

出國報告（出國類別：洽公）

參與台達一號塢修暨低硫油設備改 裝作業

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：黃戊辰組長、張培心管理師、蔡嘉恆工程師

派赴國家/地區：新加坡

出國期間：107年10月23日至10月29日

報告日期：107年11月26日

摘要

「台達一號 (TAITAR NO.1)」為中油公司轉投資公司「尼米克船舶管理顧問公司」所管理之船舶，中油與日商NYK及MITSUI合資建造。

台達一號自2008年8月28日海試至今已滿10年，安排進入新加坡 SEMBAWANG船廠進行第二次五年塢修及特別檢驗。並於期間進行燃油系統改裝工程，以因應IMO訂定2020年全面使用低硫油規定。台達一號為中油天然氣船隊中第一艘進行此改裝工程的天然氣船。

中油公司為台灣天然氣市場的龍頭供應商，公司貿易處與卡達 Qatargas Operating Company Limited 採 FOB 方式計價購買液化天然氣供應國內電廠與天然氣市場，故投資建造 LNG 船掌握運能是穩定供應國內市場至關重要的環節。中油已有 GOLAR MAZO 與台達一、二、三、四號等五艘天然氣船進行運送 LNG 的任務，但由於天然氣船營運管理業務擴大，中油公司亦需要此範疇的管理能力，因此派遣油輪工程師參加本次塢修，以熟悉天然氣船塢修與未來營運管理的工作。本次行程參加天然氣船塢修共計 7 日，參與塢修、燃油系統改裝、試爐等過程，並對於船上系統及船廠修理能量有初步了解。

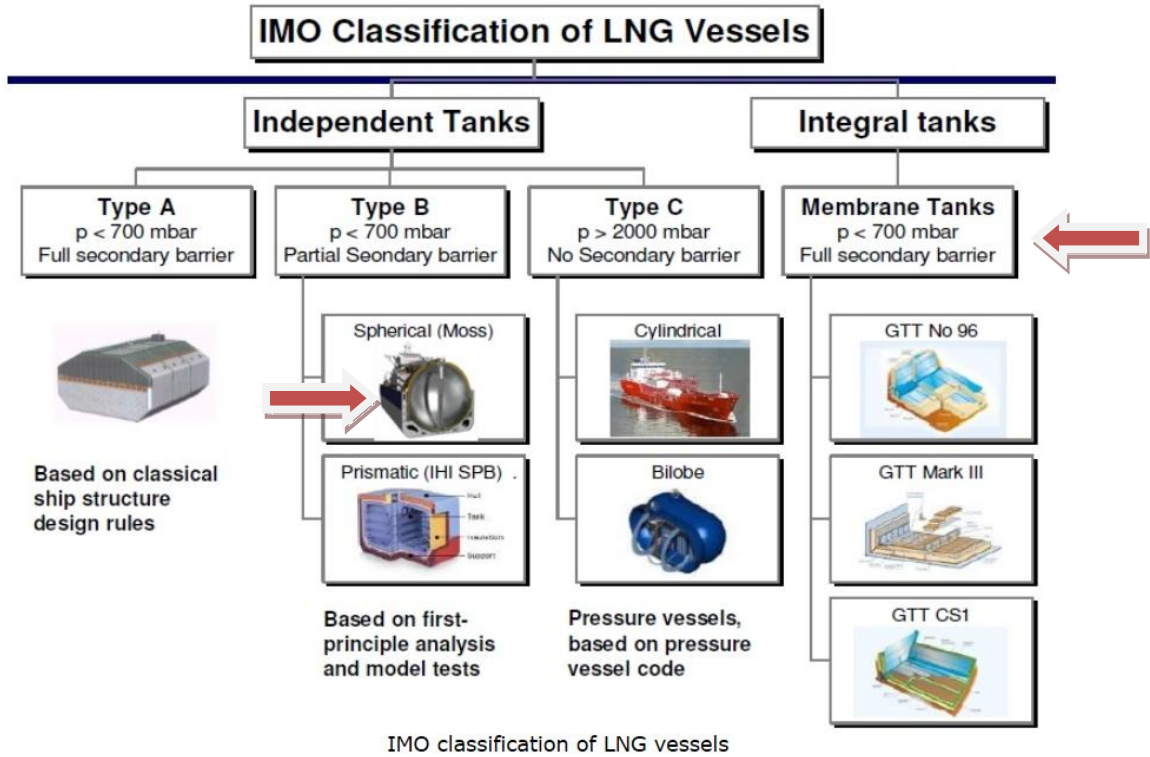
目次

一、台達一號輪簡介	5
二、台達一號輪球形貨艙檢查作業.....	7
三、船廠安全管理.....	11
四、燃油系統改裝工程	16
五、心得與檢討.....	20
結論與建議	21

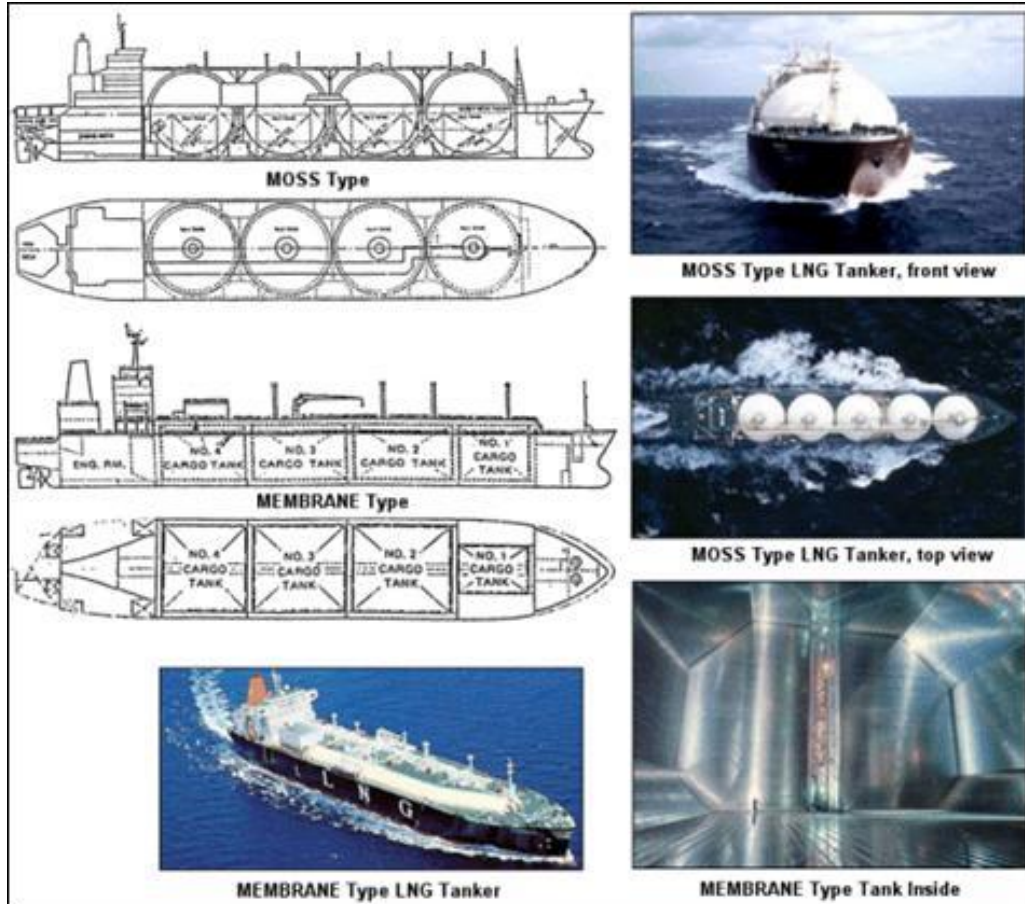
一、台達一號輪簡介

1. Length Overall	289.5 M
2. Length between perpendiculars	277.0 M
3. 船寬(模寬)	49 M
4. 船深(模深)	27 M
5. 寸法吃水(Scantling draught)	12.40 M
6. LNG loaded draught (MLD)	11.50 M
7. Design Extreme Draught	11.529 M
8. 全高(船底龍骨到雷達最高頂點)	68.2 M
9. DWT(on LNG loaded draught)	72,200 Ton
10. GRT	118,634 Ton
11. NRT	35,591 Ton
12. Light ship displacement	33,532 Ton
13. Displacement	106,051 Ton
14. 蒸汽推進主機 Main Engine	Steam Turbine, Kawasaki H.I. 26,900kW at 80rpm
15. 主鍋爐 Main Boiler	Dual Fuel Marine boiler, Mitsubishi H.I. 56,000kg/h × 2sets, 48,000kg/h × 2 sets
16. 發電機 Electrical Generator	2 sets of Turbine Generators, 1 set of Diesel Generator, (1 set of Emcy. Generator)
17. 貨物幫浦 Cargo Pump	1500m ³ /h x160mTH x 8Set Electric Motor Submerged Type

LNG 輪在船舶建造領域中屬難度前幾高的分類，也有著三高的特性：高難度、高技術、高附加值。LNG在今天能夠得以在海上運送仰賴的就是槽體保溫的技術，低溫的液化LNG其衍伸出保溫材料的開發、接合、能夠耐低溫而不影響結構剛性的不鏽鋼材料的成形與焊接等諸多技術難題，故世界上具有建造大型LNG輪的國家不僅少且都將技術視為重要的商業機密。台達一號輪是由三菱重工於長崎造船廠所建造。常見的大型的LNG載運船依照儲槽構造大至分為兩類：MOSS type 及 Membrane type。這次參訪的台達一號輪屬於MOSS type(依據IGC code 分類為 Type “B” tank)，兩種天然氣輪的外觀與構造有顯著的差別，MOSS type槽體外型是球體，組成由保溫層與結構層組成，球型的結構設計可以獨立承載LNG的重量，內部有因應熱漲冷縮的彈性支撐結構，不會直接將拉扯的力量傳遞到船體主結構，不同於MOSS type，Membrane type的槽體無法承載LNG產生的重量與應力，需要依靠船體主結構的設計來維持，其有彈性的薄殼設計用以因應LNG熱脹冷縮。因LNG屬低溫貨物，所有接觸LNG的結構跟外層都需要保溫絕熱的處理使產品在運送過程中不會大量氣化，破壞儲槽結構。



IMO Classification 關於LNG儲槽構造的分類



MOSS type與 MEMBRANE type 外觀差異

現在航運界流行建造Membrane type的天然氣輪，因為其裝載貨物的量/造價性價比優於MOSS type構造，結構上Membrane type的長矩形槽體可以更妥善的運用船體的空間使其有更大的運載能力，不過因為槽體本身並無法承重，也因此船體的結構設計需要因應此問題強化船身構造，目前建造的技術因專利權能掌握在少數公司所有。而MOSS type的構造雖然運載能力較少，但因為結構比較厚實耐海性能較佳。

台灣是LNG消耗大國，據統計一年進口超過1,400萬噸，台達一號輪共有四個球型的LNG儲槽，總共可以運載68,150t (Specific gravity 0.47 for 145,000 m³)的LNG，平均起來一航次卸收LNG大約僅能供應台灣不到兩天的使用量，所以台達系列的LNG輪航次相當密集，且易受制於天氣無法靠泊，如果裝卸貨行程有所延誤，台灣的天然氣供應就很容易出現緊張情形。除了天氣可能的影響，船舶的維護亦格外重要。

二、台達一號輪球形貨艙檢查作業

台達一號輪共有4個貨艙，球體的赤道一帶有因應熱脹冷縮的彈性支撐結構，外層完全為厚度20-25mm之特殊鋁合金板不等之圓球型結構，外部另有雙層鋼板球形外殼(Cargo Tank Cover)，內部有280mm

保溫層特殊材料進行保溫。隔離保溫層夾層中導入N₂，阻絕Cargo Tank破洞釋放的LNG，並於球形底部Drain Pipe匯流到Drip Pan當作洩漏檢測點，如有N₂洩漏則表示隔離保溫層有破損。Cargo Hold Space則是導入乾燥惰性氣體達到防爆隔離之作用。

The most common arrangement of Type 'B' tank is Kvaerner-Moss Spherical Tank, as shown below in Figure 4.

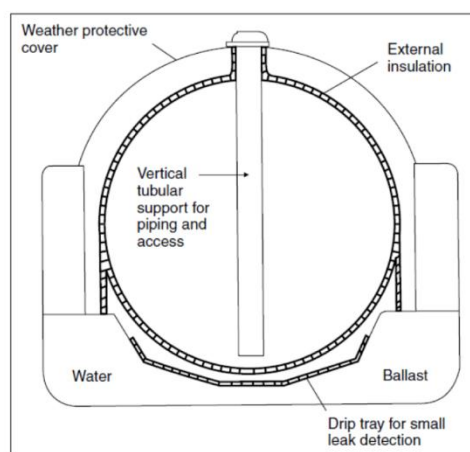


Figure 4: Kvaerner-Moss Spherical Tank.

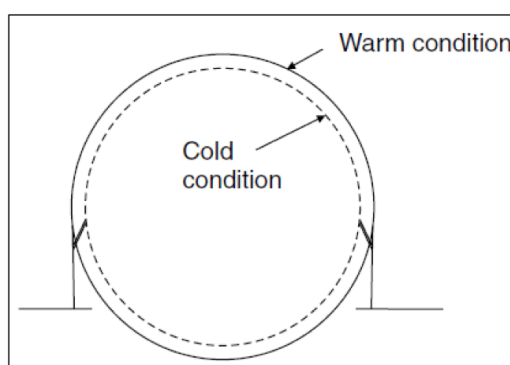


Figure 5: Expansion and Contraction of Spherical Tanks.

球形槽內層的保溫層及Piping Tower 位於球槽赤道上的彈性構造

台達一號貨艙總容積為145,173.4 M³ (98.5%，-163°C)，貨艙直徑為約44m球形槽，四顆球形槽的中央都各有一塔狀的管路塔，所有人員上下艙內、進出口管線、儀電都是從球頂延伸至底層。每個管路塔 (PIPING TOWER)，直徑約為6米。PIPING TOWER自上到下設置Rader、float type液位計、壓力計、貨泵卸貨管路、冷卻SPRAY管路、貨泵電纜等。每個貨艙設置2部Cargo Pump及1部Spray Pump，Cargo Pump及Spray Pump安裝在球槽中心底部。PIPING TOWER從貨艙頂部至底部共分14層，踏板均為摟空鋁合金踏板。貨艙內結構所有固定螺栓等均有LOCKING PLATE或利用電焊固定，避免螺栓有鬆脫情形，並做上

MARKING確認螺栓位置方便檢查。

本次參訪時間大約在台達一號輪維修結束階段，正在進行貨油艙封閉的階段，在進入貨艙前，所有可能脫落的個人物品都放在入口處的寄物櫃，腳上套上鞋套、將C證件掛上管制牌並且簽寫進入時間後就能進入貨艙間，內部是一個完全隔離的世界，所有物體都是由鋁合金或是不銹鋼組成，形成一個全銀色的空間，內部還留有LNG在GAS FREE後的冷度，與外面炎熱的氣溫形成強烈對比，在不斷沿著爬梯往下十四層了以後就會抵達球體的的最底層，貨油泵設備已經保養完成並且回裝，逐層檢查艙內是否有遺留的物品、碎片等任何會影像貨艙內潔淨度的物質。

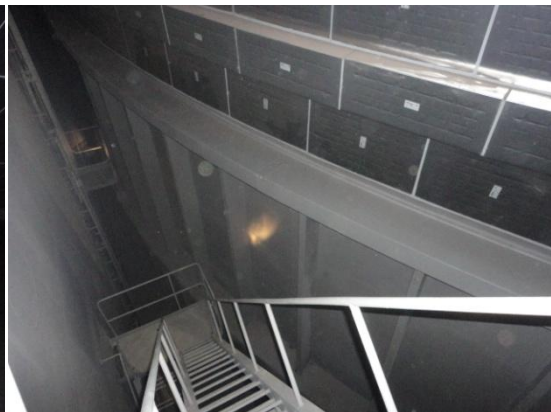
Cargo Pump系統為單艙雙泵沉水式電力驅動系統，垂直型單級渦流離心型式Pump，馬達組裝於Pump內部，安裝於Cargo TANK底部，因LNG液態不導電緣故，電線、馬達與Pump皆沉浸於液體內，此一設計可以利用LNG低溫冷卻馬達避免運轉過熱，也因此設計Cargo Pump卸貨時不能完全卸乾，需使用Spray Pump輔助收艙，Cargo Pump螺栓為右向螺紋拴緊，並配置有LOCKING DEVICE (Pump本體螺栓使用LOCKING WIRE， Pump以外固定螺栓使用LOCKING PLATE)避免震動造成螺栓有鬆脫情形，船廠人員與台達一號輪大副會同於艙內一一檢查或油泵設備螺栓是否緊定。所有檢查工作完成後就會進行封艙，

封艙後就在下次塢修後才會開啟，所以所有工作都需要謹慎進行確保沒有疏漏才能離開。

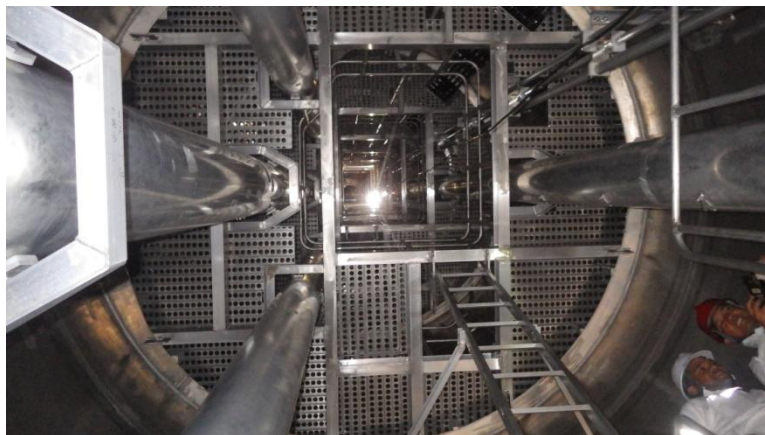
貨油泵每次塢修各艙檢修一部，下一次塢修時保養另一部（每五年為一週期完成雙泵檢修保養）。自Cargo TANK底部拆出後，隨即以保鮮膜層層包覆，避免外來之灰塵泥沙等汙染，並送入工廠專門之CLEAN ROOM進行拆檢。LNG船因其特有的特殊超低溫貨物與高滯船費等原因，故Cargo SYSTEM及其他相關設備幾乎都指定需原廠技師到場監修與使用原廠配件更換，相對維修成本要比平常油輪維修高上許多，但對於安全性及妥善率提高許多。



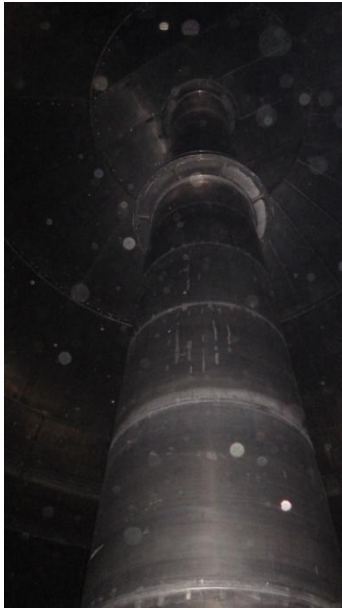
球槽外層最底層



外層赤道的結構



Piping Tower 底層



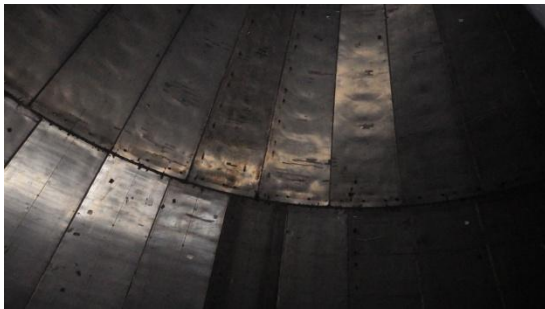
Piping Tower外觀



船廠人員會同檢查



貨油泵及彈性的支撐架



槽體內層



船員檢查貨油泵緊定

三、船廠安全管理

麻六甲海峽每年約有五萬條船通過，占了世界貿易達四分之一的份量。得利於麻六甲海峽，新加坡是世界上航運相當發達的國家，西亞的石油、天然氣運送至東亞的必經之路使新加坡也是石油煉化工業的重鎮。新加坡連帶的航運相關的產業如造船/修船的規模、修理能量、配件供應、廢油水回收、各船舶設備供應商服務與技術支援也是相當便捷發達，台達一號輪因為頻繁行駛台灣到卡達，塢修工程自然

選擇在航路中的新加坡做為塢修地。

SEMBAWANG船廠是Sembcorp集團數個造船廠之一，因原址屬英國海軍船廠故又稱Admiralty yard。位置於新加坡最北部SEMBAWANG地區，與馬來西亞柔佛州中間有柔佛海峽間隔，船廠總面積250,000平方米，共有2個分別為400,000/100,000DWT乾塢、3個150,000~65,000 DWT浮塢，超過4KM長港口可提供靠泊修理，港口水深11.2-14.9M，並有機械工場、管路工場、船體工場、舾裝工場、塗裝工場，並於工場內設置Clean Room，專屬提供LNG船舶重要設備維修之用。

除了關於工廠設施，SEMBAWANG船廠也相當重視工安與環保，提供一個安全的工作環境並且建立一套嚴謹的工安制度跟風險認知是船廠最重要的責任，公司的環安衛中心負責船廠內所有關於工安衛生的推廣及稽核，廠內處處可以看到他們的用心，並且連船東都要求。船廠工作人員在進廠工作前都需要充足的知識及認知，船廠有配備教育訓練設施，醫療診所、工會及住宿設施。整個船廠內可以隨處可見關於工安的標示，管理面上可以看到所有從基層員工都穿著整齊，安全配備如安全帽、護目鏡都相當完整。

除了工安，安全管制也相當重要，SEMBAWANG船廠的安全管制從大門外就開始，所有員工、船東、承包商、Class等各方人員進廠前都需要申請並查驗護照，並且製發通行證，第一次進入船廠於門口需

要下車查驗證件，即便船東代表需要配合以維護船廠安全。對於第一次進入管制區有欲上船的工作人員(包含船東)需到船廠環境安全衛生中心(HEALTH SAFTY AND ENGINVIOMENT Center) 進行工安講習並且當場拍照製作另一組證件，證件分為G(Gate) 和 C(Confined Space Entry)，G證件為進入船體及乾塢就必須放置證件架上，說明人進到船上，C證件為進入密閉艙間時必須於通道外放置證件架上，說明該人在密閉艙間內，此系統能夠迅速了解目前進入船體或是密閉艙間人數及身分，能夠安全掌控如遇到緊急事件發生後，可以利用證件迅速掌握人數及身份。另外，船廠的規定有一比較特別的是安環人員有配戴另一種證件，稱STOP證，用途是安衛人員隨機於各施工現場檢驗時，如果發現任何不安全的行為或情境可以立即要求停工並在得到改善前不得繼續的權力，證件是由船廠最高負責人所簽發授權給安衛人員可以隨時執行，所有廠內人員都必須遵守。

工程進行時，甲板上、機艙內充斥著機具、臨時管線、拆解開來的設備、工具，人員在各個地方活動，到處在進行切割、燒焊、化學處理、吊掛、安裝、拆解，電力系統需要隔離或是並聯，大型機具需由岸上吊掛至甲板、廢棄物需由甲板吊掛至岸上到處進行，此種複雜多層的工作衍伸出許多團體配合，盲點需要從一開始的溝通來消除。

環安衛中心每天上午 9 點於船上召開安全會議，所有在船上施工的相關人員都要出席，會議第一階段由船廠的環境安全衛生部門主持 (HEALTH SAFTY AND ENGINVIOMENT) ，船廠方專案經理(PM)、船東的工務經理、所有供應商及技術人員、船長大副及輪機長大管、船廠工作人員、船廠後勤人員都要出席會議，所有施工都需要分別遞交施工申請，主持人會依序詢問工作是否牽涉密閉艙間、高處作業、電氣...相關有危害可能的一一詢問，與會者回報並當下進行核對施工申請、請工作人員說明工作內容及進行跨單位工作協調，如船上需要吊掛設備，就由船上提出申請並在會議上直接與船廠後勤人員協調並讓所有在場的部門知悉，哪些工作需要進行電氣隔離、或是完成後需要並聯也是在會議中提出與輪機長直接溝通，每個單位各司其職、彼此又充分溝通是建立安全工作環境高效率且消除風險相當簡單的方法。塢修工程因為其複雜性及緊湊的關係，保持資訊的流動是至關重要的，只要各單位清楚自己的工作以及所牽涉到的範圍，整個會議是快速且有效率的，此工作模式需要船員、船廠、船東三者充足的準備與溝通才能夠形成，也是中油公司自有油輪需要改進的地方。



船艙狀態一覽表



隨處可見的危害告示



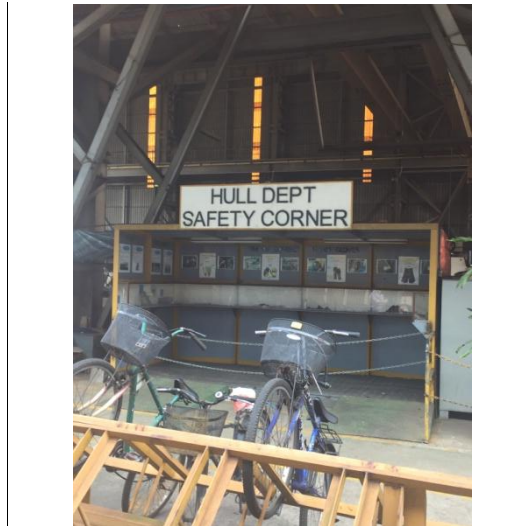
工安衛生部門



船廠人員訓練中心



吊掛設備



安全護具使用教學



移動式消防泵



機艙內用LED來標示逃生路線



梯口管制



G 證件擺放

四、燃油系統改裝工程

因應IMO降低硫含量的，世界上所有在航行的貨輪、油輪都需要有對應的措施，最常見的方法有安裝洗滌塔(Scrubber)，洗滌塔安裝在燃燒廢氣系統末端，廢氣洗去燃燒產生的硫化物後排放大氣，另一種方式就是讓船舶直接改燒低硫燃料。但是低硫燃料油的來源有許多種，根據黏性或熱值的不同，燃油系統也需要對應的調整才能夠最有效率的燃燒。

台達一號輪是自有LNG輪裡第一艘接受燃燒系統改裝的船，改裝燃油系統需要從最上頭油櫃進行改變，燃油控制系統...都需要因此變，台達一號輪在船艙及船艙都有油櫃，為了使用MGO作為未來的燃料，機艙現有的油櫃系統需要獨立出一組用來裝載MGO，原先在船艙的油櫃也成為MGO的主要儲存櫃，因為改變燃油種類，MGO的物理特性是黏度較燃料油低，將船艙油櫃內儲存的燃油抽送到機艙的燃油泵也需要相應的改裝，改裝工作是由NYKT提供配件Harris Pye進行改裝。



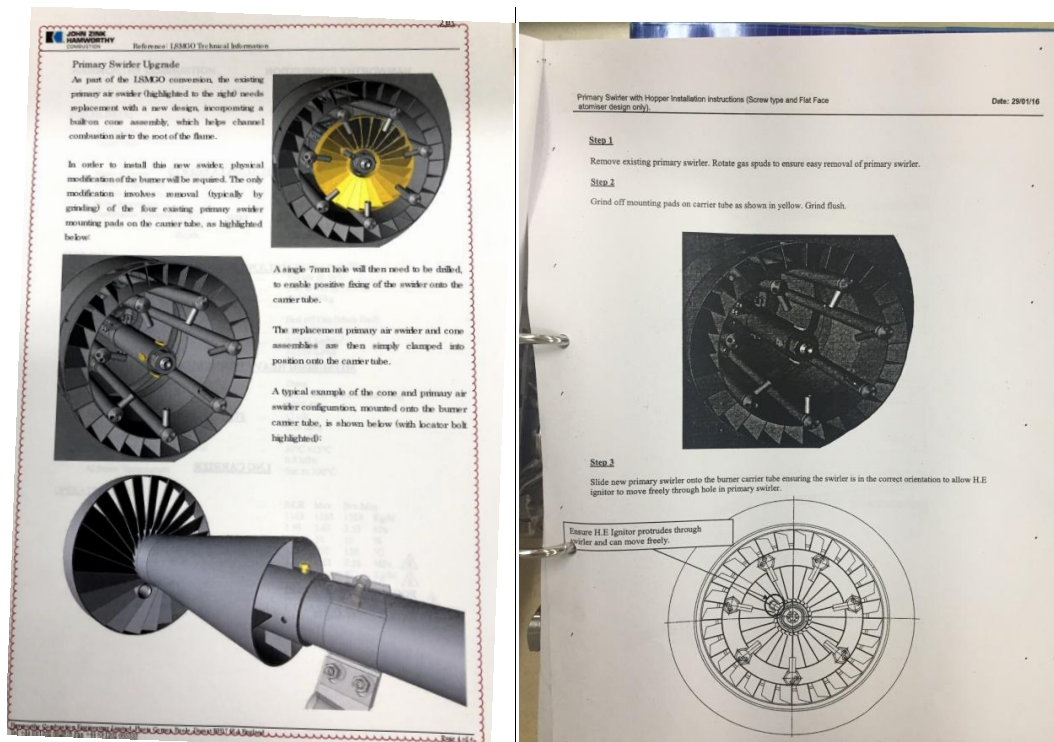
船艙移轉泵改裝配件



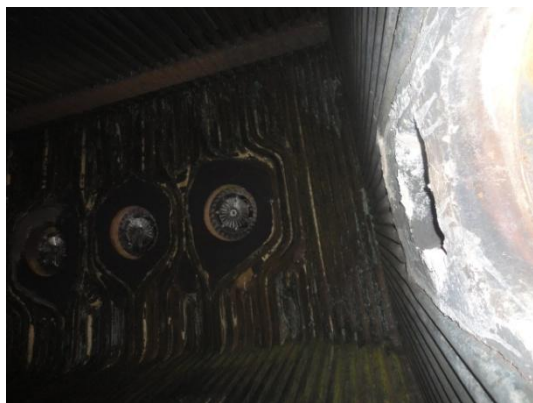
船艙移轉泵

供應鍋爐的燃油泵系統也需要從現有的系統獨立開來，建構一套新的燃油系統是本次進廠主要的工作，由Harris Pye工程公司規劃執行這個改裝案，這次計畫運用在台達一號輪IG Room內的空間建構此一系統，系統是由燃油泵、驅動馬達、過濾器及熱交換器組成，因為是

航行關鍵設備所以建構兩套系統可以切換使用。這次改裝工作另一個重要的工項就是鍋爐噴油閥的改裝，使用不同黏性、熱值的燃料固然需要噴油閥的改裝才能達到理想的霧化效果，從本次台達一號輪進廠維修看到兩組鍋爐都是拆開內膛的狀態並更換的噴油閥，看到這個改裝工作的機會相當難得。



噴油閥預計更換的圖面

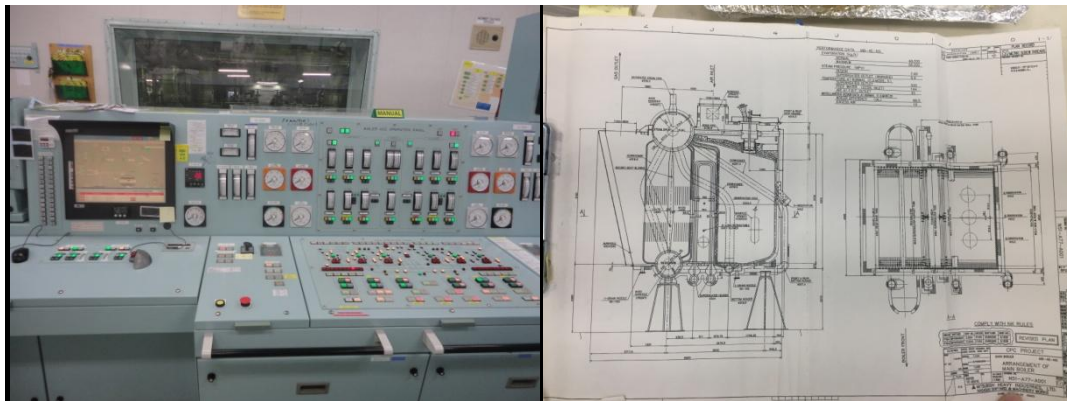


鍋爐頂部的噴油閥



新增設的燃油泵

最後需要改裝的就是主機的控制系統，主機燃油系統的控制變數有:燃油溫度、黏度、燃油流速、蒸汽壓力、透平機轉速...等數十個傳感器回覆資料，所有的參數再經過主機控制系統的演算後才能精確調配出最佳的燃燒狀態維持航速，日本JRCS是該系統的供應商，控制這條排水量可達十萬噸的巨輪進行精準的操俾就需要仰賴此系統的精準控制、資訊系統的回饋，才能達成。



機艙控制面板

鍋爐工程圖面

當鍋爐改裝完成後，接著需要準備進行試點火作業，在確認所有設備安裝妥當，做完最後檢查後，就能開始進行測試。因為仍在船廠內無法動俾，鍋爐點火僅能一組一組燃燒器進行點火測試，慢慢提升鍋爐壓力，同時注意蒸氣產生的量不能超過現在系統所需太多，蒸氣品質也需要達到一定品質才能用在驅動機械，當鍋爐上升到一定壓力就需要開始檢查系統上是否有異常的洩漏、或是問題，最後在檢查完成後逐步釋放壓力完成測試。



鍋爐的窺火孔



機艙內產生蒸氣

五、心得與檢討

1. 船上關鍵性重要設備由原廠技師使用原廠配件進行預防保養，因天然氣船舶特殊超低溫及危險性貨物，貨艙 GASS FREE 過程繁複費時且高滯船費等原因，船東通常不能承受滯船的風險，故都採預防性保養，設備都是依照運轉時事或是定期性的更換，且都安排原廠的技術人員來檢修確定所有得維修都是用最高的標準完成。雖然投資在服務技師與原廠配件的成本偏高，但是在提高船隊的安全性及妥善率是相當有效的。

2. 船舶塢修規劃與執行

尼米克管理顧問公司對天然氣船塢修執行參考 NYK 系統，依不同專業聘請專業顧問協助監造，此法優點可確保塢修品質避免因主辦工程師人力或專業不足，而任由船廠擅自施工。天然氣船塢修採團隊分工合作模式、管理緊密完整，進廠前先逐步完成所有要改裝系統的施工規

劃、塢修期間例行的保養工作工期等安排並製作成一本手冊可以方便所有參與人員快速進入狀況，進廠期間一開始嚴格控制施工進度並逐步提前完成主要工作事項，後續預留相當充裕的時間進行運轉測試及追加工程，與現行中油自有油輪塢修由主辦工程師一人主導，視工程需要最多加派一位協辦工程師協助有相當的差異。國營企業，受許多法令限制，其衍生的行政程序又複雜。對於塢修期間臨時性發現損壞經常發生，許多臨時採購項目都仰賴主辦工程師快速的反應與經驗才能解決，導致整個塢修工作時常疲於採購程序難以掌握其他工作，時常趕在出廠前才把所有工作及時完成，這與尼米克公司塢修方是有相當的差別。船舶塢修工作往往都是以預防性的檢修為核心，許多系統需要在船停下後交由專業技師才能檢查並提出檢修報告說明，追加工作是相當頻繁的。塢修是相當嚴謹且重要的工作，因為其複雜性及緊湊的關係，常常需要跨部門的協調與準備才能完成，絕不是一人就能獨力完成。

結論與建議

中油公司儲運處蔡嘉恆工程師負責自有油輪維修及管理工作，過去並未接觸天然氣船，本次由曾經派駐尼米克船舶管理公司擔任船隊經理的黃戊辰組長領隊，了解天然氣船舶設備技術、塢修工程及國外

船廠管理工作，實為難得經驗，對於天然氣船與自有油輪、尼米克管理公司與中油公司、塢修團隊與單一主辦工程師並相互比較了解許多差異，擷取其他團隊之優點來改善自己團隊之缺點。

本次印象較深刻是國外船廠對於安全重視，許多安全規定都有落實，施工人員皆由船廠聘僱管理，對於安全意識及修理技術上都有一定品質，修理能量也足夠承接油輪塢修工作，可作為本公司作為將來於國外塢修可能性方案。

本次塢修的關鍵設備都使用原廠技師及原廠設備以達到設備未來高妥善率及安全性，近年自有油輪塢修也逐步導入原廠技術支援，並補強船廠技術品質不足之處。初步了解尼米克管理公司有規模與制度的管理天然氣船後，反觀中油油輪狀況不論在船員向心力、人員異動、訓練機制、系統認知及規劃與管理能力都有所不足，以及公司採購制度上的差異，產生許多難以提升的障礙，希望仍能以尼米克公司為目標，讓中油油輪繼續向上提升。