶的尺度比較緊湊。缺點是不銹鋼熱膨脹係數很大，主屏壁需要採用縱橫雙向槽形結構，加工較為複雜，自動化焊接效率較低。為了進一步降低 BOR，MARK III 的系列艙型開始得到應用，包括 MARK III FLEX、MARK III FLEX+，BOR 已從 0.135%降低至 0.07% (基於 17.5 萬立方船舶)。



GTT MARK III 薄膜艙結構示意 (資料來源：<https://gtt.fr/technologies>)

## 推進系統 (Propulsion System)

適合於 LNG 運輸船的推進系統的選擇與其他船型相比有所不同。除了為船舶提供高效、安全、可靠的推進動力以外，還必須具備能力來處理 LNG 貨艙的蒸發氣體(Boil-off Gas, BOG)。初期，能夠兼顧處理 BOG 的唯一動力系統方案是蒸汽渦輪機或稱蒸汽透平 (Steam Turbine, ST) 推進。在 LNG 海運的最初大約 40 年間，蒸汽渦輪機渦輪機系統是唯一實際可行的推進系統方案。目前，幾種新的推進系統已經得到發展，為船舶設計者提供了可選方案。

2003 年，以天然氣或燃油(HFO 或 MDO)為燃料的雙(三)燃料發動機成功研發，為 LNG 運輸船推進系統提供了新的解決方案。隨著超大型 LNG 運輸船的出現，例如裝載容量為 20-27 萬立方的 Q-Flex/Q-Max 型 LNG 運輸船，更大體量的船舶對推進功率的需求接近 40000kW。在這一功率等級，另一種航空衍生型燃氣輪機 (Gas Turbine, GT)，並配備蒸氣渦輪機廢熱回收系統推進裝置的替代方案應運而生。

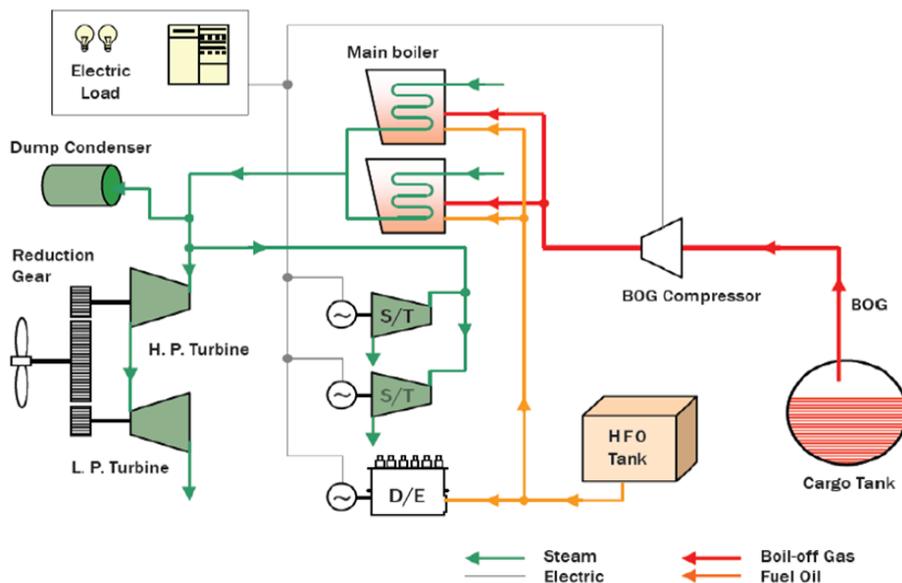
大部分近三年以來的新的造的 LNG 運輸船或建造訂單，其裝載容量主要分成兩個區間：裝載容量為 13.5-18 萬立方的標準型 LNG 運輸船，和裝載容量為 20-27 萬立方的 Q-Flex/Q-Max 型 LNG 運輸船。標準型船設計航速為 18.5-20.2 節，對於 Q-Flex/Q-Max 型船舶，服務航速達到 19.5 節。

從 IGU 年報資料來看，標準型船新訂單多採用雙(三)燃料電力推進(Dual Fuel Diesel Electric, DFDE；Tri-Fuel diesel electric, TFDE)，表明雙(三)燃料電力推進越來越受到青睞。

各類推進系統的技術特點：

### 1. 蒸汽渦輪機

目前運營的 14 萬至 15 萬立方的 LNG 運輸船大多採用雙燃料蒸汽渦輪機(Steam Turbine, ST)推進系統，該系統最大的優點是充分利用了貨物蒸發氣，無須增添專用蒸發氣再液化設備即可有效的控制貨艙壓力。但在全速航行的情況下，蒸發氣量不夠，而需要燃燒重油來補充功率。蒸汽輪機推進系統的主要優點是初期投資較少以及運營期間維修費用較少，其主要缺點是冷機啟動時間長、機動性能差、能效低、尺度大。



蒸汽渦輪機推進系統示意 (資料來源：<https://www.intechopen.com/chapters/64509>)

## 2. 雙(三)燃料內燃機電力推進系統(DFDE/TFDE)

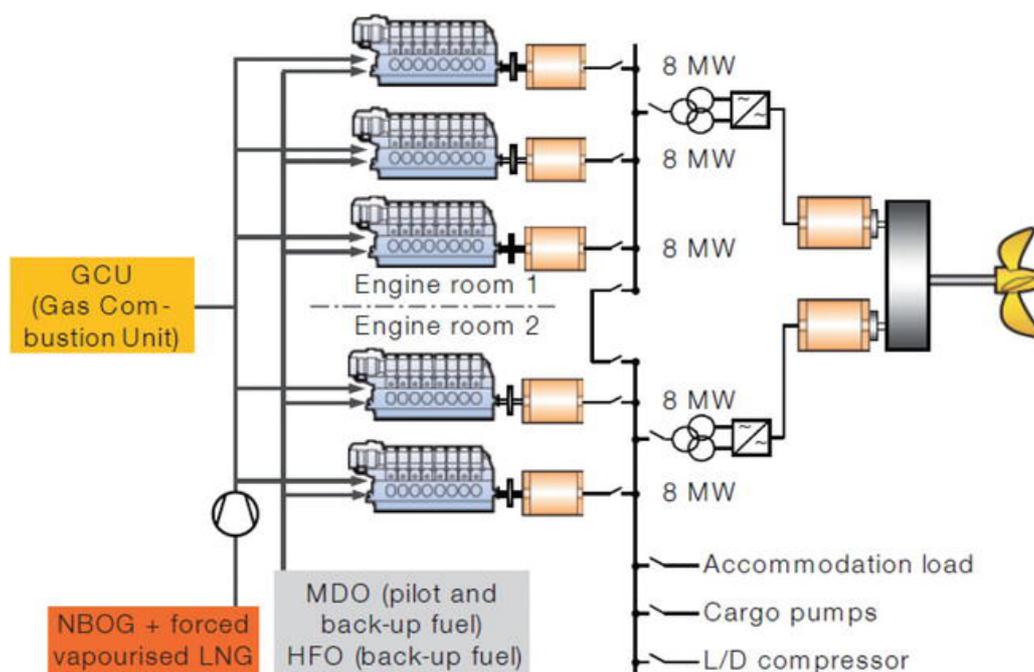
雙(三)燃料發動機可採用天然氣、船用柴油(MDO)或重油(HFO)作燃料。在燃氣模式下，需要少量(約 1-5%)MDO 作為引燃油。目前可選用的最大的雙燃料發動機，其單缸功率可達 950-1000KW。選取的發動機台數和氣缸排列型式，應在船舶各種運行模式下為發動機提供盡可能接近的最優負荷。一艘裝載量為 15.5 萬立方的 LNG 運輸船通常配置 4 台柴油發電機組。柴油發電機組提供全船所需的電能，包括推進裝置用電和船上服務用電。DFDE/TFDE 推進系統的主要優點有：

1. 冷機啟動時間短：在燃氣模式和燃油模式下，主機均能很快啟動。
2. 低燃油消耗量：由於採用了貨物蒸發氣做燃料，減少了對傳統燃油的依賴和消耗，燃料費用大大減少。
3. 電站冗餘量較大。
4. 船舶操作較為靈便可靠。
5. 後期維護成本較低(主機保養和滑油耗損)。
6. 有效艙容增加。

.7 環保，主要是排放廢氣中的 NOx、SOx 等含量低。

DFDE/TFDE 推進系統的主要缺點有：

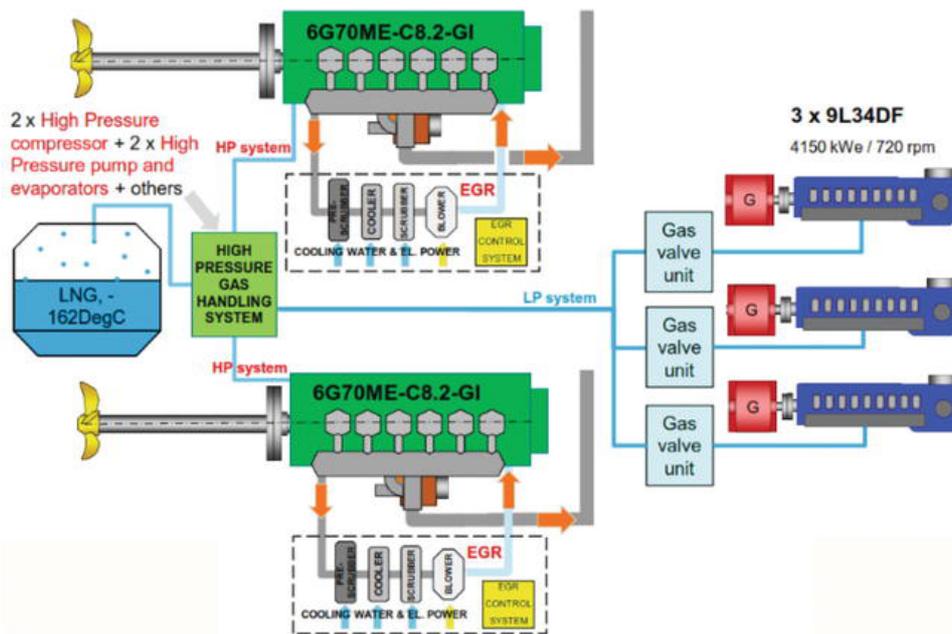
- 1 初期投資較高。
- 2 建造和管理難度較大。



雙(三)燃料內燃機電力推進系統示意 (資料來源：<https://www.intechopen.com/chapters/64509>)

### 3. 高壓低速雙(三)燃料發動機直接推進

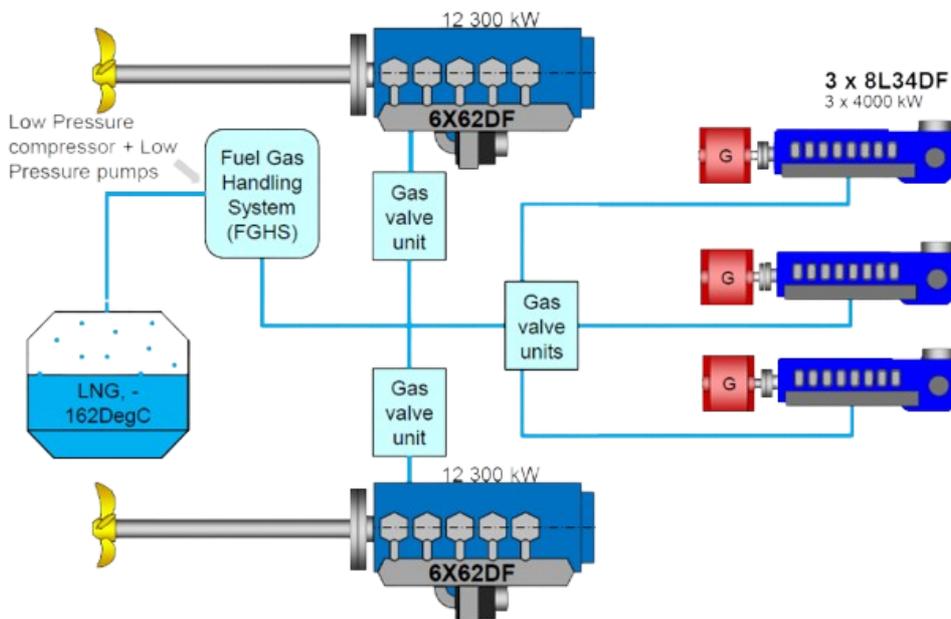
雙(三)燃料二衝程低速機的熱效率高，主機通過傳動軸直接連接螺旋槳，降低了中間能量損耗，相比 DFDE/TFDE，初始投資和營運成本降低。高壓低速雙燃料發動機代表機型為 MAN 的 ME-GI(Electronically Controlled, Gas Injection Engine) 主機，為迪賽爾迴圈(Diesel-cycle)主機，採用缸內高壓燃氣直噴技術，即通過加壓裝置把燃氣壓力增至 250~300bar，經由燃氣噴射閥將高壓燃氣直接噴入氣缸。改型主機甲烷逃逸低，但需要通過配碳氧化物(NOx)後處理裝置來滿足 IMO Nox III 排放標準。



高壓低速雙(三)燃料發動機直接進系統示意 (資料來源：<https://www.intechopen.com/chapters/64509>)

#### 4. 低壓低速雙(三)燃料發動機直接推進

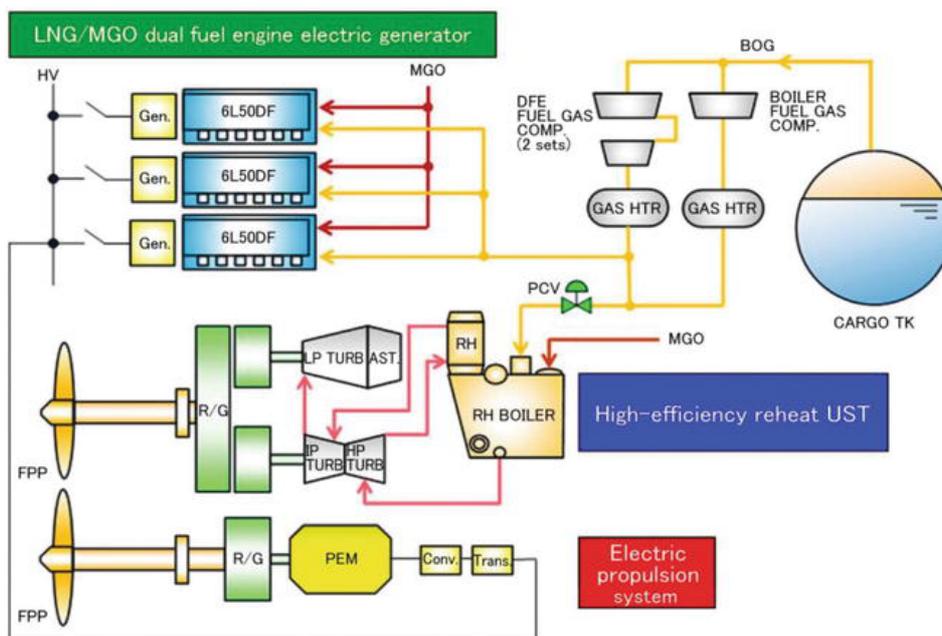
低壓雙燃料二衝程主機採用缸內低壓噴射技術，燃燒原理為奧托迴圈(Otto-cycle)，使用約 16 bar 低壓噴射天然氣。燃燒時依賴火花塞或柴油引燃，無需使用高壓壓縮機，降低了能量消耗、設備投資和維護成本，可靠耐用。無需配備後處理裝置便可以滿足 NOx TierIII 排放標準，兼顧經濟性的同時更加環保。但這種發動機的缺點是存在明顯的未完全燃燒甲烷的逃逸現象，導致甲烷排放相對於高壓噴射主機(MEGI)高一些。低壓低速雙(三)燃料發動機主要的機型為 WinGD 的 XDF 主機和 MAN 的 MEGA(Electronically Controlled, Gas Admission) 主機。



低壓低速雙(三)燃料發動機直接進系統示意 (資料來源：<https://www.intechopen.com/chapters/64509>)

### 5. STaGE 蒸汽渦輪機+燃氣發電機組混合電力推進系統

蒸汽渦輪機與燃氣機的 STaGE (Steam Turbine and Gas Engines) 混合燃料推進系統，使用一種高效率的再加熱蒸汽輪機，以及一種能夠使用天然氣的雙燃料發動機。日本郵船旗下合資公司 Diamond LNG Shipping，接獲一艘 165000 立方米的新一代 LNG 運輸船，名為“Diamond Gas Orchid”號，採用該種混合動力推進系統。但由於 STaGE 技術相對複雜，尚未被市場普遍採用。



STaGE 蒸汽渦輪機+燃氣發電機組混合電力推進系統示意 (資料來源：<https://www.intechopen.com/chapters/64509>)

總之，在 LNG 運輸船的推進方式選擇和船舶設計方面，當前比以往有了更多的選擇和組合方式。從 LNG 運輸船的訂單船統計圖來看，選用內燃機直推方案(含 XDF、MEGI 和 MEGA)的船舶占大多數。

在選擇推進系統時，燃料消耗量是一個主要考慮因素。因能源價格難以預測，在過去的幾年間，能源價格經歷了顯著的波動。從這一角度考慮，能夠基於燃料價格而使用不同燃料的推進裝置，可以提供最大的靈活性。

對於選擇推進系統的一個更為確切的影響是其滿足日益嚴格的排放控制法規的能力，這既包括空氣污染物排放還包括溫室氣體排放至限制。隨著減排舉措的推進，具有最優排放性能，且能夠實現 LNG 貨艙的蒸發氣體(BOG)的有效處理和高效利用的推進系統，在未來將具備一定的發展優勢。

至於臺灣該租哪一種形式的 LNG 運輸船，首先考慮與臺灣 LNG 接收站的匹配性，應該選擇主流的 17 萬立方米的標準型 LNG 運輸船。艙型應該選擇主流的 GTT 薄膜艙艙型(NO96 或者 Mark III)，推進系統可考慮選擇主流的內燃機直推，綜合考慮燃料消耗和排放，尤其是 IMO 將在不久的未來對甲烷排放有嚴格的限制，所以應該優先考慮甲烷逃逸低的 MEGI 機型。

如果臺灣要新造 LNG 運輸船，首先要考慮在哪裡造，因為不同的船廠所擅長的 LNG 運輸船型不同。目前，韓國和中國是主要的 LNG 造船國。考慮到地緣政治因素，臺灣可能會考慮在韓國造船。當然，臺灣也可考慮自己的船廠投入資金研發 LNG 運輸船的造船技術，不過這需要大量的金錢和時間的投入，需要進一步分析其可行性。

考量因為臺灣的 LNG 接收站(含未來的)採用 18 萬立方米的儲槽，因此應該建造 17 萬立方米的標準型 LNG 運輸船，與接收站匹配。

## 五、營運管理

液化天然氣是指將天然氣冷卻至 $-162^{\circ}\text{C}$ ( $-259^{\circ}\text{F}$ )，使其從氣態轉變為液態。液化後的天然氣體積大幅減少約 600 倍，便於儲存和運輸，特別適合長距離的國際貿易。液化天然氣運輸涉及多個步驟，包括天然氣的處理、液化、儲存、運輸及再氣化。茲分述如下：

1. 液化之前，需要對天然氣進行預處理，以確保其純度並避免雜質對液化設備和運輸設施的損害，包括：

- .1 雜質去除：去除硫化氫(H<sub>2</sub>S)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)和水分，防止這些雜質在液化過程中結冰或對設備造成腐蝕。
  - .2 重烴和固體去除：去除如乙烷、丙烷等重烴，並清除固體顆粒或灰塵，避免干擾液化工藝。
  - .3 脫汞：汞可能對液化設備中的鋁製材料造成損壞，因此必須將其去除。
2. 天然氣在液化工廠內進行冷卻和液化。液化過程中的關鍵步驟，包括：
- .1 冷卻：使用液氮或其他冷媒作為冷卻劑，通過多級壓縮與膨脹冷卻技術(如混合冷媒循環系統或級聯冷卻系統)將天然氣溫度逐步降低至-162°C。
  - .2 液化工廠通常設有大型冷凝器和熱交換器，用於實現天然氣的高效冷卻和液化。
  - .3 液化過程耗能較高，約占天然氣能源的 10%左右，因此效率和成本控制尤為重要。
3. 液化天然氣的儲存要點包括：
- .1 接收站儲罐設計：LNG 儲罐通常為雙層結構，內部為不銹鋼材料，外部為高效絕緣層，確保液體在極低溫下穩定存儲。儲罐內部設有壓力調節和氣體復吸系統，以防止氣化和壓力升高。
  - .2 沸騰氣(Boil-off Gas, BOG)管理：儲存過程中，LNG 不可避免會部分蒸發形成沸騰氣。這些 BOG 氣體通常會通過壓縮機加壓後進入天然氣管道，供下游使用。避免浪費。
4. LNG 運輸主要依靠有多重安全系統，如溫度監控、氣體檢測及緊急排氣裝置，確保船上液體和氣體穩定性等專門設計的液化天然氣運輸船(LNG Carrier)，其核心設施包括：
- .1 LNG 運輸船的設計：LNG 運輸船配備大型低溫儲罐，通常為球形罐(Moss 罐)或薄膜罐(Membrane 罐)設計。這些儲罐具有高效絕緣層，能將液化天然氣長時間保持在-162°C。

- .2 沸騰氣(Boil-off Gas, BOG)管理：運輸過程中未加以控制，LNG 會逐漸蒸發，產生 BOG 導致能量損失和經濟損失。這蒸發氣可以用作 LNG 運輸船或再氣化終端的燃料，實現資源再利用。如果蒸發氣未被捕獲或使用，直接排放會對環境造成溫室氣體排放影響。蒸發氣產生的原因主要來自：部分熱量進入儲罐，導致 LNG 蒸發、LNG 在裝載或卸載時的攪動可能產生額外的蒸發，因此需要如再液化裝置或氣體壓縮機特殊設備管理蒸發氣。
  - .3 蒸發氣的管理技術：現代 LNG 運輸船通常將蒸發氣重新壓縮液化後輸送至天然氣管道進行使用以減少損失。另外就是高效壓力控制設計的 LNG 儲罐可以減少過多的蒸發。
5. 其他有關 LNG 運輸船安全操作注意事項均需要考慮船級社規範、SIGTTO 和 OCIMF 的指南、以及 ISO 的 Mapping of ISO standards on LNG (ISO/TC 67/SC9)中 ISO/TC 8, Ships and marine technology 的 ISO 標準要求。如：
- .1 SIGTTO, Guidance for Gas Trials on LNG Carriers(LNG 船舶氣試指南)
  - .2 SIGTTO and OCIMF, Recommendations for Liquefied Gas Carrier Manifolds (液化氣船總管推薦做法)
  - .3 SIGTTO, LNG Emergency Release Systems Recommendations, Guidelines and Best Practices(LNG 應急脫離系統推薦做法、指南和最佳實踐)
  - .4 SIGTTO, Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals(液化氣船及終端操作原則)
  - .5 SIGTTO, Liquefied Gas Fire Hazard Management(液化氣火災管理)
  - .6 ISO 18154 Safety valve for cargo tanks of LNG carriers -- Design and testing requirements (LNG 運輸船貨艙安全閥 - 設計和測試要求)
  - .7 ISO/DIS 19636 General requirements for inclinometers used for determination of trim and list of LNG carriers (用於確定 LNG 運輸船的縱傾和橫傾的測斜儀的一般要求)

## LNG 運輸船的基本要求

關於 LNG 運輸船的管理基本上先不討論 IMO《國際散裝運輸液化氣體船舶構造與設備規則》(IGC Code)和國際液化天然氣運輸船運營商協會(The Society of International Gas Tanker and Terminal Operators, SIGTTO)的行業技術指導和最佳實踐指南以外，其他和一般的船舶管理相去不遠，核心重點是提高船舶運營效率，減少船舶維護成本，提高安全性和可靠性，主要框架包括：

1. 符合 IMO/ILO 國際法規的基本需求並在船舶運營和管理中建立審查、稽核與檢查(Vetting, Audit and Inspection)的機制。
2. 依據船舶安全營運管理及防止海洋污染章程(The International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention, ISM Code)的公司 DOC(符合文件, Document of Compliance)與船上的 SMC(安全管理證書, Safety Management Certificate)管理制度；

### IMO IGC Code 的基本要求

1957 年，美國和英國各出資 50%建造世界首艘 LNG 試驗船「甲烷先鋒號(Methane Pioneer)」，1959 年 1 月 25 日，甲烷先鋒號滿載 LNG 從 Lake Charles 以平均 9.4 節的航速開始了其 5064 英里的首次航行，於 2 月 20 日抵達 Canvey Island。除美國外，挪威 Oivind Lorentzen 於 1954 年研發了一種 17000 噸容量的球形罐，並取得了挪威船級社的原則認可(AiP)。在 1954 至 1955 年間，英國人 Westinform 和 Wm.Cory 委託設計 14000 噸容量的圓柱形儲罐。1955 年荷蘭殼牌開始設計甲烷運輸船概念船型，但由於蘇伊士戰爭，該專案於 1956 年暫停。

此期間，英國氣體委員會與上述先行者保持了緊密聯繫，對美國和歐洲的設計方案進行了詳細評估。同樣在 1954 年，法國燃氣(Gaz de France)啟動研究進口天然氣的可行性(含管道和船舶方案)，1956 年，法國燃氣向政府提交了詳細的研究報告，選定了船舶運輸天然氣的方案，法國政府委任 Worms 公司負責船舶技術研發，1959 年，Worms 公司主席 M.Labbe 訪問美國洽談技術授權被拒，激起了法國自主進行技術研發的鬥志，法國工業界的 Worms，Air Liquide，Gaz de France 以及 Gazocean 等公司開始開展合作研發，這便是後來法國薄膜艙技術取得巨大成功的基礎。1971 年，最大的 LNG 船艙容已達 71500m<sup>3</sup>。在 1970 年前後，Conch 公司、Gaz Transport 公司以及 Technigaz 公司的液貨艙設計已經與一些船級社及美國 USCG 達成協議，準備進行大規模應用。球形艙(即後來命名為 MOSS 艙的艙型)也處於研發的最後環節，內部絕熱系統也即將研發成功。

此時國際海事組織(IMO)《散裝船舶運輸化學品構造與設備規則》(IBC 規則)已處於起草的最後階段，所以工業界急切期盼制定一套與 IBC 規則相似的液化氣船規則。由於

美國 USCG 正面臨 LNG 船和 LPG 船進入美國港口，並提供檢驗合格證明的壓力，為了保證港口的安全，他們需要一部權威的規則，對工業界的這種呼籲，美國海岸警衛隊 (USCG) 也非常支持。

1971 年 9 月，國際海事組織(IMO)船舶設計與設備分委會成立了「制定液化氣體船舶規則臨時工作組(Ad Hoc WG)」，啟動了將含蓋 LNG、LPG 貨物，考慮全冷、半冷半壓和全壓式貨艙的《散裝船舶運輸化學品構造與設備規則》(IBC 規則)起草工作。1975 年 11 月 12 日 IMO 通過 A.328(IX)《散裝運輸液化氣體構造與設備規則》(GC 規則)決議與未包含於 A.328(IX)船舶的 A.329(IX)的 GC 規則建議書。

1983 年，IMO 海上安全委員會(MSC)通過了《國際散裝運輸液化氣體船舶構造與設備規則》(IGC 規則)，IGC 章程規範於《1974 年國際海上人命安全公約 1983 年修正案》中，適用於 1986 年 7 月 1 日起安放龍骨的新液化氣船，因為規則是以 SOLAS 1983 為基礎，因此消防及救生設備與結構防火方面要求有很大提高，比 A.328(IX)嚴格。自 1986 年生效迄 2022，經歷了多次關於船舶結構、貨艙設計、貨物處理系統、消防安全、電氣設備等多方面的修訂。現行的 IGC 章程架構如下：

- Ch.1 General 總則(2014 IGC Code)
- Ch.2 Ship survival capability and location of cargo tanks 船舶殘存能力與貨艙位置(2021 IGC Code)
- Ch.3 Ship arrangements 船舶佈置(2016 IGC Code)
- Ch.4 Cargo containment 貨物圍護(2014 IGC Code)
- Ch.5 Process pressure vessels and liquid, vapour and pressure piping systems 製程壓力容器和液體、蒸氣和壓力管路系統(2014 IGC Code)
- Ch.6 Materials of construction and quality control 建造材料和品質控制- applicable to 2026-01-01 (2020 IGC Code)
- Ch.6 Materials of construction and quality control 建造材料和品質控制- applicable from 2026-01-01 (2022 IGC Code)
- Ch.7 Cargo pressure/Temperature control 貨物壓力/溫度控制(2014 IGC Code)
- Ch.8 Vent systems for cargo containment 貨物圍護系統通風系統(2014 IGC Code)
- Ch.9 Cargo containment system atmosphere control 物圍護系統大氣控制(2014 IGC Code)
- Ch.10 Electrical installations 電氣設備(2014 IGC Code)
- Ch.11 Fire protection and extinction 防火與滅火(2014 IGC Code)
- Ch.12 Artificial ventilation in the cargo area 貨物區域的人工通風(2014 IGC Code)
- Ch.13 Instrumentation and automation systems 儀表與自動化系統(2014 IGC Code)

- Ch.14 Personnel protection 人員保護 (2014 IGC Code)
- Ch.15 Filling limits for cargo tanks 貨油艙的填充限制 (2014 IGC Code)
- Ch.16 Use of cargo as fuel 使用貨物作為燃料 (2014 IGC Code)
- Ch.17 Special requirements 特殊要求 (2014 IGC Code)
- Ch.18 Operating requirements 操作要求 (2014 IGC Code)
- Ch.19 Summary of minimum requirements 最低要求摘要 (2014 IGC Code)

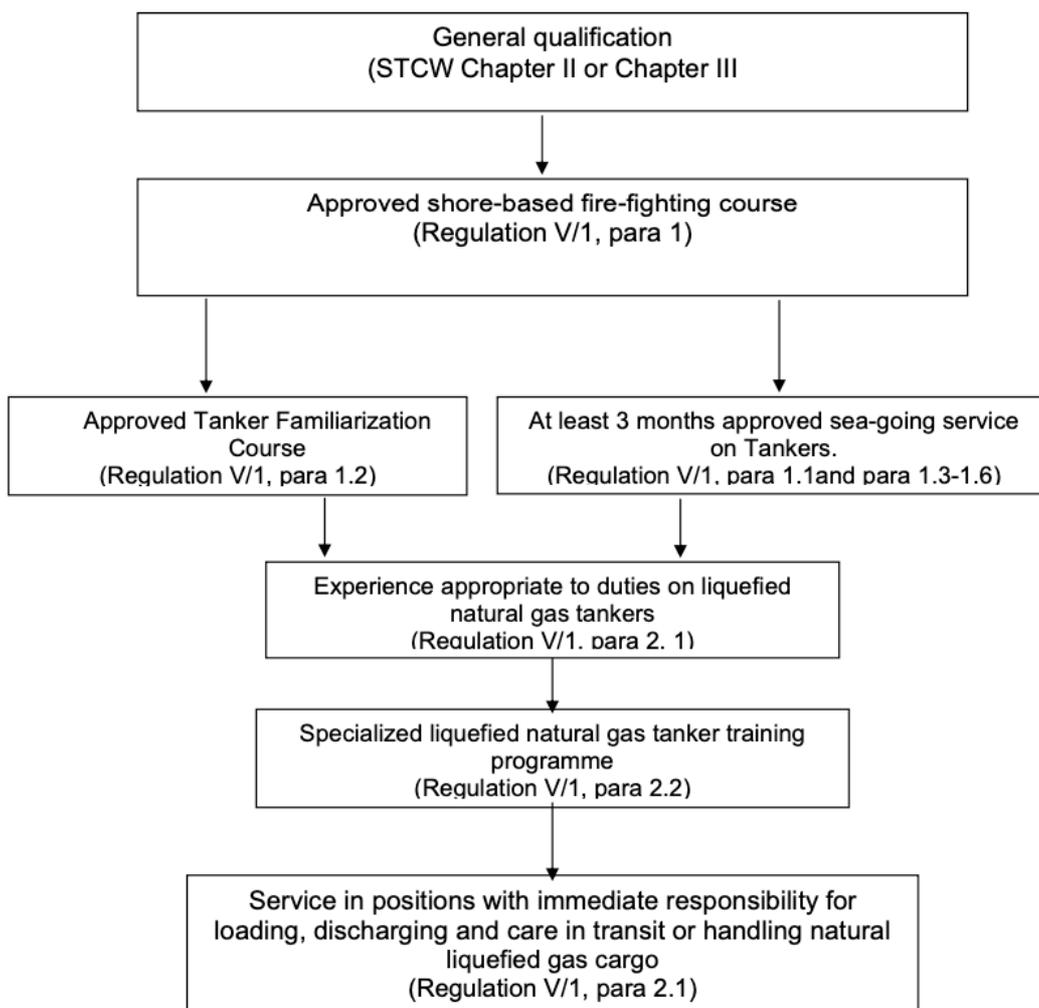
## 船員的基本要求

一般來說，LNG 船舶配員 22 人，其中船長、大副、二副、三副各一人，水手長一人，值班水手六人，輪機長、大管輪、二管輪、三管輪各一人，值班機工三人，電機員一人，廚師一人，服務生一人，液貨工程師一人。

上述 IGC 章程第 18 章「操作要求」18.7 的「人員訓練」，人員應依照 STCW、ISM 和《醫療急救指南》的要求，接受液化氣體運輸船操作和安全方面的充分培訓。至少：

1. 所有人員應接受關於使用船上所提供的防護設備的充分培訓以及接受適合其職責、在緊急情況下所需的程序的基本培訓；和
2. 船員應接受緊急程序培訓，以處理貨物洩漏、溢出或火災情況，並應有足夠數量的船員接受所載貨物基本急救的指導和培訓。

特別是有別於一般商船，貨物具有極低溫、易燃又具窒息性與膨脹性特性的 LNG，船員更需要接受高度專業知識和技能的培訓，以確保他們具備安全操作和管理 LNG 貨物及相關設備所需的知識和技能。LNG 船員培訓內容基本上涵蓋 LNG 貨物操作、消防安全及相關系統演練，確保船員能夠應對與貨物及船舶本身相關的各種情境。此外，船舶須制定詳細的應變計畫，並定期進行應急演習，以確保所有船員在緊急情況下能夠迅速且有效地作出反應。



STCW 公約對 LNG 船員的培訓要求

(資料來源：<https://www.dgshipping.gov.in/writereaddata/ShippingNotices/201307010338305908203a4.pdf>)

Specialized training program in LNG Tanker operations		
COURSE OUTLINE	Approximate Time (Hours)	
	Lecture/ Discussion	Practical
<b>1. Introduction</b>	<b>3.0</b>	
1.1 Introduction – The Course 課程導論	0.5	
1.2 Development of Liquefied Natural Gas Transportation 液化天然氣運輸的發展	0.5	
1.3 Production of Liquefied Natural Gas 液化天然氣的生產	1.0	
1.4 Sea transport of Liquefied Natural Gas 液化天然氣的海上運輸	0.5	
1.5 Terminology 專有名辭介紹	0.5	
<b>2. Chemistry and Physics (STCW Code, Section A-V/1 para 26)</b>	<b>5.0</b>	

<b>Specialized training program in LNG Tanker operations</b>		
2.1 Properties and characteristics of liquefied gases and their vapours 液化氣體及其蒸氣的性質與特性	1.0	
2.2 Basic Thermodynamic theory 基本熱力學理論	1.0	
2.3 Properties of single liquid 單一液體的性質	1.0	
2.4 Nature and Properties of solution 溶液的本質與性質	1.0	
2.5 Control of boil off 蒸發損耗控制	1.0	
<b>3. Hazards (STCW Code, Section A-V/1 para 27,32)</b>	<b>3.0</b>	
3.1 Health Hazards 健康危害	1.0	
3.2 First Aid treatment 急救處理	0.5	0.5
3.3 Reactivity, Flammability and Explosion 反應性、易燃性與爆炸性	0.5	
3.4 Hazards 危害	0.5	
3.5 Repairs and hot work 維修與熱作業許可		
<b>4. Rules and Regulations (STCW Code, Section A-V/1 para 23)</b>	<b>1.5</b>	
4.1 International and national Codes and 國際及國內法規	0.5	
4.2 Regulations 規則	0.5	
4.3 Gas Carrier Codes Certification and Surveys 氣體船認證與檢驗規範	0.5	
<b>5. Ship Design and Cargo Contamination (STCW Code, Section A-V/1 para 24,28)</b>	<b>5.0</b>	
5.1 Construction and equipment requirements 建造與設備要求	0.5	
5.2 Ship Arrangements and Principal of Design *船舶配置與設計原則	1.5	
5.3 Cargo containment *貨物圍護系統	1.5	
5.4 Ship types and survival capability 船型與存活能力	1.5	
<b>6. Equipments and Support systems</b>	<b>9.0</b>	
6.1 Water Curtain and Deck Spray 水幕及甲板噴灑保護系統	1.0	
6.2 Low Duty and High duty compressors 低負荷與高負荷壓縮機	1.0	
6.3 Low Duty and High duty Gas Heaters 低負荷與高負荷氣體加熱器	1.0	
6.4 Integrated Automation System (IAS) 整合自動化系統	1.0	
6.5 High Voltage System 高電壓壓系統	1.0	
6.6 Cargo Pumps and Spray Pump 貨泵與噴灑泵	1.0	
6.7 Compressor lubricating oil system 壓縮機潤滑油系統	1.0	
6.8 Fixed and Portable Gas Detection Equipment 固定與便攜式氣體偵測設備	0.5	0.5
6.9 Emergency Shut Down System (ESDS) 緊急停機系統	0.5	
6.10 Level Gauging system 液位測量系統	0.5	

<b>Specialized training program in LNG Tanker operations</b>		
<b>7. Cargo Handling Systems (STCW Code, Section A-V/1 para 30)</b>	<b>12.0</b>	
7.1 Tanks, piping and valves *儲槽、管路與閥門	1.0	
7.2 Cargo ventilation system *貨物通風系統	1.0	
7.3 Cargo Pumps and the unloading system, Spray pumps *貨泵與卸載系統、噴灑泵	2.0	
7.4 Low duty and high duty compressors, Low duty and high duty Heaters *低負荷與高負荷壓縮機、低負荷與高負荷加熱器	2.0	
7.5 Reliquefaction plants, Re-gasification plants 再液化設備、再氣化設備	2.0	
7.6 LNG vaporisers and Forcing vaporisers *天然氣氣化器與強制氣化器	1.0	
7.7 Inert Gas Generator and Nitrogen Generator, Nitrogen pressurisation and purge *惰性氣體與氮氣產生器、氮氣加壓與清洗	1.0	
7.8 Instrumentation and auxiliary systems *儀器與輔助系統	1.0	
7.9 Custody transfer system (CTS), Cofferdam Heating System 計量交接系統(CTS)、隔艙加熱系統	1.0	
<b>8. Safety (STCW Code, Section A-V/1 para 25,29,32)</b>	<b>4.0</b>	
8.1 Tank atmosphere evaluation *儲槽氣體環境評估	1.0	
8.2 Fire prevention and equipment 防火措施與設備	1.0	
8.3 Pollution 污染防治	1.0	
8.4 Protective and safety equipment 保護與安全設備	0.5	0.5
<b>9. Cargo Handling Operations (STCW Code, Section A-V/1 para 30,34)</b>	<b>10.0</b>	
9.1 General Cargo Handling, Ship/Shore preparation and Manifold Connection *一般貨物操作、船岸準備與管路連接	1.0	
9.2 Procedures for preparation for loading and loading 裝載前準備及裝載程序	2.0	
9.3 Cargo measurement and calculation *貨物計量與計算	1.0	
9.4 Loaded and ballast passage 載貨與壓艙航程	1.0	
9.5 Procedures for preparation for unloading and unloading, emergency discharge *卸載準備與卸載程序、緊急卸貨	2.0	
9.6 Hold Space and Cargo Tank Drying, Nitrogen Purging, Inerting of Cargo System *貨艙隔艙室與貨艙乾燥、氮氣清洗與貨物系統惰化	2.0	
9.7 Inerting, Cool down of cargo systems, Warming up cargo tanks, Procedures for dry-docking *惰化、貨物系統冷卻、貨櫃升溫、進塢程序	1.0	

<b>Specialized training program in LNG Tanker operations</b>		
<b>10. Ship/Shore Interface (STCW Code, Section A-V/1 para 30,33,34)</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>
<b>11. Emergency Operation (STCW Code, Section A-V/1 para 31)</b>	<b>5.0</b>	
11.1 Organisational structure 組織架構	0.5	
11.2 Alarms 警報系統	0.5	
11.3 Emergency procedures (Cargo Pump Failure, Leak from Cargo Tank, Loss of primary Barrier, Ballast Tank Leakage into Containment Space, Nitrogen Supply Failure, Jettison of Cargo, Overfilling of a Cargo Tank, Loss of Cargo Pipeline Containment, Failure of Integrated Automation System, Uncontrolled Release of Cargo. *緊急應變程序(貨泵故障、貨艙洩漏、主隔艙系統失效、壓艙艙洩漏至圍護空間、氮氣供應故障、貨物拋棄、貨艙過量裝載、貨物管路圍護失效、綜合自動化系統故障、貨物不受控洩漏)	4.0	
<b>12. Discussions on National / Flag state Natural Gas Carriers and films</b>	<b>2.0</b>	
<b>13. Assessment/Discussion</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>
<b>Total 63.0</b>	<b>63.0</b>	
Note: It is suggested that an LNG – Liquid Cargo Handling Simulator can serve as an efficient teaching tool. Should such a system be available, then the class / lecture hours should be adapted to incorporate such without raising the overall duration of the course. Areas that may be suitable for such training are indicated with an asterisk (*).建議使用 LNG - 液體貨物處理模擬器作為有效的教學工具。如果有這樣的系統，那麼課堂/講課時間應該進行調整以納入該系統，而不會增加課程的總時長。適合此類訓練的區域以星號 (*) 表示。		

船員不僅需要掌握 LNG 船本身相關的知識和技能，也要瞭解和掌握一些船岸之間操作的程式。當 LNG 船抵達進口碼頭時，液化天然氣將從船上泵送至岸上儲存罐。為確保操作安全，船舶需在轉運前召開卸貨前會議，完成安全檢查清單，並遵循 IMO、國際氣體運輸船與終端運營商協會(SIGTTO)及國際油輪和碼頭安全指南(IGOTT)等國際指引。轉運過程使用特殊的低溫轉運臂進行連接，並通過緊急關閉(ESD)系統與碼頭協同控制，以在異常情況下迅速關閉貨物轉運，確保安全。

其中特別重要的是上述 IGC 章程第 18 章「操作要求」18.2 的「貨物作業手冊」所必須涵括的下列項次所需的知識與技能，更是船員需要精熟的，包括：

1. 船舶從乾塢到乾塢的整體操作，包括貨艙冷卻和預熱、轉運以及包括船對船的轉運、貨物取樣、除氣、壓載、洗艙和換貨等程序；
2. 貨物溫度和壓力控制系統；
3. 貨物系統限制，包括貨物系統和貨艙內殼最低溫度、最大壓力、輸送速率、

填充限制和晃動限制；

4. 氮氣和惰性氣體系統；
5. 消防系統的操作和維護以及滅火劑的使用；
6. 安全裝卸特定貨物所需的特殊設備；
7. 固定式和便攜式氣體探測；
8. 控制、警報和安全系統；
9. 緊急關閉系統；
10. 改變液貨艙壓力釋放閥設定壓力的程序；和
11. 緊急程序，包括貨艙安全閥隔離、單艙除氣以及進入和緊急船對船轉運作業。

船員培訓一般由專門的由政府主管機關授權的船員培訓學校來實施。培訓內容包括課堂授課的基本培訓、模擬器實作、實船見習的海上資歷累積、進階培訓、實際操作經驗的累積以及從資淺船副管輪職務逐步晉升到船長輪機長歷練等幾個部分。單從培訓課程看，目前有：

1. **IMO Model Course 有關液化氣體船貨物的熟悉訓練(Ship-Specific Familiarization Training - LNG)**
2. **IMO Model Course 的液化氣體船貨物操作基本訓練(STCW V/1-1、Code A-V/1-2 與表 A-V/1-2-1)(40hrs)**
3. **IMO Model Course 的液化氣體船貨物操作進階訓練(STCW V/1-1、Code A-V/1-2 與表 A-V/1-2-2) (40hrs)**
4. **SIGTTO LNG Shipping Suggested Competency Standards 2021**，這份 SIGTTO 的適任標準針對 LNG 船舶上的不同職位船員詳細列出了具體的能力標準框架 (Competency Standards Framework)，特別是甲板與貨物的管理與操作領域。核心能力領域 (Core Competency Areas)包括：液化氣體特性和危險性、貨物操作

程序和設備、安全措施和應急回應、船舶操作和管理、法規和標準等。評估和驗證 (Assessment and Verification)方式包括：培訓課程、實操評估(Practical Assessments)以及實務經驗認證(Experience Certification)。

5. SIGGTO compliant Liquefied Cargo Handling Simulator – LNG tanker 五天的模擬機訓練課程，模擬內容包含：裝載前、卸載、壓載、卸壓載、貨物計算、氣體量測、風險認識等。
6. SIGGTO 關於 LNG 船舶操作管理的建議指南和最佳實踐建議。例如：
  - .1 Crew Safety Standards & Training for Large LNG Carriers ;
  - .2 Gas Concentrations in the Insulation Spaces of Membrane LNG Carriers ;
  - .3 Guidance for Gas Trials on LNG Carriers ;
  - .4 Guidelines for the Alleviation of Excessive Surge Pressures on ESD for Liquefied Gas Transfer Systems ;
  - .5 How to detect fugitive methane emissions from LNG carriers ;
  - .6 Liquefied Gas Fire Hazard Management ;
  - .7 Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals ;
  - .8 LNG and LPG Experience Matrix Guidelines for Use ;
  - .9 LNG Cargo Operations – SIGTTO Management Level & Operational Level Training Course Materials ;
  - .10 LNG Emergency Release Systems - Recommendations, Guidelines and Best Practices ;
  - .11 LNG Ship to Ship Transfer Guidelines ;
  - .12 LNG Shipping Suggested Competency Standards ;

- .13 Recommendations for Liquefied Gas Carrier Manifolds ;
- .14 Recommendations for Management of Cargo Alarm Systems ;
- .15 Recommendations for Relief Valves on Gas Carriers ;
- .16 Suggested Quality Standards for LNG Training Providers 。

雖然目前在臺灣海洋大學(NTOU)已具備上述二款 IMO STCW 規範之液化氣體船貨物操作基本、進階訓練課程培訓項目，其教學課程與師資也已完成船級社的認證。不過臺灣的問題還是卡在「真正」有 LNG 實船實作見習以及實作資歷期間合格的人數實在太少太少，以至於即便真的有自有的 LNG 船舶，這樣的船員，船東敢用嗎？感覺就好像是醫學生上完解剖學就要進手術房開刀，法律系學生上完民事訴訟法就要去法院開庭的感覺。

## 六、擁船策略

廣義來說，臺灣並非沒有 LNG 運輸船，中油轉投資的尼米克船東控股公司(NiMiC Ship Holding Co. Ltd.)合資案中，中油公司佔 45%、NYK 27.5%、Mitsui 27.5%；尼米克船舶管理公司(NiMiC Ship Management Co., Ltd.)之股東為中油公司 45%、NYK 55%。

Ship's Name	TAITAR NO.4	TAITAR NO.3	TAITAR NO.2	TAITAR NO.1
IMO No.	9403657	9403671	9403645	9403669
Flag	Panama	Panama	Panama	Panama
Tonnage Gross	118,634	118,634	118,634	118,634
Deadweight	77,053	76,899	77,089	76,939
Overall Length (m)	289.500	289.500	289.500	289.500
Moulded LxBxD (m)	277.000 x 49.000 x 27.000	277.000 x 49.000 x 27.000	277.000 x 49.000 x 27.000	277.000 x 49.000 x 27.000
Cargo Capacity	L 147,731.00	L 147,366.00	L 147,578.00	L 147,362.00
Shipbuilder	Kawasaki Heavy Industries	Mitsubishi Heavy Industries	Kawasaki Shipbuilding	Mitsubishi Heavy Industries
Date of Build	01 Oct 2010	05 Jan 2010	29 Dec 2009	13 Oct 2009
資料來源：	<a href="https://www.classnk.or.jp/register/regships/">https://www.classnk.or.jp/register/regships/</a>			



台達 1~4，這四艘船係由尼米克船東控股公司以長期計時租船契約(Time Charter Party, TCP)方式租予中油天然氣事業部(租期至 121 年 12 月)，負責載運與卡達 Ras Laffan (II)簽署採購期至 121 年 12 月的 25 年 FOB LNG 合約，合約量每年 300 萬噸，每年約 50 航次。尼米克船舶管理公司則協助尼米克船東控股公司執行 TCP 載運任務，負責操航、管理四艘船舶，如：船員聘僱、物料及補給採購、船上安環衛生、船舶維護等。

固然如本文前稱，我國 2024 液化天然氣之進口有 84.86%仰賴外籍航商提供船舶運輸服務，但嚴格的說，上面所稱運了 15.14%的台達 1~4 也不太能真的算是臺灣的液化天然氣船隊，至少旗子不對。那要不要勉強乘以  $0.45=6.813\%$ ？說誠實言，45%的控股，臺灣方根本無從跨入，所以說我國目前液化天然氣 100%都仰賴外籍航商提供船舶運輸服務，這也是對的。

如果這個論點說得下去，那麼考量地緣政治及穩定的能源供應，可以主動掌握國家能源運送的「國氣國運」這個議題根本不用討論，直接做就是。

務實一點說，要「國氣國運，國氣國管」，還是要分階段規劃執行，不是一蹴可及的。因為目前：

1. 沒船員：從 1990 到現在養成的合格 LNG 船員竟然僅 13 位，好不容易養成的輪機長，也沒能留住。為了寫這篇，最近聽說，後來又走了一位大副、一位三副，還有一位二副去開飛機，再加回來二個實習生要轉正式，那麼不就剩

12 位？船員的訓練如前章所述，不再贅言。

2. 沒船舶：要造船，至少等 4 年；要買船也不是馬上有。即便有船，因為沒有足夠的合格國籍 LNG 船員，也只能掛權宜船籍，還不能入籍中華民國。不然就是專案放寬 LNG 船的船員 manning 政策，不過這種「特」種船放寬，就有其他類「特」種船也會吵著跟進。
3. 沒人才：懂 LNG 船舶管理與業務操作的人才本來就鱗毛鳳爪，而且目前都還效力外籍公司或是遊走於不同產業。

就 LNG 市場操作的角度來看，以臺灣的運量需求，一方面要穩定供應臺灣天然氣的需求，一方面是提升海上運輸的環保性和效率的需求，如果以有 1/3 的運能可以用 FOB 合約方式交貨估算，那麼臺灣至少應該要組建一支有 12~15 艘 LNG 運輸船的船隊。

船隊的建構可以採購置現成船與建造新船雙軌並行。購置現成船的思維邏輯有二：

1. 一者是做為新造船交船前的短期使用，也就是估計使用期為 5~10 年；
2. 一者是購置現成新船或建造新船，估計使用期為 10~20 年的 LNG 運輸船。

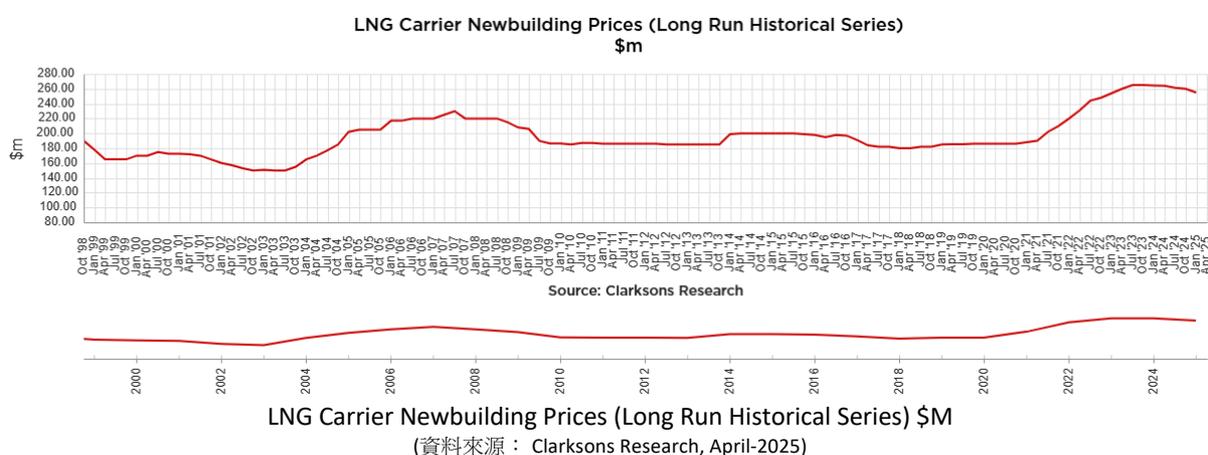
因應國際減排計畫之實施，蒸氣渦輪機(ST)LNG 船將於 2030 年前被大量替換。根據 Clarksons 2025 年 4 月的 LNG 市場月刊統計，目前全球 LNG 船隊中有 223 艘蒸氣渦輪機(ST)LNG 船，拆解及改造潛力巨大。2024 年有 8 艘該種船舶被拆解，2025 年蒸氣渦輪機(ST)LNG 船持續面臨較大壓力，該船型運力閒置比例上升至創紀錄 11%。拆船市場依然活躍，3 月報出 2 艘 13.7 萬立方米蒸氣渦輪機 (ST)LNG 船運輸船舶被拆解，年初至今已累計拆解 3 艘蒸氣渦輪機(ST)LNG 運輸船。短期內市場仍需面對「供需錯配」的影響，2026 年市場預期將有所改變。不過，目前市場上仍有許多目標蒸氣渦輪機(ST)船可供低成本購入，因此前者可以 149,000 立方米之 Steam Turbin 為對象，每艘應可在 5000 萬美元左右的價位取得(根據 Clarksons 數據，15 年船齡 ST LNG 船的 2024 年售價)。

	542206	542209	549783	549786	549789
	LNG Carrier 160k cbm 5yr old Secondhand Prices	LNG Carrier 145k cbm 10yr old Secondhand Prices	LNG Carrier 145k cbm 15yr old Secondhand Prices	LNG Carrier 160k cbm 10yr old Secondhand Prices	LNG Carrier 174k cbm 5yr old Secondhand Prices
Date	\$m	\$m	\$m	\$m	\$m
2014	173.00	120.00			
2015	170.00	112.00			
2016	163.00	104.00			

	542206	542209	549783	549786	549789
	LNG Carrier 160k cbm 5yr old Secondhand Prices	LNG Carrier 145k cbm 10yr old Secondhand Prices	LNG Carrier 145k cbm 15yr old Secondhand Prices	LNG Carrier 160k cbm 10yr old Secondhand Prices	LNG Carrier 174k cbm 5yr old Secondhand Prices
2017	154.00	90.00			
2018	158.00	82.00			
2019	158.00	82.00			
2020	145.00	82.00			
2021	145.00	82.00	48.00	115.00	175.00
2022	200.00	90.00	53.00	140.00	235.00
2023			65.00	165.00	243.00
2024			50.00	150.00	215.00

**Please note the following**  
 542206: Series based on a DFDE vessel. Series discontinued Jan 2023. As at end of period specified.  
 542209: Series based on a steam turbine vessel. Series discontinued Jan 2023. As at end of period specified.  
 549783: Series based on a steam turbine vessel. As at end of period specified.  
 549786: Series based on a DFDE vessel. As at end of period specified.  
 549789: Series based on a DFDE vessel. As at end of period specified.  
 © Clarkson Research Services Limited 2025

後者採本研究建議的主流的 17 萬立方米的標準型 LNG 運輸船為對象，每艘應可在 2.15 億美元左右的價位取得(根據 Clarksons 數據，5 年船齡 17.4 萬立方米 DFDE LNG 船的 2024 年售價)。至於新造船方面估計每艘約 2.5 億美元左右，2026 年開始新造船，2031 年起應可逐步汰換舊船。



進入 2025 年 3 月 LNG 運輸船市場出現小幅改善，但整體依然承壓。17.4 萬立方米二衝程雙燃料 LNG 運輸船即期市場收益回升至 26,625 美元/天，不過仍較 24 年平均值低 51%。同期 17.4 萬立方米二衝程雙燃料 LNG 運輸船 1 年期期租租金回升至 2.9 萬美元/天，仍遠低於歷史平均水平。預計 2025 年市場仍需面對「供需錯配」的壓力。儘管出口能力將於下半年再次擴張，疊加俄羅斯對歐管道氣供應減少，共同推動貿易量增速達到 4.7%。不過預計歐洲對美國 LNG 進口再次增加以及紅海通行限制潛在緩解，全

球短途貿易量上升(此外，報道稱由於關稅原因，中國貿易商已將部分自美國進口 LNG 轉售至歐洲，進一步推動短途貿易)。在克拉克研究「基準情境」下(基於假設 2025 年後期紅海地區逐漸恢復通行)，全球 LNG 噸海里貿易增速將在 2025 年放緩至 4.0%，而船隊運力仍繼續大幅增長 10.0%。

預期在 2026 年，全球 LNG 出口產能將進一步增長，以及美灣-亞洲貿易恢復，全球噸海里貿易增速預計將達到 16.3%，超過船隊增速 11.9%。LNG 運輸船市場有望從 2025 年水平回升。不過其他一系列不確定性因素，包括潛在出口項目延期、新船延遲交付和更廣泛的地緣政治影響等，都可能造成預測情境再次修正。

如前所述，在臺灣 LNG 運輸船的船上船員以及公司管理人才雙缺的狀態下，快速地取得自有船舶，才能快速地養成船上船員以及公司管理人才。當然，與中油已投資的尼米克船東控股公司、尼米克船舶管理公司合作培育也是個務實的選擇，不然就是直接與國際間知名的 LNG 航運公司或 LNG 船舶管理公司簽訂合作協議。

## 七、結論建議

拉遠一點看，在全球地緣政治不穩定、敵對勢力干擾的影響、對能源進口的高度依賴、再生能源發展落後、南北地理能源供需不均，而且又在台灣持續性的能源消耗急劇增長的挑戰下，台灣要確保其永續發展或存活，特別是推動臺灣成為「產業 AI 化」、「人工智慧島」所增需的穩定能源供應，一直是一個複雜且多面向的挑戰。偏偏現存的能源政策與台灣的高科技和 AI 發展目標，其實是存在顯著的緊張關係甚至可以稱之為「矛盾」。換言之，能源供應的不穩定性可能成為台灣實現其「人工智慧島」的主要制約因素，更遑論因為推動「產業 AI 化」、「人工智慧島」對其他產業所產生的能源需求的競合甚至是排擠效應。

放近一點看，以「增氣、減煤、展綠、非核」為達成「2025 非核家園」及「2050 淨零排放」的主要策略目標，將天然氣發電比例上拉至 50%以上，以取代燃煤發電，並鼓勵相關產業改用天然氣，擴大天然氣的應用範圍，加速減少空氣污染和碳排放的「增氣」措施也就顯得至關重要。而這個「至關重要」，就綁在特別容易受供應鏈中斷影響且安全存量沒幾天的 LNG 上頭。《易經·否卦·九五》「其亡，其亡，繫于苞桑。」這個爻辭的意義，才是我們目前航港局正在請人寫又還寫不出好東西來的「確保 LNG 運輸安全之承運方案」的核心中的核心。

雖然在能源轉型的過程中，LNG 也只是扮演著橋接能源的角色，但是階段性減煤、減油、減碳的功能性任務期，也是有其值得投資的經濟效益。因此，關於「增氣」這

個臺灣政府的國家能源戰略所面臨的液化天然氣(LNG)政策，剩下的思維方向也就顯得相對單純，包括：

1. 要有地方買：包括與 LNG 生產國建立穩定的供應關係、分散進口來源也降低對單一供應國過度依賴的議題。特別是美國川普的關稅政策下，增加原來對美國(9.8%)的採購量，不但可以舒緩分散進口來源問題，也可以藉此減緩川普關稅對臺灣其他產業的衝擊。蹭個川普關稅的熱度，跳 Tone 一點想，乾脆比照台積電赴美投資模式，台電、中油去美國開個 LNG 船公司，用美國船運美國天然氣回台灣，這樣關稅操作槓桿是不是更大？
2. 要有辦法運：排除不太可能的管線運輸，只剩下船。船是自己的？合資的？租的？還有裝卸運送的主控權有多少在台灣自己手上的議題？
3. 要有地方放：這個議題首先在於要存多少安全存量？接下來是目前的量與安全存量的差量要存哪裡？也就是興建與運作接收站與儲槽的議題。也就是包括早期的永安接收站(6+2)、台中接收站(6+2)、中油桃園觀塘三接(2+6)、台電基隆四接(2)、台電台中港外港五接(4)、台塑麥寮六接(4)、中油高雄大林蒲七接(4 or 6)等 59 或 61 座儲槽。還有一個臺灣從未被列入考慮的 FSRU 以及 FSU 的議題，這一題應該是怕 FSRU 以及 FSU 被共匪打的國安議題吧？不然 FSRU 以及 FSU 也可以省一點岸上儲槽的建置量。同前述的跳 Tone 論點，FSRU 和 FSU 乾脆也都由美國公司買，也都掛美國旗，誰有勇氣打就給他打。

雖然上述三個議題互有相關，本研究僅以「船」為議題核心擴散討論，並做成研究發現如下：

1. 市場合約：2024 年臺灣年度進口額度超過 84.86%的能源掌握在外商手中，隨著對天然氣的需求增加，現有船舶未增加的狀況下，這個百分比只會持續增加。因此，在「國氣國運」的道路上，只要政府授意給選定航商一紙長期承運合約承諾或是長期銷售和購買協議(SPA)，航商就可以據此向銀行融資，平行的規劃租船與造船的因應策略計畫。當然，LNG 生產國上游賣家的合資協議也是要務實考量的。
2. 船舶選擇：考慮與臺灣的 LNG 接收站(含未來的)採用 18 萬立方米的儲槽接收站的匹配性，臺灣應該選擇主流的 17 萬立方米的標準型 LNG 運輸船。艙型應該選擇主流的 GTT 薄膜艙艙型(NO96 或者 Mark III)，推進系統應該選擇主流的內燃機直推，綜合考慮燃料消耗和排放，尤其是 IMO 將在不久的未來對甲烷排放有嚴格的限制，所以應該優先考慮甲烷逃逸低的 MEGI 機型。

3. 租賃建造：租賃的方式有多款，長期期租合同(Long-Term TC)固定航線的專案船、非專案船的期租模式或是用於現貨運輸和短期包租的模式都可以考量。如要新造 LNG 運輸船，因為不同的船廠所擅長的 LNG 運輸船型不同，排除中國是目前政治上不可選擇的限制，似乎以韓國建造的選擇最為務實，其次日本。至於期待臺灣自己的船廠投入資金研發 LNG 運輸船的造船技術，可能是緩不濟急且夾雜太多不確定風險因素的選項。其他有關購置現成船的思維選項，則繫於前述擬建造船舶的時間而有所不同。
4. 操作營運：LNG 船舶的操作管理顧名思義就是在一般船的航行、設備、貨物、安全等操作管理外，要特別注意到 LNG 的裝載、卸載、轉運、冷卻、加溫、惰化、吹掃等程序的操作與管理是否到位。遵循 IGC、STCW、SOLAS、MARPOL、ISPS 等相關國際和國內法規，落實 ISM 以及 BIMCO 的 8 個績效指標，應該是個具體又基本的技術與安全的「must」事項。營運管理方面當然是指以安全和符合成本效益的方式在航運商務操作中實現盈利，包括：船舶性能監控與管理、航程規劃與安排、船員管理、船舶維修和塢修、造船計畫與租傭船合同管理、成本控制與市場分析與決策、船舶保險和法律事務等。
5. 人力資源：孔子「學而時習」指的是學了之後要去實踐，這是大多數人錯解孔子意境的事，因為教科書寫錯了。臺灣 LNG 船員的培育，從 1990 迄今僅有現役的 12-13 位船員，這是非常需要檢討的事實。現在的培育體制固然可以提供 IMO LNG 基礎與進階二類課程，但實務上，SIGGTO 關於 LNG 船舶操作管理的建議指南和最佳實踐建議，對臺灣的海事教育圈而言是陌生的。「學而時習」的「學」有很多專業沒得學，「習」也沒有船可以習，這是人力資源養成的重大缺憾。除此之外，LNG「國氣國運」的人力資源，不是只有船員，還包括船舶管理與認證、船隊操作與營運，當然還有國際 LNG 航運的商務操作以及海事法令規章等各領域的人才需求，這些軟實力都非俯拾可得的。

回顧 1978~1985 年由行政院院長蔣經國主導推動的「十四項建設」中的「液化天然氣進口及接收站興建計畫」，建港工程於 1984 年 7 月 1 日動工，並於 1990 年 3 月 26 日完工啟用迄今，雖然臺灣已位列全球第六大天然氣進口國，但反過來看中國，2006 年接收站才投入運營的中國，進口量全球第一不在話下，截至 2024 年 6 月，光是中遠海能參與投資的 LNG 船已達 85 艘。LNG 船的設計和建造技術方面，滬東中華造船廠 2008 年交付了首艘中國自主設計、建造的 LNG 運輸船「大鵬昊(Dapeng Sun)」號，到目前為止，中國船廠手持訂單大約為全球的 20%至 25%。

就再以經營中國首艘 LNG 運輸船「大鵬昊」號的「中國液化天然氣運輸(控股)有限公司(CLNG)」的發展歷史為鏡，CLNG 係於 2003 年 4 月在香港註冊成立，是一家由中

遠海運能源運輸股份有限公司(CSET)和招商局能源運輸股份有限公司(CMES)各持有 50% 股權的合資公司。CLNG 早期主要為廣東 LNG 專案提供運輸服務，並逐步擴展包括福建、上海、天津等地的 LNG 接收站配套運輸業務範圍，並與多家國際航運公司和能源企業建立了合作關係，參與全球 LNG 運輸市場。從 2008.04~2023.03，CLNG 共投資 34 艘 LNG 船舶，其中 22 艘已投入運營，2025.06-12 另有五艘 174,000 cbm LNG 船舶交船。

《荀子·議兵》「觀敵之變動，後之發，先之至。」此之謂也。但是人家後發了 18 年，即便是龜兔賽跑，我們也睡太久了，更何況人家不是烏龜。難不成，我們也正在「黃粱一夢」？不過別急，我們現在連蒸黃粱的「蒸籠」都還沒著落。

行政院 2025.04.15 回給立法委員的施政質詢書面答覆中有一段寫著：

*為利運輸需求單位(中油公司及台灣電力股份公司)可無疑慮接受國籍航商承運之安全性，爰需求單位及經濟部業請中華民國海運聯營總處會同國籍航商研擬「確保 LNG 運輸安全之承運方案」，並就船員訓練、船舶管理及安全營運等面向進行整體規劃。該承運方案內容將規劃透過分階段操作模式，逐步落實本國籍航商及本國籍船員承擔我國 LNG 運輸任務之政策方向，以強化我國能源運輸自主能力，降低地緣政治風險所可能造成之衝擊。*

仔細研析這段四平八穩美麗文字的語法，我們面臨的，似乎已經不是「蒸籠」都還沒著落的問題，而是根本不知道原來「黃粱一夢」裡面還有需要「蒸籠」這個角色的這麼一回事。

上述行政院這個回文有個關鍵詞「可無疑慮接受國籍航商承運之安全性」，這幾個字也就是說中油、台電跟「聯合國安理」會一樣，可以直接否定「海運聯營總處」的方案，因為即便是「神」，也沒有可能做到「無疑慮」，更何況「海運聯營總處」的原始方案實在離「神」太遠，離 LNG 船應該有的專案水平也很遠。方案內容在這裡就不評論了，我猜應該是「海運聯營總處」推估寫了也是白寫，於是隨便寫寫交作業。如果是我，我搞不好也會配合演出一下，誰像我現在退休吃飽太閒，還一次寫這麼落落長？换位思考一下，「海運聯營總處」的立場想的應該是，如果政府肯出第一桶金要他來寫投資和營運計畫，那肯定是他們的拿手菜，寫這種「確保 LNG 運輸安全之承運方案」偏離航運實務太遠。商業投資決策模式和政府政策的研擬是不同的。「老闆想的和你不一樣！」這才是真的。

順道一提，2025.04.15 行政院回給立法委員的施政質詢書面答覆中還有一句寫著：

為協助本國籍航商及船員投入 LNG 運輸市場，交通部航港局已持續推動相關訓練，現已辦理基本及進階 LNG 訓練課程，累計超過 500 名船員取得訓練證書；惟受限於國內尚無 LNG 船舶，船員實務操作累計海勤資歷機會有限。

這句話的後半段有關船員實務操作與資歷的事是對的，也肯定了我們其實沒有半艘船、運量其實應該用 0% 來解釋的事實。至於前半段的「累計超過 500 名船員取得訓練證書」，顯然航港局的回答是雞同鴨講，500 名，指的應該是雙燃料船船員所需「國際船舶使用氣體或其他低閃點燃料安全章程(IGF Code)」培訓課程，不可能是本文指稱 LNG 船所需要的「液化氣體船貨物操作」基本訓練、進階訓練課程。想想台籍合格的 LNG 船船員僅剩 12-13 員，而且持續流失中，現在是還會有誰去上這個課？更何況尼米克合約就只剩下 7 年，搞不好尼米克現在連台籍實習生都不收了，至於那僅剩的 12-13 員，可能 7 年後也有不得不換跑道的可能。

最後，回過頭再來思考關於「國氣國運」的政策，固然要成這個事，橫在眼前的困難與困擾議題諸多，但只要政府拍板要做，雖然離成事尚有好一段時間，但總是可以緩步向前的提升我國「國氣國運」的百分比。換言之，這是值得做、可以做成的好事，要不要做？就只是在政府一念之間而已，更何況，撇開國安能源政策的安全不去想，投入 LNG 船舶市場，雖然是高投資，但實務上，就是個能賺錢的好生意。難不成又是個盤根錯節、厲害糾葛不能碰的事業？不然怎麼會讓臺灣搞了 35 年 LNG，到現在還在寫作文比賽？

不過退萬步言，比起 LNG 需求量更大宗的原油運送，臺灣中油公司雖有投資 48% 的「環能海運」，但全部巴拿馬旗、全部委外管理。環能要運中油的貨，也要去參與中油的競標。這種比「國氣國運」更基本，且更容易達成的「國油國運」政策，政府都沒採納了，現在挑這一題要花這麼多錢、這麼多功夫的議論出來？是不是該如孔明「沐浴齋戒，身披道衣，跣足散髮，來到壇前」「觀瞻方位已定，焚香於爐，注水於盂，仰天暗祝」一般，只能眼巴巴的等望東南方狂風大起了。

回過頭來看《三國演義》，那時，孔明搭了方圓二十四丈的三層高壇，下層插二十八宿旗，二層插六十四卦黃旗，分爲而立，「孔明一日上壇三次，下壇三次，卻並不見有東南風。」

天昏地列，飛鎮乾坤。雷公翼星，天祐正行。孔明下壇，我且登壇，使汝東南方狂風，三更時分，速速作聲。萬里雲煙皆動盪，三江波浪盡掀騰。急急如律令！