

## 關於中國海洋政策的啓示

文 / 方信雄

### 一、前言

近年來中國在其鄰近海域的活動日趨頻繁，除了積極進行東海的石油探勘外，遼寧號航空母艦與核子潛艇更是不斷出沒在台灣海峽與日本南方沿海。事實上，早在二〇〇九年中國即首次派遣遠洋艦隊赴印度洋及亞丁灣執行保護中國商船隊抗拒海盜威脅的任務，進而發展在紅海入口處的吉布堤(Djibouti)設立所謂的「後勤保障設施」，也是中國第一個海外的軍事基地設施，當然不僅是海軍基地，路上部隊都進駐了。最近幾年，更是無視美國的干預，加緊南海諸島的建設與軍事配置，凡此莫不突顯中國用心經營海洋主控權的企圖，因此作為中國採取此等行動的背景依據的中國海洋政策當然值得我們重視。

基本上，中國積極投入海洋應自一九七〇年代起，亦即自其制定「領海及鄰接區法」起，及至一九八〇年代更陸續制定與修訂包含海洋管理在內的沿岸領域管理相關制度。多年來，中國有計劃地推出標榜以「海

洋大國」、「海洋強國」與「造船強國」為國家目標，再加上石油開發、海洋環境保護、海上航行引導系統的開發等施政，明確勾勒出持續推進中的中國綜合海洋政策。中國目前為世界石油第二大消費國，因而實質上已成為包括石油在內的能源以及大量輸入食糧的輸入大國。此外，中國亦陸續進行港灣的整、擴建，以及扶持造船工業的大幅成長，而此更擴大了中國商船隊的世界貿易航路版圖。

### 二、中國海運的現況

中國海運在世界經濟的參與度大幅提高已是全球共知的，不僅可支配的船隊與船噸皆名列全球前茅。加諸中國的海岸線長約7300公里，而內陸河川長達11,000公里，一萬噸級深水碼頭有835座，對外開放的港口有一百三十餘個，每年來自全世界一百個以上國家與地區的船舶約六萬艘。中國有84%的貨物運送，及90%以上的能源輸入是經由海運達成的。再者作為船舶運航基礎的造船

業之造船量亦達世界第二位，且其技術不斷精進地朝最先端的造船大國邁進，並以造船強國作為目標。然而，有關中國船舶運航業的問題亦所在多有，如；

1. 船隊的結構不夠均衡，散裝船占53.4%，液化船舶的比例僅占14.9%，貨櫃船的比例更低。
2. 船舶高齡化的傾向。雖然已有少數的最新銳散裝船與貨櫃船達致世界的最高標準，其他船型的狀況並不是很樂觀。
3. 造船的技術水平與日、韓仍有差距，故而市場競爭力並不是很強。但是現在已開始著手建造LNG船，其成果將受注目。
4. 盡管在外國建造的船舶在中國登錄國籍較在國內建造者的登錄費較高，中國船東屬輪仍有56%懸掛權宜國籍船。此與我國海運業航商持有較高比例的權宜國籍船的問題相同。
5. 雖然中國船員的養成數眾多，但優秀的船員較傾向至待遇較高的外籍船上服務。此外，尚有船員素質不齊或不適格船員的問題。

但必須強調的是，舉凡中國的船舶大型化、現代化、標準化、促進海運企業的大規模化、專業化都是中國海運的發展與力爭向上的目標。

### 三、成為海洋國家的要件

相信國人，尤其是我們海運從業人員對「海洋國家」一詞最有感覺，但大概只有在全國性選舉時才會聽到政治人物誓誓旦旦地要「海洋立國」，但數十年來我們不僅未有任何實質性進展，甚且海運產業日趨沒落。要成為「海洋國家」絕對不是靠政治人物喊喊口號就可促成的。常識上要成為「海洋國家」所需具備的要件不外；

1. 海運業的良好發展；
2. 實際上可支配的船隊與船噸；
3. 良好的港灣（本國商船隊的安全母港）及完整妥善的航路；
4. 船舶修造能力；
5. 船員教育的充實；
6. 海運技術的傳承；
7. 國民的海洋性格；
8. 貿易通商所必備的管理技術；

又除了上述軟、硬體的蓄積之外，更要有具備：

1. 保護本商船隊的海上武力（Sea Power）；
2. 制定確保成為海洋國家的海洋政策；
3. 執行既定海洋政策的意思與毅力。

毫無疑問的，中國基本上已具備了上述要件。就具體行動而言，相對於我國政治人物每逢選舉才會喊

出「親水近水」、「海洋立國」的口號，中國早就具體的將鄭和下西洋啟航日的七月十一日訂為「航海日」，而且每年由交通運輸部主導隆重舉行全國性的各項慶祝活動，以圖喚起有關海洋的國民意識。

中國的海洋政策基本上是遵循一九九六年批准的聯合國海洋法公約所釐定的，即以資源與能源的開發與確保為主軸，並明確宣示具高度敏感的領土問題。而從一九六四年設置的「國家海洋局」即可看出其海洋一元化的企圖。國家海洋局的權限擴大至統合海洋管理、相關法制的制定、資源保全等全面的監督。

此外於一九九二年制定的「領海及鄰接水域法」中更明訂釣魚台群島為中國領土，強烈且明確表達了其國家意思。其他如「專屬經濟水域法」、「大陸棚法」、「海洋環境保護法」、「漁業法」、「礦物資原法」、「無人島的保護及利用的相關管理法律」的制定，皆突顯出其海洋政策的逐步法制化。尤其二〇〇〇年制定的「海域使用(計劃)管理法」(MSP: Marine Space Planning)中對於國內海域使用的秩序化與促進海洋發展之相關條文，不僅是中國海洋政策的具體表明，更是中國海洋管理的明確意志。相對於我國，對於海

域利用相關法規的立法一再拖延，造成許多海域利用上的阻礙，更影響到類如填海造地等的環境問題，因此在海域中所引發的利害衝突，進而使危險增大的場面皆是政府日後的處理難題。例如原本即屬休憩性質的海釣船，極力主張擴大漁業權，結果每在商港的進、出港水道與大型商船爭道乃至發生碰撞的危險。

再者，中國在加盟WTO時即表達施行二〇〇一年的「國際海運條例」的承諾，加盟後更標榜要排除各種貿易障礙推行「全球化」，進而制定「港灣法(2004年)」及呼應SOLAS反恐政策的「船舶海上保安規則」。可見中國自加盟WTO以來，不斷在國防、確保領域及海洋管理上著力，以積極遂行其海運政策。其中當然包括船員教育的強化與充實，也就是以STCW公約為基準，以上海、大連兩所海事大學為中心，進行較我國人數為多的優勢海事教育。

似此，中國標榜以海洋政策為國家意思的法律及制度，無論質與量皆超過我國。毫無疑問的，其在關於港灣的基礎建設、造船、船舶制度、港灣管理的知識等方面仍在持續發展中是無法否定的，但相信在最短時間內其即可達致先進國家的水平。從以上觀察中國的海洋政策，得知其乃是將

海運政策、船員政策、港灣政策、海洋管理政策、船舶政策，乃至海軍戰略皆置於具一貫性的海洋政策落實執行。

毫無疑問的，中國除了海軍建軍無止盡地擴充外，國際航運的經營亦是中國鞏固貿易大國地位不容忽視的區塊，因此在既定的海洋政策下，中國的船舶與航運經營乃以努力推行下列項目為要務：

1. 水運交通基礎設施的建設（將內陸河川、水運向國際水運開放）；
2. 港灣管理及引水制度的改革（港灣體制的改革、港灣經營的效率化、現代化）；
3. 加強研究船舶與運航政策；
4. 整理確保海運業的安全及發展的相關法制；
5. 與水運相關情報的IT化；
6. 對外開放的促進並形成良好的市場。

#### 四、結語

就中國的海洋政策而言，完全是因為經濟的膨脹帶來海上物流量的大幅增加，連帶的促使海運之共同發展，此完全符合中國推進海洋權益擴大的既定目標。而中國的海運政策骨幹，是以全球化為主軸，並在WTO的架構下推動對外貿易。至於海運的發

展則以航路與港灣的整理、引水制度的擴充以及通商實務（系統）現代化為期許，進而強調「本國用油本國運送」、「國輪國造」以達到「海洋強國」與「造船強國」的終極目標。

另從世界的經濟發展的角度來看，欲撼動中國作為世界工場的地位之可能性極低，因為中國正位於世界最大的海上物流鏈之中心位置。也正因为如此，中國若未能同步強化其海軍實力，而要達致其「海洋強國」與「造船強國」的境界恐不容易，雖然何謂「海洋強國」並無明確定義，但本質上「海洋強國」當可等同於「海運強國」，相信其一再標榜成為「造船強國」應有類似思維。

再者，回顧自「聯合國海洋法公約」生效以來，海洋法法庭亦隨之產生機能，使得世界各國積極努力企圖透過條約與交涉解決在海洋上所發生的爭端得以實現，但不容否認的，早期沿海國為確保海洋權益的最直接想法就是軍事力的使用，也就是要成為海洋國家勢必擁有強大的海軍軍力，故而稱之為「海上強權」(Sea Power)。但任何「海上強權」為確保海上通商的安全、海洋的和平，以及秩序的維護等功能，仍必需與他國聯絡、合作，始能發揮具體的海上危難處理能力。因此，以海運為主軸的

通商國家，必需具備其商船隊的規模及經濟力始能合乎「海洋強國」的條件。但必須強調的，在二十一世紀的今天，欲藉由施行本國海洋政策的手段，使用武力使他國就範，或是排除他國而自封為「海洋強國」，地球上似乎尚無此空間。

看到中國企圖明顯的海洋政策，反觀我國「海洋政策」延續性嚴重不足的窘況，吾人不得不提出下列令人擔憂的看法：

1. 中國推動以海運政策、海洋管理政策及海軍戰略等一貫化的基礎的海洋政策，相對於此，我國並無明確且延續的海洋政策，因而要積極且明確地建立包含海運政策的海洋政策。
2. 標榜海洋大國與海洋強國的中國勢必會發展成海軍大國，我們面對中國絕對不能僅拘泥於軍事層面，更要從通商、海運等觀點對中國的海洋政策作全面性的解析。亦即不能僅強調其發展的結果僅是軍事威脅。
3. 有關海運貨櫃的轉運，由於時移勢轉先機盡失，我國港口已不可能再成為東亞的轉運港（Hub），故而務必審視亞洲整體的情勢演變，重

新妥善考量現有港灣政策。

4. 中國強調海運國際化之政策意圖，是否意味著與台灣海運界一樣欲將海事人力問題（危機）縮小化，即同時擁有本國籍船隊與租傭船的營運模式。故而有必要檢討我國現行國輪國籍船員配置最低標準，及確保本國籍船員就業的相關規定。



## 從理論上增大柴油機出力在實務上配置之探討(二)

文/ 田 文 國

~接上期~

表中 $R=8.314 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$ [11]； $ID$ (Ignition delay)=點火延遲期(ms)； $C_m$ =活塞平均速度(m/s)； $CN$ =燃油16烷值指數； $T$ =掃氣進氣缸絕對溫度( $^\circ\text{K}$ )； $\varepsilon_v$ =壓縮比； $p$ =氣缸絕對壓力(bar)或掃氣進氣缸絕對壓力(bar)； $k=C_p/C_v$ 比熱比=1.4； $\rho_f$ =燃油比重( $\text{kg/m}^3$ )； $d_0$ =噴孔直徑(mm)； $p_f$ =燃油噴射壓力( $\text{kg/cm}^2$ )。[11][13]

參考實際船用主機機器參見表2；當全負荷100%出力(Output)時轉速105.8 r/min；活塞平均速度8.46m/s； $\varepsilon_v=13$ ；機器使用燃油16烷值為30； $T=313^\circ\text{K}$ ； $p=3.75\text{bar}$ ；燃油由噴射上死點前 $5^\circ$ 至上死點後 $7^\circ$ ，換算至上死點0度爆發燃燒期時間為7.89ms；

代入公式表3-(6)式 $ID=7.5\text{ms}$ ；代入公式表3-(10)式 $ID=1.32\text{ms}$ 。

機器90% Output時轉速102.1r/min；活塞平均速度8.17m/s； $\varepsilon_v=13$ ；機器使用燃油16烷值為30； $T=312^\circ\text{K}$ ； $p=3.455\text{bar}$ ；燃油由噴射上死點前 $5^\circ$ 開始，換算至上死點0度爆燃期時間為8.16ms；

代入公式表3-(6)式 $ID=$

7.53ms；代入公式表3-(10)式 $ID=1.386\text{ms}$ 。

機器75% Output時轉速96.2r/min；活塞平均速度7.7m/s； $\varepsilon_v=13$ ；機器使用燃油16烷值為30； $T=309^\circ\text{K}$ ； $p=2.964\text{bar}$ ；燃油由噴射上死點前 $5^\circ$ 開始，換算至上死點0度爆燃期時間為8.66ms；

代入公式表3-(6)式 $ID=7.6\text{ms}$ ；代入公式表3-(10)式 $ID=1.572\text{ms}$ 。

機器50% Output時轉速84r/min；活塞平均速度6.72m/s； $\varepsilon_v=13$ ；機器使用燃油16烷值為30； $T=307^\circ\text{K}$ ； $p=2.11\text{bar}$ ；燃油由噴射上死點前 $5^\circ$ 開始，換算至上死點0度爆燃期時間為9.92ms；

代入公式表3-(6)式 $ID=7.623\text{ms}$ ；代入公式表3-(10)式 $ID=2.023\text{ms}$ 。

以上表3公式(1)~(10)經過驗算發現除公式(6)式較為接近本機特性外，其於公式僅只適於小型中、高速機，故本文僅套表3公式(6)及(10)二式，且(10)式與本機特性完全不適。

由於本機於全出力時其每度( $^\circ$ )需時1.58ms，經濟速率出力時其每度需時1.99ms，相比較公式(6)其每度需時1.5ms及1.523ms，二者相

差各為0.4ms及0.023ms，幾乎達18倍，此一事實也格外顯示可變噴射時期(Variable Injection Timing；VIT)及燃油品質設定(Fuel Quality Setting；FQS)裝置在低速機最佳定容燃燒點的重要性。

2、爆發燃燒期(Explosion period)：燃燒開始時，於第一階段噴射開始至點火著火後，所噴之油大致均達到發火燃燒狀態，一但開始壓力溫度乃急激上升繼之因燃燒條件之改善，燃燒延遲甚短，故柴油燃燒異常迅速，很快地由B到達最高壓力C處，此段燃燒又稱為爆炸燃燒期相對於理論接近定容燃燒。

3、控制燃燒期(Control combustion period)：自最高壓力後所噴之油，因燃燒條件更好，燃燒延遲甚短，噴入氣缸即行燃燒，由C至D點此時活塞過上死點即開始下行氣缸內壓力乃依所噴之油量而定。此階段燃燒稱為控制燃燒期相對於理論接近定壓燃燒。

4、後燃期(After burning period)：於D處停止噴油後，燃燒本應以結束，但因某種原因如：燃油品質不佳、燃油噴射不良、空氣質量或擾動不足等原因，在停止噴油後，仍有一部份燃料繼續進行燃燒，稱此段為後燃期。此階段是佔全燃燒期間約

50%，若此一階段延長時，則排氣溫度將提高，而效率則明顯降低[12]。

(二)影響燃料燃燒延遲因素有下列幾項

- (1)掃氣溫度：掃氣溫度影響上死點壓縮溫度及燃油燃燒條件，可控制點火延遲期的燃燒良好與否。
- (2)掃氣壓力：掃氣壓力增加，將影響上死點壓縮壓力及燃油燃燒條件，使點火延遲期縮短及燃燒期壓力上升提早。
- (3)燃油之霧化：燃油霧化良好與否影響燃油燃燒至劇，如噴射壓力愈大則霧化愈佳，使油滴愈細愈易燃燒。
- (4)噴油定時：噴油定時良好與否亦影響柴油燃燒，噴油定時正確將使燃油配合適當之掃氣壓力溫度準時燃燒，使燃燒及時，燃燒充分壓力上升。
- (5)內燃機轉速：內燃機轉速亦影響燃燒，因轉速高則掃氣擾動性良好，使空氣與燃油混合良好，改善燃燒條件，使燃油易於燃燒。
- (6)燃料之著火性質：燃油十六烷數高低與否乃代表柴油之著火性質，燃油之著火性質好則易於燃燒使點火延遲期縮短。
- (7)空氣之擾動：燃燒室設計情形影響空氣充氣之擾動，因而

決定燃油燃燒條件影響燃燒 [11]。

(三)在同一轉速和相同的過量空氣系數的條件下，不同噴射提前角對燃燒過程的影響如圖4。圖中所示不同噴射提前角的P-φ圖及其相應供油始點後30°CA(曲軸轉角；Crank Angle)的標記。圖示柴油機噴射提前角為上死點前5°CA及曲線5,4,3,2,1所示，由此可以看出不同噴射提前角過大或過遲均會使後燃期拖長，最長的後燃期是由於噴射過遲所致，其相應的平均壓力及溫度也最低。曲線6,7,8所示為正常噴射及燃燒，平均壓力增長率 $\Delta P/\Delta \varphi$ 受後燃期影響小。噴射過早使 $\Delta P/\Delta \varphi$ 急劇增高，如曲線9所示[13]。

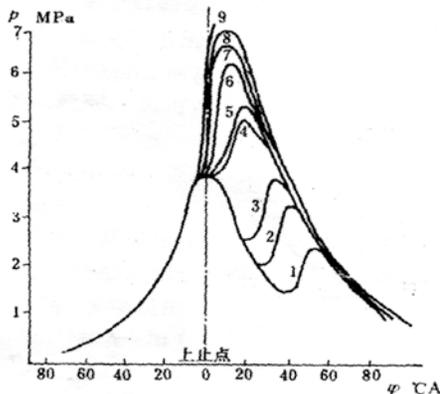


圖4不同噴射提前角對燃燒過程的影響[13]

## 六、柴油機壓縮壓力(Pcomp)、爆發壓力(Pmax)及平均有效壓力(Pmep)間的關係

(一)壓縮壓力(pcomp)即由理想氣體

公式 $pV=mRT$ ；導出絕熱壓縮其壓力與容積變化為；

$$p_1 V_1^k = p_2 V_2^k ; \text{而 } k(\text{比熱比}) = C_p / C_v = 1.4 \therefore p_2 = p_1 (\varepsilon_v)^{1.4} ;$$

$P_1$ 為氣缸掃氣壓力(絕對壓力必須表壓力加上大氣壓力)； $P_2$ 為壓縮壓力(表壓力則必須由絕對壓力減去大氣壓力)； $R$  = 理想氣體常數(kJ/kg°K)。

(二)爆發壓力(pmax)為燃油在氣缸內產生最大的燃燒壓力，是決定柴油機主要固定件和運動件機械負荷的主要依據，無論對設計及實務管理者都是很重要的一個參數，其數值在設計時是以柴油機的額定工況為準，由經驗及計算來選取，實際使用時則由測試數值確定，其值明顯受柴油機的負荷、壓縮比及噴射定時等因素影響。為柴油機部件所承受機械負荷的大小，為增加機器出力及降低燃油消耗的主要技術措施，但須受機器材料強度限制[4]。

(三)平均有效壓力(pmep)即實際機器所作之功除以氣缸行程容積。平均有效壓力公式為：

$$(p_{mep}) = Wk / (V_1 - V_2) \text{ (MPa)} \text{-----} \\ \text{-----(6-1)}$$

即 $p_{mep}$  = 機器所作之功除以 $V_1 - V_2$ 。可分為：

1、 $p_i$ (平均指示壓力；Mean Indicated Pressure)：熱力學理論上公式為；

$$P_i = L_i / V_h \text{ (MPa)} \text{-----} \text{-----(6-2)}$$

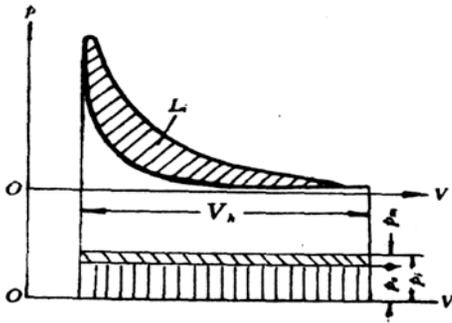


圖5平均指示壓力 $p_i$ 、 $p_e$ 、 $p_m$ 及 $V_h$ 關係[14]

如圖5所示，柴油機單位氣缸工作容積每循環所作的指示功，稱平均指示壓力 $p_i$ ，如圖所示；其中示功圖面積 $L_i$ 為不包括驅動泵損失的面積； $V_h$ 為活塞行程，也就是說活塞於下死點時氣缸容積 $V_1$ ；減去活塞於上死點時氣缸容積 $V_2$ 。簡單的說，也就是所測示功圖面積除以氣缸行程所得到的平均高度。這一點在船上量測相當困難，有些船舶使用特殊面積儀器(Planimeter)或模板(十等分法)比照相對相似圖形高度[8]，而得知概略平均高度，也就是平均有效壓力，但其準確度誤差頗大，通常僅供作參考用。

2、 $p_e$ (平均有效壓力；Mean Effective Pressure)：柴油機單位氣缸工作容積每循環所作的有效功，稱平均有效壓力 $p_e$ 。公式為：

$$p_e = L_e / V_h \text{ (MPa)} \text{-----(6-3)}$$

3、若以 $L_m$ 表示換算到每循環每缸的機械損失功， $p_m$ 則為平均機械損失壓力，定義為：

$$(1) p_m = L_m / V_h \text{ (MPa)} \quad (2) p_e = p_i - p_m \text{ (MPa)}$$

## 七、實務上改善性能出力的技術

1、改變調整壓縮比：以本機為例，其壓縮比為13，當機器使用日久造成十字頭軸承或曲軸承或活塞冠(Piston crown)及氣缸蓋(Cylinder cover)等組件，因磨耗或燒蝕至1或2mm時，則壓縮比將由原來的：

$$\epsilon_v = (2400 + 200) / 200 = 13; \text{ 改變為:}$$

$$\epsilon_v = (2400 + 201) / 201 = 12.94;$$

$$\epsilon_v = (2400 + 202) / 202 = 12.88。$$

因此而造成壓縮壓力下降達200 kPa。尤其近年來燃油品質更趨劣化，機器拆檢時發現活塞冠及氣缸蓋燒蝕達8~9mm甚至於超過10mm，雖然仍然在安全使用規範內，但對機器性能影響頗大，如不適時調校將造成機器壓縮壓力嚴重下降及排氣溫度上升，則效率更趨惡化[某實船測試其實際結果][17]。

2、可變噴射時期及噴射霧化質量：燃油高壓噴射泵及可變噴射時期裝置的作動(VIT)及燃油品質設定(FQS)是否靈活及功能確認，其操縱設置依賴電腦在一定時間內快速運算反應並執行。此裝置之感應實務上不可太過靈敏，因一般海上惡劣天候或負荷之快速變化(機器轉速未變)，油門齒桿(Fuel Rack Index)於2格以內，並不致影響VIT位置的變化，此

功能須確認，以避免產生追逐(Hunting)作用造成其他組件的損傷。此外配合燃油品質的人為設定(FQS)，由具經驗輪機員依機器現場現況將噴油提前角依加油品質提前或延後曲柄轉角，用以增大等容燃燒部份的比例，改善燃燒過程和放熱規律，從而達到提高效率的目的。

另改變噴射質量採用小噴孔噴油嘴，以改善噴射特性和霧化質量，進一步改善低負荷工況下的燃燒。共軌式將噴射壓力提升至接近100MPa，配合控制器WECS9000將VIT及FQS經計算機設定及輪機員現場調校，並回饋至氣缸等容燃燒，從而達到效率提高。

- 3、改變過量空氣比( $\alpha$ )及進氣方向：增壓機維持最高過給效率，並使掃氣口進氣缸角度達最理想設計(Controlled Swirl Scavenging；CSS)，使低速機掃氣效率達幾乎100%[16]，維持增壓機效率及定期清潔檢查掃氣室及掃氣口，為輪機員不可忽視及提高掃氣效率的重要作業。
- 4、提高燃油淨油及濾器效果：使燃油進機達最清淨效果，避免任何雜質造成油壓下降或機器相對運動部份磨擦及損耗[15]。
- 5、提高潤滑油淨油效果及保持最適宜注油(氣缸油)量：良好的潤滑

為減少磨擦損耗並使機械效率增高的主要因素。使滑油進機達最清淨品質，以維持其運動機件的潤滑、密封、冷卻、洗潔及防腐蝕效果，降低機器磨擦阻力以提高機械效率及減低機器磨耗及氣缸油耗量[16]。

- 6、提高冷卻水溫度：經機器製造廠實踐證明，將機器冷卻水溫度提高到110℃，結果燃油消耗率降低了3%，且長期使用並未對機器造成任何不良後果；當冷卻水溫度由80℃提高到95℃，證明水溫每提高10℃，其有效功率提高1~1.5%[17]，油耗率也降低了。本機出口溫度設定為80~85℃為準，以目前燃油粗劣化的情形來考量，以保持85℃為原則，但如機器自動控制情況良好，可以再上升至90℃則機器效率會更佳。

## 八、結論

材料科學不斷的突破及計算器大量運用於柴油引擎的設計與運轉，使機器的體積愈來愈小，出力愈來愈大，輪機工程人員如何利用本身的知識、技術及經驗的累積，輔助以計算機對引擎的參數分析，以達到機器的最佳經濟效益。

輪機員如何對柴油機雙燃循環中各參數的認識與機器的可靠性的設計瞭解，輔以對機器的系統工程及操作技術的不斷升級，嚴厲接受21世紀知

識經濟的挑戰，於激烈競爭的海運市場中茁壯生存。

機器使用日久尤其海上環境惡劣加上人員資訊流通受限，理論上完美的設計有其配合上的困難，尤其海上環境惡劣輪機員資訊取得不易及工作場所的局限性，因而也唯有實際工作中配合理論上的設計，在追求理想運轉狀態下不斷互助向前。

### 參考文獻

- [1]田文國”船舶科技27期” 21世紀船舶低速柴油機展望中華民國船舶機械工程學會會刊 Mar/2001. p-1
- [2]孟兆生”內燃機”壓縮比對四行程內燃機性能的影響分析2001第二期.p-22~23
- [3]李幼鵬 “柴油機原理” 1994 大連理工大學出版社.p-44,45,47
- [4]薛天山 “內燃機”全華科技圖書公司1997. p-109,18
- [5]Emission control Two-stroke Low-Speed Diesel Engines. MAN B&W Diesel A/S Dec/1996. p-2,12
- [6]初綸孔”柴油機供油與霧化”大連理工大學出版社. 1989 p-80
- [7]劉茂東”船舶柴油機試題3000詳解”大連海事大學出版社 Aug/1995. p-240
- [8]Marine News Wartsila NSD 32 1997. p-6
- [9]熊忠毅 ”船舶柴油機原理與實用”徐氏基金會出版社 1976. p-108,109
- [10]樓無畏 “船舶重柴油機實務續編” (十版) 前程出版社 Jun/1986.p-357,358
- [11]魏象儀 ”內燃機燃燒學”大連理工大學出版社 1992. p-184~186,155
- [12]沈頌文 ”內燃機講義(上)”啟學出版社 1978. p-250,251
- [13]張葆華 盧士勛”輪機員實用手冊”人民交通出版社 Jun/1990. p-46
- [14]錢耀南 “船舶柴油機”大連海事大學出版社 Jan/1999. p-211
- [15]林漏枝 “海技通報”長榮海運公司1983 p-91
- [16]郭錦榮 “最新實用重柴油機精華”中國航海技術研究社 May/1986. p-72,129. [17]李博平 “中國修船”柴油機的節能與維護保養 1999第5期 p-18~19
- [18]樓無畏 “最新輪機實務”前程出版社 Aug/1997.p-10-11,305 [19]樓無畏 “重柴油機實務” (十版) 前程出版社 Aug/1994.p-135-136
- [20]樓無畏 “船舶輪機實務” (九版) 前程出版社Aug/1995.
- [21]李釗順 陳穩 “柴油機”中速柴油機加裝除碳環 2001第四期.p-41-42

- [22]The motor ship “CIMAC揭露發動機的問題” Jun/2000. p-6.
- [23]Influence of ambient temp. conditions on main engine operation MAN B&W Diesel A/S 1997.
- [24]M. David Burghardt. James A Harbach “Engineering Thermodynamics” 4th ed HarperCollins College Publishers 1993.
- [25]Eastop & McConkey. “Applied Thermodynamics for Engineering Technologists” 5th ed. Longman Scientific & Technical, Longman Group UK limited. 1993. p-181
- [26]Colin R. Ferguson. Allan T. Kirkpatrick “Internal Combustion Engines” 2nd ed John Wiley & Sons Inc. 2001.

---

## 曾靠卸高雄永安天然氣接收站的Q-FLEX級大型LNG船

文/圖 陳文樹

### 首見抵台的Q-FLEX級 大型LNG船，吸引人潮齊聚圍觀

緣隨我國政府之推動「非核家園」，並以2025年的無核發電為目標，復因煤炭發電容易產生大量的廢氣和含有PM2.5顆粒物之煙霾，而且風力和太陽能等綠色替代能源，又暫時無法大幅取代發電需用的燃料，因此在近15~30年內國內必須提高天然氣的進口，以之替代核用料和煤炭來充當發電的燃料。

位於今之高雄市永安區且係建竣於1990年的中油公司液化天然氣(liquified natural gas, LNG)接收站，該LNG接收站所在的港口--永安港，在全球的液化天然氣專用港口，所呈規模的排序上係居於第26名之

前位，從1990年首度啟用以來，迄今已逾28個年頭。至於迄2017年底止，全球所共有的120餘座液化天然氣接收站，我國台灣即占有兩座，分別為永安接收站和位於台中港旁之接收站。現今，又已完成第三座接收站之規劃，惟尚須等待通過環評和化解地方環保團體的疑慮後，甫能動工建造。嗣後，為配合政府倡行提高天然氣發電之政策，俾逐步取代核電同時填補用電缺口的計畫，當前已經建有兩座天然氣接收站的中油公司，不僅賡續戮力闢建座落於桃園市觀音區的另座大潭接收站，並力圖將過去運送LNG的傳統型船舶，更換成Q-FLEX型的大船，以應國內對於天然氣與日俱增的需求。

在航運業界，常是將載運LNG的船舶，劃分為傳統(Conventional)型級、Q-FLEX級和Q-MAX級共三個等級，船體的裝載容積分別為145,000~154,000立方公尺(M3)、210,000~216,000 M3和263,000~266,000 M3，且船舶的吃水深度、迴轉半徑，亦各跟著船體之龐然巨大而增深、增大。另為防止大船於碇泊或駛離碼頭之際造成碰撞，故若考量接收LNG之永安港的水域並非甚為寬敞，且為避免大船於開啟動力、行駛港內時，將排放過多的廢氣，常會動用數艘拖船在船艏或船舷處推動船體，以期順利達成停靠和離航之任務。

而鑒於LNG之增加用量和必須相對的增進運補，因此中油公司應用的液化天然氣載運船，也從傳統型者加量升級為國際船隊常用的Q-FLEX型LNG船，以提升單程航行時的LNG運載量。2017年11月10日，一艘起自卡達的大型LNG運輸船，便首度靠卸於中油公司設置於高雄永安的LNG接收港，為我國之接收LNG暨能源布局狀態開啟了新紀元。

斯艘大型的Q-FLEX級LNG船--AL•AAMRIYA號，於當日上午9時緩緩駛進永安港靠卸，進港前先施放極具震撼效應的鳴笛聲，鵠候於旁、等待配合推動拖拉的拖船則噴灑水柱竭表歡迎。當下，中油公司戴董事長、RasGas公司全球銷售總監--Ali K Al-Kaabi、船東--MOL公司高層主管，以及不少地方政要仕紳，咸皆會

聚於港區碼頭處以迎臨行將入港的大船，並熱烈見證足以令人歡欣鼓舞的歷史時刻。

中油公司並指出，永安專屬港從以往僅係可供泊靠傳統型(Conventional)LNG船，轉而經過此次之泊靠AL AAMRIYA號大型船，得充分展現永安港具備靠卸大型LNG船的能力，並且確可象徵中油公司接軌國際的實力。這些能力，有助於未來執行大型LNG船，施行裝載運輸和卸收所採購天然氣之契約，亦可創造更具彈性的船運班次和應對臨時性之調度，為台灣之購進天然氣以及在國際航貿市場上，開啟嶄新的里程碑。

上述的Al Aamriya號、Q-FLEX級LNG載運船，係隸屬於日資的「商船三井株式會社」(Merchant Mitsui Co. Ltd.)，該航運事業的總部是設址於東京都港區的「虎之門」地方，國際航運乃其主要的業務領域，其所使用的「鱷魚」徽誌，得以在世界各地港埠周邊的貨櫃外體上被瞧見到。「商船三井」之名，是由原之「大阪商船」(OSK，為Osaka Shosen Kaisha之縮寫，Shosen Kaisha為「商船會社」之英文拼音)及「三井物產」(Mitsui & Co., Ltd.)合併後，各取兩個漢字以充作新事業的命稱。不同於陽明、長榮和馬士基…等以貨櫃運輸為主的海運公司，商船三井的經營範圍及於各個船別，LNG船係屬其中之一者，計有Al Aamriya、Al Deebel、Fuwairit和惠比壽…等約莫廿艘的LNG船。



Q-FLEX級LNG船—AL·AAMRIYA號

而本文所提舉的大型 Al Aamriya號LNG運載船，是由中油在卡達的LNG供應商，向船東--MOL公司所租用者，其建造年份為2007年，船體的長、寬各為315公尺和50公尺，裝載容量高達9萬2000噸，是原有傳統型LNG船舶載運量的1.5倍，可供運送攝氏-162度的超低溫液化天然氣。滿載液化天然氣的Al Aamriya號，就該趟行程而言，是在2017年10月下旬從卡達出發後，依序穿越阿拉伯海、孟加拉灣、麻六甲海峽和南海而開往台灣，終於在航行14天後，在隔(11)月10日駛臨中油永安地區的專用港口，完成靠卸之使命。

### 隨著天然氣之增用於發電領域，船舶載送天然氣之運量必將逐年增長

中油公司在發布的新聞稿中指出，目前中油向海外採購之天然氣，是以位處中東的卡達為最主要的對象，係採簽訂長期契約的方式，每年向其採購計約400萬噸的天然氣，並是以海運從事運送。中油採購的天然氣又以供應予台電公司充當發電燃料為最大宗之出貨，這些發電廠現前已有大潭電廠(位於桃園觀音)、通霄電

廠(苗栗通霄)和南部火力電廠(高雄前鎮)等，另亦供應予其他的產業和供作民生用途。

復因未來興達發電廠也將增建4部燃氣發電機組，屆時勢需增建天然氣接收站和儲槽，方得足敷需求；反之，若是未能順利建成第三座天然氣接收站，則預定於興達發電廠內增建的燃氣發電機組恐將隨著停擺。惟選設於大潭的接收站，卻因生態環保界擔心當地的珍貴藻礁生長區遭到破壞而群起抗爭，故猶無法通過環評而順利開工。在此情況下，自卡達等海外產地源源運抵國內的天然氣，只能運至第一、第二天然氣接收站，以致該兩接收站在近一、二年間，幾乎長期處於滿載狀態。

在大潭接收站力求突破俾可付諸建設之前，身為台灣唯一液化天然氣進口業者的中油公司，另需著眼於提升卸收LNG的能力，特別是應對大型的Q-FLEX級LNG船抵臨港區卸氣的狀況。當前，乃以在永安專屬港卸載液化天然氣為目標，並已於2017年11月達成斯項任務。台電公司諒係基於「肥水不落外人田」之心，卻又彷彿是「看人挑擔不吃力」似的，自認可以輕鬆愉快的擔負此任，遂亟欲自建液化天然氣接收站，後則經由協調仍委由中油公司辦理，所以中油爰持續單獨扮演台灣天然氣儲運和轉供之重要角色。

設想，當初若由台電公司自行於大潭電廠附近覓地以闢建天然氣接收站，則當前卡於藻礁生態區之瓶頸，必將轉由台電公司面對處理，甚至慘

陷於「舉鼎不成斷骨筋」之窘境。然而，中油和台電兩大公司之間，彼此則需作好溝通，以確保供氣順暢無虞，莫再重演2017年盛夏時段起因於供氣中斷，繼而造成大潭電廠欠缺天然氣而無法發電，以及全台多處地方陸續停電的紕漏。

事實上，為因應現今國際LNG船隊大型化的新趨勢，以提煉石油和行銷油、氣產品為主業的中油公司，實則已似「雁鴨划水」般的，多番的涉足於航運領域，既需著手於更新港埠與碼頭的相關設施，尚須投入於永安港航道及港內水域的疏浚工程，以應大型Q-FLEX LNG船駛靠碼頭前，行經之航道必須有12公尺以上水深的要求。國人允宜深知天然氣來之不易，且若無航運業界之擔綱運送，何能從卡達或印尼等海外產地，萬里迢遙的將LNG運輸抵台。

早在2017年初，中油公司便曾調派駐留於永安港內的2位資深領港，與卡達RasGas公司派出的人員，齊赴西班牙船舶模擬中心研習模擬LNG船進港的操作演練，以利提升技術進而確保每次大型LNG船舶，風光入港和推展卸收作業的安全性。在此期間，中油公司亦新造有二批的大型拖船，使得LNG船入港卸載時得肩負拖拉的工作，好讓船舶順利靠臨(卸載前)或駛離(卸載後)碼頭。第一批拖船已於2017年7月出廠，並於通過驗船後即投入營運；第二批之拖船預定將於2018年6月交船，旨在協助日後大型Q-FLEX天然氣載運船之靠卸。

## 天然氣作為船舶燃料之情形亦逐步普遍，CMA CGM航運公司旗下最大的船舶，將改以LNG為燃料

海外之間的運送天然氣，必須仰賴船舶裝運；而反過來，天然氣也可充作船舶的燃料。本刊於不久前便曾擇要報導過相關事例，如「美國航運公司」(Totem Ocean Trailer Express, TOTE)所曾於2015~2016年間建造的兩艘「雙燃料發動機」貨櫃船，便是以天然氣作為其燃料，梭行於美國本土-波多黎各-阿拉斯加之間的境內航線上。

2017年11月7日，在德國舊都波昂舉行的「聯合國氣候變化綱要公約」(UNFCCC)第23次締約方大會(COP-23)之會議上，身為世界領先海運公司之一的法資“CMA CGM”集團(法國達飛海運集團)，即宣布未來麾下為數9艘，預定於2020年交付之22,000 TEU貨櫃船，均將使用天然氣作為發動機之燃料，以確保減碳和減降廢氣的決心，乃結合造船技術上的進步，展現具體行動以致力於保護海洋環境。若與航運界所常使用的重油燃料相比，計有減少二氧化碳25%、硫排放量99%、微細顆粒(Fine particles)99%，以及減少氮氧化物(NOx)排放量85%的宏大效益。

再者，為航運界所採用，據以衡量船舶環境足跡(ship's environmental footprint)的「能源效率設計指數」(the Energy Efficiency Design Index,

EEDI)，與由液態燃油驅動的船舶相比，可大幅的提高達20%的比例。這些新造貨櫃船，是採用天然氣以產生動力，只有少數的燃油係於啟動引擎時，用以對「燃燒室」(combustion chamber)的點火引燃，以及充作備用油料。經由選用液化天然氣作為船舶上的燃料，達飛集團將超越目前的法規，在2020年時將硫排放率限制於0.5%以內的標準，未來亦係此然，整個集團也將完全符合「巴黎協定」(the Paris Agreement)和各種國際會議訂定的碳量與廢氣排放層級。

達飛集團向來尊重秉持堅定意志，力行創新和保護地球環境的組織，集團亦將致力於減少排碳，以落實保護環境、愛護海洋和延續生物多樣性的要旨。在2005年至2015年間，達飛集團載運每一貨櫃航行每公里的二氧化碳排放量，已較2005年前減少了50%；並於2015年至2025年期間，採行愈為卓越的計畫，俾進一步的將二氧化碳排放量減少30%之比例。

達飛集團的首席執行官--Rodolphe Saadé即說明，CMA CGM已通過一項頗具前瞻性的決定，乃將為未來交船的22,000 TEU船舶，配備專注於保護海洋環境的設施和技術。集團不僅是航運界之巨擘，並通過選用天然氣作為船舶燃料，成為航運業內兼具創新理念和生態責任的先驅，無負於地球環保領域「領航者」的美譽。

## 結語

天然氣是採自地底的潔淨石化能源，在無法克服地緣因素以架設管線，逕行輸送氣態天然氣的情形下，只能將天然氣冷凝液化，以利於裝船運送至萬里遠地之海外目的地去，並需儲存大型、近乎埋建於地面下的「儲槽」。而航運界所用以載運LNG的船舶，乃屬專業性者，其建造、裝設、檢驗和航行時的控管，俱建制有較諸一般貨船愈為嚴明的標準和施作程序。

待欲外送天然氣時，必須先以管線在近海處進行「熱交換」，利用海水的溫度將極冷且呈液態的LNG加熱為氣態，再以加壓泵將變回氣態的天然氣，經由管線泵送至各地的轉收站，繼而分送至各電廠、工廠和用戶端，其過程確比運送液態的油料繁複費事，運輸成本自然亦係較高。姑不與核能發電作比較，以天然氣為燃料的發電廠，發電成本當然會顯高於以油料、煤炭為燃料者。

應用屬潔淨能源類的天然氣為發電燃料俾產出動力(電力)，當有不致造成空氣污染的良益之處。但是，天然氣終究並非「取之無盡」者，必有掘罄耗竭之日，一旦面臨該日，但是物欲偏又難以抑止的人類又將何以應對處置，乃屬殊堪遠慮之事。世人允宜從節用避耗與開發綠能共同著手，使得可近乎未肇污染又可再生的綠能，可以無止永續的造福舉世大眾，此等良益作為方是恆長久存的千秋大計。