

油 輪 實 務

TANKER PRACTICE



程泰巒 編譯

中國航海技術研究會 印行

油 輪 實 務

—油輪之結構、運用及保養—

G. A. B. King 著

程 泰 巒 譯

中國航海技術研究會出版

油輪實務

中華民國六十一年四月初版

版權所有
翻印必究

定價新臺幣二百元

編譯者 程 泰 懋

出版者 中國航海技術研究會

經銷處 中國航海技術研究會服務部

地址：基隆市港西街招商局二樓208號

電話：25487

郵政劃撥帳戶：第5299號

印刷者 文和印刷股份有限公司

地址：臺北市武昌街105號

電話：332884

目 錄

第一章 油輪發展簡史.....	1
第二章 現代化油輪.....	9
第三章 油貨測量.....	20
第四章 裝幀問題.....	31
第五章 油貨裝幀.....	44
第六章 混裝油貨.....	62
第七章 油貨清卸.....	68
第八章 壓艙及壓艙航行.....	78
第九章 油艙清潔.....	85
第十章 油污處理.....	97
第十一章 火災、爆炸及油氣之防範.....	107
第十二章 油輪保養.....	116
第十三章 石油工業.....	125
第十四章 油輪發展趨勢.....	134

附 錄

一、油輪演進過去、現在及將來.....	144
二、油貨泵.....	150
三、熱艙管路.....	158
四、舵 機.....	161
五、一九六六年國際儀重線公約.....	165
中英名詞對照表.....	167
新儀重線及季區圖.....	封底裡

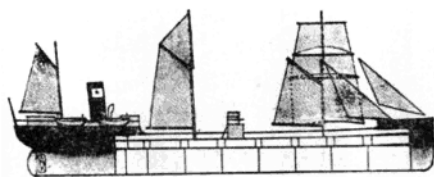
第一章 油輪發展簡史

The Tanker's development

一八六一年，伊麗莎白，瓦特西號 (Elizabeth Watts) 雙桅帆船，首次以桶裝油貨，橫渡大西洋運入英國，因為它的裝輸方式，與一般貨物無異，所以毋需特殊防範，桶裝液體之被作為普通箱裝或捆紮商品，裝船載運，已經有幾百年歷史，中國人及埃及人，以其帆船裝運液體容器，自屬毫無疑問，腓尼基人及羅馬人亦然，繼之，北歐民族最初是那維亞人，其後是荷蘭人、英國人，也以桶類貯運液體，最有趣的是，英國早年所實施的船舶丈量制度，竟以一船能載運酒類之樽或桶數為標準。

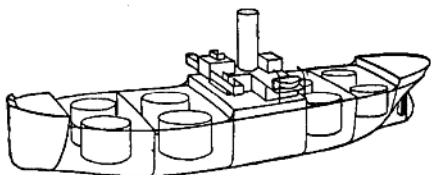
直到十九世紀末葉，礦油在世界貿易中，地位日益重要，內燃機之發明與進展，對萌芽期中的石油工業，刺激頗大，二十世紀初，原油衍生物已被廣泛應用於熱、光及動力之發生，由於需求的快速膨脹，產油區的遠離主要市場，運輸問題隨之發生。一八六一年後，數十年間，油類尚能以傳統的桶裝方式，裝船運輸，亦如其他雜貨一般處理，但不久之後，油業日趨繁榮，乃不得不面對新的運輸問題，力謀改進。

遵循新途徑的第一步驟，為一八八六年所建造的蒸汽機船，格魯克額菲號 (Gluckauf)，其構想與設計，均以載運油貨為目的，船體本身即為油貨的容器，在本質上，船殼相當於一個巨大且有分隔的油桶，不像從前在一個箱中裝上許多小木桶。機器間設於船尾，以使油艙在船上範圍，完整連續，火險亦減至最低限度，軸道 (shaft tunnel) 也毋需通過後部油艙，事實上，格魯克額菲號便是一個活動的油槽，也就是今日商船隊的主要支柱油輪的先驅，其擴張之大，成長之速，即自此始。

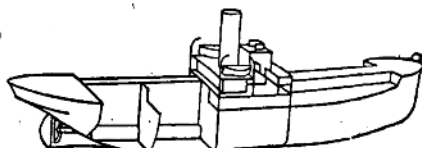


"Gluckauf" 油輪下水於1886年，2,307噸，為當時之標準型油輪。

格魯克額菲號所表現的具體革命觀念，由於船東們的保守，及造價之昂，並未能立即付諸實施。早年海上油運，在第一次世界大戰後的短時期中，許多乾貨船紛紛改裝為運油船，在貨艙中建造若干大圓筒形的油槽，或以內艙壁 (internal bulkhead) 分割而成若干貯油艙位。然而這些船隻的機器間，仍然固定設於船中，此種改裝方式頗不適當。船舶之設有圓形油槽者，不論多寡，因油槽之漏裂，油液勢必流入中甲板 (tween decks) 及低層艙中 (lower holds)。船舶之以隔艙壁固定分割者，軸道勢必穿過後部油艙，故必須使之完全油密。



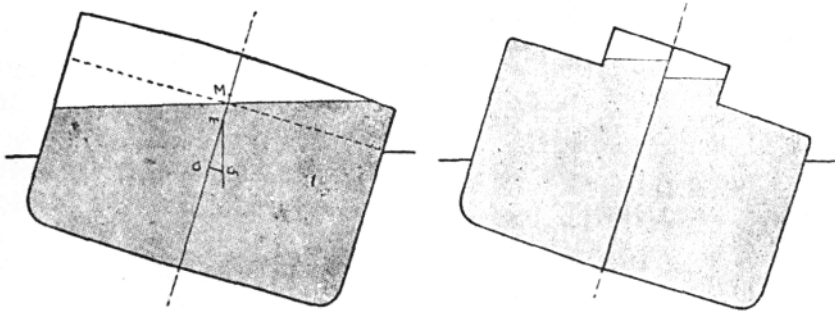
左圖 將船舶改裝為裝運油貨之早期船隻；想像型式，為單層甲板船 (single-deck ship)，艙內裝設數座圓筒型油槽 (cylindrical tanks) 浪費許多空間。



右圖 大戰後較新的改裝型式；為簡單的單層甲板佈置 (simple trunk deck arrangement)。圖中後部開口處表示軸道 (地軸弄) (shaft tunnel) 和膨脹圍壁之佈置 (expansion trunk arrangement)。

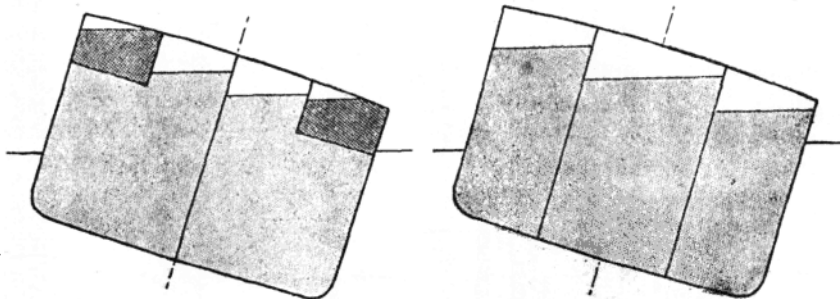
第一次世界大戰前三十年，當德美石油公司 (German-American Petroleum Company) 建造格魯克額非號的阿姆斯屈隆、米契爾公司 (Armstrong Mitchell & Company)，其屬下的建設師們，的確是一批遠識之士，他們才真正闡明了油輪應走的途徑，由於戰後油業旋風式的擴張，正統油輪開始發展，而這種發展趨勢，亦由新興的油業公司促成。當時在英、美兩國，該等油業機構，曾經合併成為幾家規模龐大的公司，現在，這些公司，均建立了自己的油輪船隊，油運不再由普通貨船及租用之不定期航線船隻承攬，一變而成各大油業公司重要部份。

散裝液體船隻的最大危險之一，是液體的流動影響了她的穩度 (stability)，艙槽中液體湧湧起伏的「自由表面」(free surface)，足以減低船舶的定傾高度 (metacentric height)，使其穩定失却平衡，當格魯克額非號設計之初，對該項危險，已予重視，建設師們在她的每一艙槽中心線上，都裝上一層縱艙壁 (longitudinal bulkhead)。在穀類運輸船上，亦有相同的裝置中心線防移艙壁，形成一種平行效應，以防止穀類在貨艙中移動。該項裝置亦為戰後的油輪所採用，不過油輪已增加了艙槽的數目，縮小了每一艙槽的容量。早期油輪艙位之劃分，較之乾貨船為多，其主要理由，即為減少液體的自由表面，如果液體表面像鐘擺般的起伏不定，在海程中，經過幾次翻騰之後，可能造成船舶傾覆的危險。



左圖 個別油艙 (individuated tank) 之自由表面影響 (Free surface effect)。液體向油艙低處流動，改變原有重心位置，而產生虛重心 (virtual C of G) 在 “m”，此顯然的減短原有之定傾高度 (metacentric height) GM。

右圖 減低自由表面之較早方法，油貨裝在俱有膨脹圍壁 (expansion trunk) 之中線艙壁 (centreline bulkhead)，現今許多沿岸航行之油輪 (coastal tankers) 採用此方式建造。



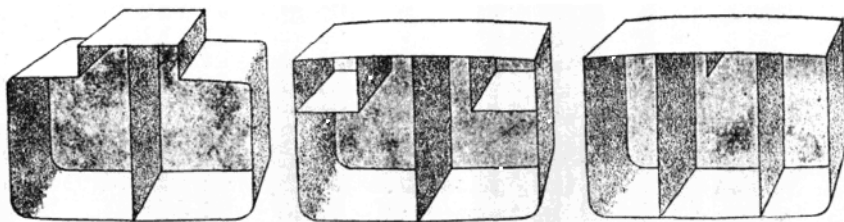
左圖 1920年左右的另外一種方法；在中線艙壁左右舷上方外邊造有夏季油艙 (summer tanks)。圖中夏季油艙裝有油貨。本佈置 (arrangement) 能有效的減低自由表面。

右圖 1930年左右改良的新式雙縱艙壁 (twin longitudinal bulkhead) 方式。本方式可使油貨操作機器 (cargo handling machinery) 和裝備俱有複合和彈性佈置 (complex and flexible arrangement) 使船體更加堅固。現今巨大船隻建有三個或三個以上之縱艙壁 (其中有些只有制水板 (washplates))。

船舶減少油液自由表面而更進一步的設計，係沿主艙頂中央，裝置一「膨脹圍壁」(expansion trunk)，如艙槽中油位够高時，則其表面面積將更為減低。早年的圍壁甲板汽船，即為典型的設計，甚至今天若干小型沿海航行油輪，仍以此法建造。膨脹圍壁的設計，有兩重目的，亦如其名稱所示，它的額外空間，足以包容油液因溫度升高而膨脹的較大容積。

一九二〇年代早期，海軍建設師們從事於一種新式但仍非正統的船型設計，發明一種將膨脹圍壁納入露天甲板之下的方法，以代替艙槽上的艙壁；其法是在主艙頂部舷角間，建造兩個「邊袋」(side packets)，結果亦能減少油液的自由表面，該等邊袋即是所謂的「夏季油櫃」(summer tanks)。從此，當船舶裝載至夏季吃水時，夏季艙亦可用以貯存油貨，或因環境之要求，滿載吃水，不能太深時，亦可將之空出。現在，油輪機器間已固定設於船尾，其理由已在格魯克額非號例證中表明。由於主要重量集中船尾，船舶在輕載或壓艙情況下，足以調節水呎，使其尾部吃水較深 (by the stern)，對船舶之抵埠卸油及海上操縱，頗多便利；同時因為鍋爐不再設於艙槽範圍之間，而在艙槽之後，並以環艙 (cofferdam) 分開，亦足以減少火災之危險。

該項設計與改進，一直順利進行，直至一九三〇年代中期，才為油輪另一次革命性的發展所取代。夏季油櫃被延伸至船舶全深，除去中線艙壁，主甲板縱樑，亦自艙頂向下延伸數呎，故同時具有制水板 (wash plate) 的作用，更進一步地減少了自由表面。事實上，單純的中線艙壁，已為兩縱長艙壁所取代，同時，船舶的左右舷主艙及位於其上的夏季油櫃，此時亦為若干中艙及左右邊艙所取代，自由表面益呈顯著減少，尤有進者，新設計在船體結構及裝置輔助設備方面，增加了更多的餘地，如油貨管路 (cargo pipe-lines)，泵油機器 (pumping machinery) 及排氣系統 (gas-venting systems) 等。然而許多現代化的大型油輪，又裝置了中線艙壁，惟仍加設其他縱長艙壁。雖然在某些情況下，該等中線艙壁，並不比制水板更能增加船舶強度，但亦未將中艙完全隔開，成為兩獨立部份。



左圖 俱有中線艙壁之圍堰甲板船 (trunk-deck vessel)，沿岸航行油輪 (coastal tankers) 普遍採用之。

中國 中線艙壁將船隔成左右兩主油艙 (main tanks)。夏季油櫃通常伸越主油艙長度。平常稱左右舷各有10個主油艙，其內含有左右舷各5個油艙。這種佈置，現今已不使用。

右圖 目前中型遠洋油輪普遍採用之佈置。圖示主甲板縱樑 (main deck girder) 裝設於船中線，油貨裝滿時俱有制水板 (wash plate) 功能。大型油輪制水板造於艙底，或設於油密艙壁 (oil tight bulkhead) 上。

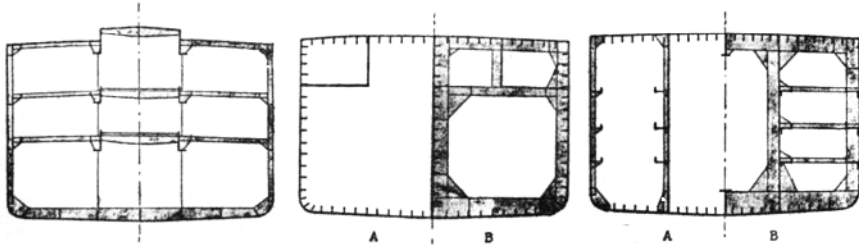
開始之初，油輪結構之進步，緊隨其設計發展之後；但當若瑟伊塞伍德先生 (Sir Joseph Isherwood) 設計出一種縱長肋材系統 (system of longitudinal framing) 之後，才在造船界中發生巨大衝激力量，張力與應力 (stress and strain) 成為船舶設計上一項重要問題，同時，或因船舶航行海上，或由重量特殊配置，作用於船體上的彎曲張力 (bending stresses) 也極受注視，船體頗似一支縱樑，伊塞伍德氏深信，加強任何縱樑柱的最佳方法，莫過於儘可能地予以支撐，最初，許多船舶及小艇，均以錯板圍繞其肋材建造而成，亦如動物之肋骨然，橫向肋材架設於中央龍骨之上，在各肋材頂端，以橫樑連接，其旁以縱材及肋材板或船板支撐。

至若縱長肋材系統，亦如其名稱所示，與船體同長，在最開闊處各一定距離內，以堅強之橫向

1939/12

肋材支撐。該系統最初亦曾向各型船舶之建造方面推廣，但對乾貨船而言，由於結構上的特殊佈置，形成了空間上的浪費，然而對油輪來說，則非常理想，因為在艙槽中的液體貨，可使每一角落充塞，不致有穢貨空際 (broken stowage) 的事情發生。油輪由於其長而連續的裝貨空間，往往較艙位規則的貨船，更易受彎曲張力的影響，故特別容許大型油輪，按縱長肋材系統建造，以迄於今。油輪因無內層底之需要，故已予省略，雖然因此而減少了她的強度，但由於前後間艙壁之設置，及肋材之重新安排，已獲得充分的補償。

其後，混合肋材系統 (composite system of framing) 遂漸流行，但仍僅限於多數中小型船舶使用，該系統包括縱長肋材，沿船底縱樑 (girders along the ships bottom) 及露天甲板下縱樑，並有垂直側肋骨 (vertical side-framing)，而以斷續側縱材 (intercostal side-stringers) 加強之，在船殼前後兩端，垂直肋材使用更多，其整個佈置，的確使船舶結構，更為堅強。現代化的大型油輪，一般均依照伊塞伍德氏之改良方式建造，水平肋材與艙槽同長，(有時超過艙槽長度) 兩端則用垂直肋材。



左圖 貨船中甲板 (tween deck)，最下甲板 (orlop deck) 及下艙 (lower hold) 貨艙口之肋骨佈置 (framing arrangement) 剖面圖。主肋骨在艙口緣圍 (hatch coaming) 兩邊及舢板與舷緣板 (margin plate) 板間之斷續材側內龍骨 (intercostal side keelsons) 之間以縱樑橫越之。

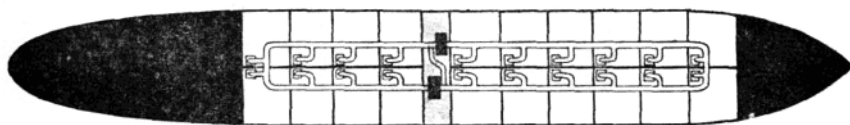
中圖 伊塞伍德結構法 (Isherwood system) 之縱向肋骨形式 (framing)。A 半面表示縱向肋骨在船殼之編排。B 半面表示重橫向肋骨形式 (heavy transverse framing)，約每隔15呎支撐艙壁向結構材。圖內亦表明夏季油櫃。新式大型船隻採用本結構法，但有兩個或兩個以上之縱向艙壁，而無夏季油櫃。

右圖 俱有較佳性能之混合肋骨結構法 (composite system of framing)。縱向肋骨沿船底和甲板下建造。A 半面表示普通垂直肋骨 (vertical frames)。支架 (struts) 和橫向桁 (transverse girders) 之重肋骨結構法 (heavy framing)，在 B 半面每第4肋骨間。

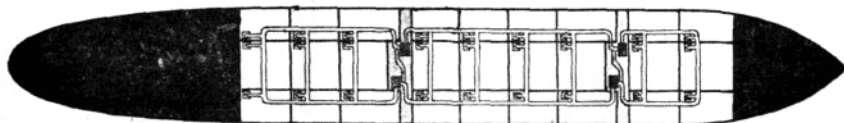
戰時情況，使造船之知識與實施，再度加速進展，一九三九年到一九四五年間，發生了極大的變革，銲接之使用，極為普遍，尤以美國船塢為然，最初，根據許多較為保守的學理，對於大型越洋船隻之船體，使用銲接方法，不無存疑，同時也必須承認，其結果亦非經常令人滿意。由於對銲接結構上所存在的張力，所知甚少，學理應用之不够完整，以致在健全的銲接技術發展完成之前，若干船隻遭到了破裂斷折的厄運。最近，船舶在結構上大部份均用銲接，但在緊要之處，仍然使用鉚接，如舷側厚板 (sheer strake) 及彎曲部厚板 (bilge strake) 等是。任何破裂傾向均將因鉚釘接縫而大為減少，鉚接之處，能使裂縫到此止步，不再擴張。

在此數年間，對於油貨裝卸方式，亦極為關注，同時管路系統及泵油裝置，也大有進展，變得更為複雜，惟更切實用。早期改裝船舶，油貨泵均設於機器間中，簡單的環路 (ring or loop) 通過左右舷主艙，並在前後兩端艙槽處相連，夏季油櫃之裝設，係自其下主艙壓入 (pressing up)，卸油時則打開落下閥 (drop value)，使其油液，流入已卸清之主艙。傳統式設計之早期油輪，其佈置與此亦十分相似，但機器間並不位於船中，分艙槽區為兩部，但泵間則設於艙區之內，有時，在油艙範圍內，裝設兩個泵間，形成兩個截面或堰艙 (cofferdams)，當裝載一種以上油貨時，該等泵間，即被作為分隔點之用。在油艙範圍之前後兩端，亦設有真正堰艙，以為火災之防範阻隔，

及減少油貨為外源污染之虞。



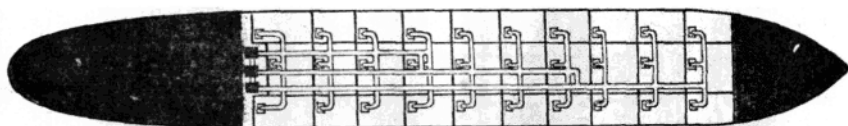
俱有10個油艙和在第6、7油艙間有一泵間之中線艙壁船 (centrefline bulkhead ship), 由二座泵操縱簡單之“環繞”管路 (“loop” line)



俱有雙泵間之雙艙壁船 (twin bulkhead ship) 的總環 (ring main)。由此圖可看出從左舷經中艙到右舷的橫跨管路 (crossover lines), 在泵間內亦有類似橫跨管路, 必要時可用閘門關閉或隔離這些橫跨管路。一萬九千到二萬噸重噸之精油船 (product carriers) 普遍採用此佈置。

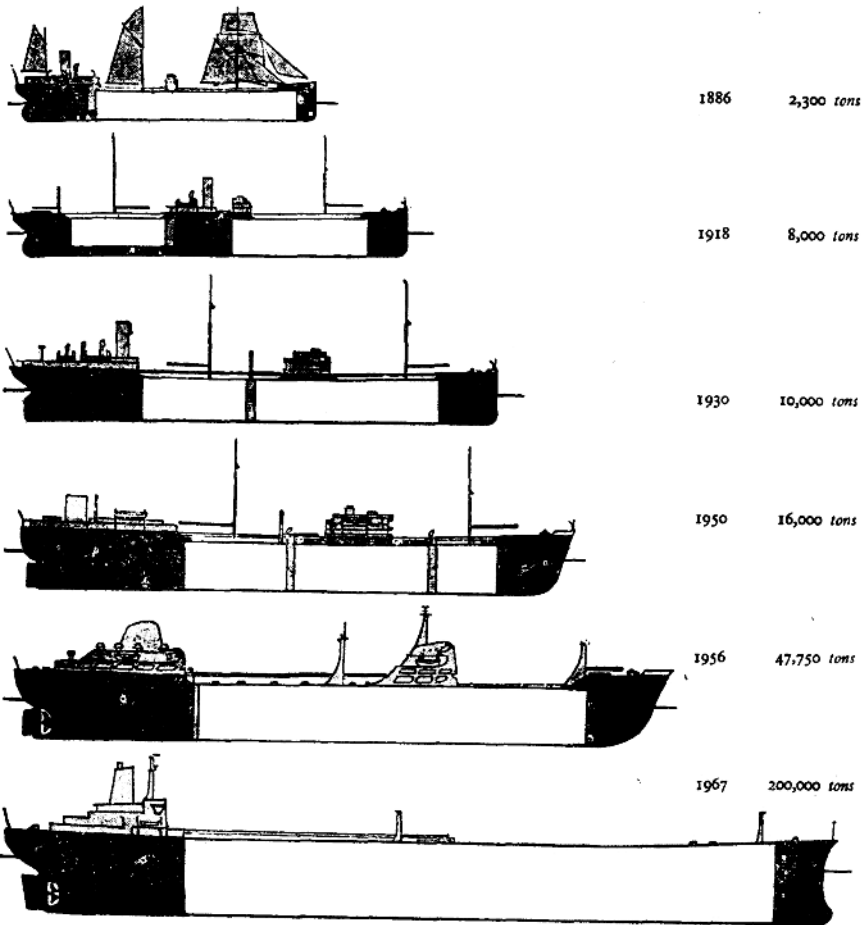
然而, 泵間並非一直設於艙區之內, 由於設計之改良, 有時則於貨艙之後, 緊接機器間之前, 因此, 對油貨管路的重新安排, 乃為自然之結果。該項佈置, 最初使用於美國船隻, 直接 (direct) 管路系統或分組排列 (block arrangement), 包括幾根沿中艙縱走的筆直管路, 每一縱管上均有若干支管, 橫跨左、右兩舷以供翼櫃 (wing tanks) 裝卸之用。今天我們可以看到, 這種設置, 對離心式泵 (centrifugal pump) 來說, 的確十分理想。早期油輪泵油機器, 一般均為簡單蒸汽操作之往復式泵 (reciprocating pump), 稍後, 混合垂直或水平二聯式 (complex vertical or horizontal duplex pump) 泵之使用漸多, 二次世界大戰發生前夕, 離心式及輪轉式 (rotary) 泵以透平機或電力操縱已大為普遍。離心式泵設置後, 對於連接直接管路系統非常實用, 每一主管路均各有其泵, 惟該泵必須有充分油位 (full head of oil), 才能有效操作, 沒有危險發生, 故不適用於抽除艙底殘存之油液。因此, 使用該種泵之船舶, 必須另設小型收艙泵 (stripping pump)——一般均為蒸汽操縱之往復式泵, 油櫃才能不依賴主泵而卸清。最近, 自動引導之離心式泵, 已堪供大量清卸及收艙之用, 許多船東對於收艙牽引機 (eductors), 亦樂於採用。

近年來, 在油輪設計方面, 最可驚的成就, 也許應該屬於已經過時的 T-2 型油輪, 二次大戰期中, 美國曾大批建造若干艘這一類型的船隻, 戰爭末期, T-2 型油輪彌補了西歐及美國油輪參耗的漏洞, 而獲復甦。尤有進者, T-2 型油輪與許多戰後新建油輪, 在商業競爭方面, 仍能屹立不倒, 繼續堅持了若干年, 經濟、有效、實用, 實為其主要因素。更令人驚異的, 是任何以往船舶的設計, 都沒有像 T-2 那麼成功, 在她的優美的傳統外型內, 具體表現了若干顯著的觀念, 這種觀念, 即使是最具效率的現代化油輪, 仍然普遍採用。離心式泵及直接管路系統之大量使用, 也以 T-2 為最早, 由於該型船舶所提供之經驗, 各種有關系統及適當之改進, 使晚近新建船舶, 取法良多, 獲益非淺。



俱有 10 個油艙和 30 個分別艙區 (separate compartments) 大油輪之直接管路系統 (direct pipeline system) 簡圖。泵間設於機艙前方, 主泵機器 (main pumping machinery) 包括有三座渦輪離心式泵 (turbine centrifugal pumps), 因為欲使本圖簡單扼要, 收艙管路及收艙泵 (stripping lines and stripping pumps) 未予列入。

另一種戰時設計，為油輪改建的商用航空母艦 (Mac 船)，但不像 T-2 那樣風行一時，已在承平時商場中絕跡。該型船舶係在二次世界大戰期中，出於海軍部的構想，以維護航運為目的，該型船舶之所以發展至與商用油輪相結合，的確是一件有趣的事情，“Mac” 船的飛行甲板尚不足五百呎長，但却在大西洋中從事緊急支援任務，並且解決了早先巡邏所不及的深洋盲點(blind spot)。該等船隻極似海軍航空母艦的小型複製品，每艘可載劍魚式飛機三架，唯其改裝及工作特性，並不限制載運燃料油貨。由於飛行甲板及其額外結構之重量，其油貨容積載重約被減少一千噸左右。但另一方面，她却與任何油輪一般，以同樣方式運用。戰後，Mac 船拆除了水平主甲板，改建為傳統式船舶，一九四五年，由政府發還其所屬公司，由於其缺少商業上的嚴格條件，故在世界油輪隊中，僅呈曇花一現而已。因為油業的繁榮，各大油業公司建造了好幾百萬噸新船。在戰時所學到的許多知識，足供現在建造大型船舶之用。戰前，一艘一萬兩千噸載重的船隻，已使船東們十分滿意，認為是最大經濟容積，戰後尚不到五年，一萬六千噸的船舶已十分普通，一萬八千噸船也準備下水，戰後，由美國率先增大船型，英國船東們也緊步後塵，訂購兩萬八千及三萬二千載重噸的巨型船舶，現在，二十萬噸以上的船舶，已有若干艘早經下水，幾艘三十萬噸的也已設計完成，同時，對五十萬噸及一百萬噸油輪的設計，亦經倡議。



所謂超級 (Super) 油輪，其航路將受限制，理由是牠們的滿載吃水太深，從東地中海、中東、西印度羣島、墨西哥灣，及其他產油地區，到世界五大洲各煉油港，祇有少數幾個有足夠水深的口岸，才能容納進門，從事幾乎獨佔性的原油貿易。對日常載運的原油煉製品而言，一萬兩千到兩萬五千噸的船舶，顯然十分適合，故此一船級，不僅是現在，即使是將來，仍將繼續存在，構成世界油輪噸位的主要部份。

若干年來，推進機器的進步，如果不稍予一提，則這一章油輪發展簡史，仍嫌不够完整。在早年，往復蒸汽機為唯一可利用的典型動力，查禮·巴森氏 (Charles Parson) 渦輪機尚在試驗階段，有待於船東們的接受與認可。格魯克額非號所裝置的是一部三重膨脹式蒸汽機，並另設三支張帆的桅桿。一艘現代化油輪的船東，可能正在大發奇想，如何利用一塊防火布來覆蓋油櫃甲板的頂部。然而，慣以燒煤的蘇格蘭鍋爐 (Scotch boilers) 供應蒸汽的「三桿往復運動機 (three legged up-and-down job)」，一直為麥克安德羅 (McAndrew) 氏的繼承者們所偏愛，直到第一次世界大戰之後，仍然傲視一時。自蒸汽渦輪機 (steam turbine engine) 使用於皇家海軍及較大且快的商船，其優點被發現之後，燃油鍋爐逐漸取代了老式鍋爐的地位。今天，巨大而快速船舶所使用的典型動力，莫過於柴油機 (diesel) 了，不論是北歐、日本，或英國的船東們，都在六萬噸以上的船舶上，裝上了這一類型的巨大機器。

一九二〇年代後期，油機使用於船舶，已有長足的發展，對油輪及慢速貨船而言，似乎是一種理想的動力，雖然它的裝置費用較昂，且亦較同等動力的蒸汽機為重，但却更具效能，更為經濟。最早船用柴油機，並不像它所取代的蒸汽機那樣值得信賴，在其成長過程中，所遭遇的困難重重，一直延續了數年之久。但並不因為它們早期之微疵，而驟予廢棄，幾年之後，油機逐漸成為低動力船舶最有效的推進型式。油輪不似客船或定期貨船有日程表的限制，故無需保留若干動力，或有較高的平均速度，自屬低動力船舶。而慢速船隻，似乎更合經濟原則，一個船東，如果能掌握多數慢船，往往較少數快船更為有利可圖。於此可見，船用油機之廣泛為世界油輪隊所採用，其理至明。用於英國所造船舶的油機型式，最普通的有道克斯福德 (Doxford)，巴密斯特 (Burmeister) 及維英 (Wain) 等型。前述大型船舶，其所需動力，自亦較大，蘇斯爾 (Sulzer) 機最早邁入一萬六千到兩萬匹馬力的領域。

內燃機油輪所使用的輔機 (auxiliary machinery)，幾乎均為蒸汽操作，其蒸汽之來源，通常均由蘇格蘭火管 (fire-tube) 鍋爐供應。近年來，從主機逸出的油汽，再經收集用於鍋爐，與在爐中燃油具有相同的發熱效果。早期船舶鍋爐間係位於機器間的前端，今天大部份均已改設於機器間之後，因此，船舶的外型亦稍有改變，使煙囪更為向後，有些則極為接近船尾。如果認為內燃機足以排斥一切其他型式推進機器，亦屬錯誤觀念。如前所述，美國 T-2 型油輪，其所設置者為電動渦輪機 (turbo-electric drive)，該型動力，在戰前使用於若干大型定期客船，極為成功，但被用於油輪方面，尚以 T-2 之設計始。戰後數年，蒸汽渦輪機 (steam turbines) 逐漸流行，其動力之發生，係由高壓水管鍋爐 (high-pressure water-tube boilers) 供應蒸汽，以推動主馬達，該型鍋爐以八千匹馬力以上者，最為實用。英國建造之超級油輪，其所使用之蒸汽渦輪機，大部份均由巴森船用渦輪機研究發展協會 (Parsons and Marine Engineering Turbine Research and Development Association, 略書為 Pametrada) 所設計，但在同一時間，許多超級油輪，仍然使用一萬四千匹馬力左右的內燃機。

數年之前，殼殼油輪公司 (Shell tankers Ltd) 努力倡導並廣泛試驗氣體渦輪機 (gas turbines)，惟此一工作，目前已經中止。報章上所習見的核子推進系統，但欲達到廣大的商業要求，似乎還需一段相當長的時間。

油輪附屬設備所受到的重視，並不下於其結構設計及推進器方面，早期貨艙油氣排洩裝置，構造非常簡單，係以一小口徑管自艙頂導油氣進入一較大口徑之管路，引導至桅頂排出，祇要打開艙

頂管路上的一個普通閥門，該排氣系統即完全與大氣相通，而何時需要排氣，則全憑人的判斷。其後，在駕駛台上裝一“U”形指示器，當其染色液體指示出任何油輪有壓力存在時，即打開導向桅頂主排氣管上的閥門，以使油氣逸入大氣之中。最近，由於自動壓力——真空閥(automatic pressure-vacuum valves)之設計與使用，壓力平衡問題，才算有效解決。油輪貨艙之清洗及油氣之排除，對於船舶之成功使用，自屬主要要求之一，甚至在二次大戰之後，許多油輪，仍以手持皮龍洗艙，及在洗艙後，用蒸汽注入封閉貨艙，以排除油氣。但由於科學及工程方面之進步，逐漸改變了此一系統，自動洗艙機(automatic tank washing machinery)可靠性之高，使很多新式船舶，都裝設了這種機械洗艙設備。

進入船舶的貨艙及油櫃，一般均感困難，但油輪所發出的問題與貨船不同，油貨並不直接經由油輪艙口裝卸，故其艙口甚小，唯其如此，才能使其艙口封閉較之貨船大口艙更為有效。若干年來，對於艙口蓋的設計，已有很大的進展，現在，祇有在老船上，才能見到舊式的直角艙口蓋，該種艙蓋，必須使用蠻力才能拉開，而新式油輪所使用的艙蓋，則完全以螺絲閉。

甲板機具亦在進展之中，自動張力調節絞車(self-tensioning winch)可以自動鬆緊鋼纜，自動捲筒(self-stowing reels)可以自動收緊纜繩，使人造纖維不致扭結，當其與絞盤或錨機連接後，可使艱苦的收攏工作，變得十分輕鬆，一般僅需幾個水手，即可勝任。桅桿對油輪之用途甚少，現已全部取消。最近趨勢，對凡無使用功能，徒以裝璜為目的之屬具，均予摒棄。排氣管沿加強柱或簡桅(stump mast)之內部或外緣導出，以代替以往的柱桅，航行燈則裝設於其小頂蓋中，在駕駛台之後，樹立一簡單信號桅，用以裝置無線電天線、燈、旗號桿及雷達天線等。

老一輩的船員們，也許會發現使船舶美觀的舷弧線(sheer lines)，已在現代油輪上完全消失，而感驚訝不已，今天的大型油輪，在露天甲板中心線上，很少按標準舷弧建造，如此不僅使結構簡化，而且可使吃水深的船舶，有較高之乾舷(freeboard)。現代化的超級油輪，大部份均很平坦，祇有船艙建築成曲線式突起。但無論如何，油輪總是十分雅緻的船舶，特別是在滿載情況下，外型尤為美觀，低、美、比例均勻的設計及船尾的煙囪，不再像早期揚帆汽船那樣怪僻醜陋。甚至駕駛台設於船尾的新式油輪，亦自有其特殊優雅動人之處。

船東們在科學與工程研究發展領域中，所收穫的利益，並不比造船工業為少；救生設備，防火裝置，甲板機具，舵機航行設備，無線電，電儀導航設備，食品貯藏，烹飪設備，起居房間，及娛樂安排等，近年來均突飛猛進，然皆以油輪公司為其先驅。油輪經濟壽命，一般估計在十六年到二十年之間，往往較乾貨船或客船為短，故必須快速更新，因此，大公司在油輪的汰舊換新方面，顯得十分規律。由於新船的大批出現，為各種新嘗試，新方法、新觀念(切實可行的)，及現有設備之改進方面，提供了最好的契機。現代油輪，除了在性能上十分優異之外，同時也是建造完美、外貌怡人的船舶。

在油輪發展史中，頗有一些傳奇性質，最初是一批目光遠大的人憑其想像，希望設計出一種特殊船型，以配合獨特而快速擴張的貿易，開始時成長頗慢，但商業競爭及戰事影響，鼓舞激勵了科學的發展。二十世紀，由於貿易及戰爭，為油輪創造了全速發展的必要條件，就是世界需要油。直到十九世紀末，世界對油類的消耗仍然很少，工業革命帶來了最初的需求，其後即日形增長，以至於進入二十世紀中葉，成為無窮無盡的渴望。從實驗室，設計間，及船塢中，鋼鐵釘鑄之聲，響徹雲霄。由於冶金家及化學家們的絞盡腦汁，工程師及設計師們的竭精思慮，油輪得以不斷成長茁壯。自從矚小的格魯克額非號滑入黯淡的太因(Tyne)水域之後，若干年來，一直有許多個人，許多國家，為油輪之發展而盡力，這也許是油業擴張史上的一小段插曲，然而它的傳奇色彩，却一直綿綿不斷，縱橫交織於二十世紀之中。

第二章 現代化油輪

The Modern Tanker

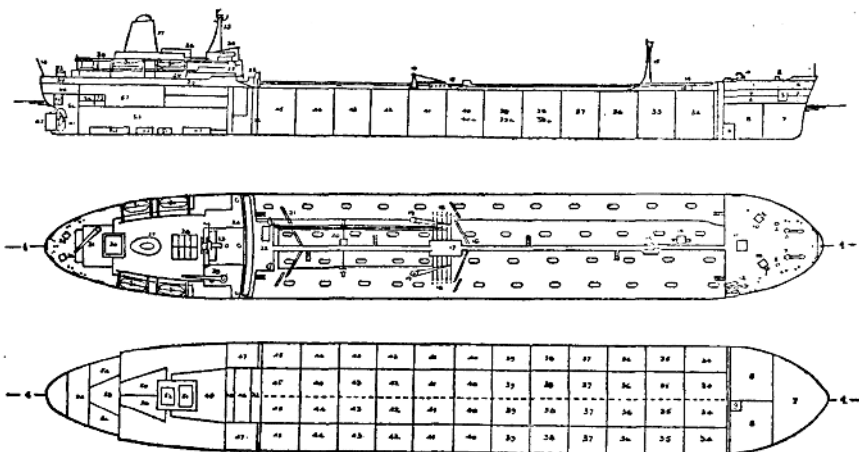
油輪自從簡單的設計開始之後，即繼續成長，直至成為當代高度發展，最具效率的船型之一，其噸位已經超過世界商船總噸位的五分之一。油輪由於其特性的不同，適應液體設計之各異，又可以細分為若干種級，總之，不論其建造目的如何，越洋油輪中，最常見者，莫過於三島式(three-island)，該型船舶有高耸的艏(forecastle)艙(centercastle)艙(poop)艙。新建兩島式(two-island)者，大有後來居上之勢，該型船舶無船中房間，駕駛台合併於艙艙建築之內。油輪的內部可能各不相同，泵油機器及管路系統，可能為配合特種液體而安排，推進機器可能為內燃機，蒸汽渦輪機，或電動渦輪機。熱艙(cargo heating)及洗艙設備，可能有或無。但不論其所載運的液體為何，在外貌上，油輪總是一個一目瞭然，十分明顯的型式。

主甲板上建築物的功用，可以供應確當的預備浮力，保持良好的耐航性能，及增加結構的強度，已於第一章中說明，並將於油輪裝載章中，繼續討論。油輪運用時發生於船體上的張力應力問題，及如何增加船體強度，使其最具適應能力。在討論船體結構之前，讓我們先研究一下傳統油輪的圖形，本圖，取材於戰後最普通的油輪之一，圖下附有註釋，該輪淨重五萬兩千噸，長七百六十呎，寬九十七呎，深五十四呎，其夏季滿載吃水在四十一呎以上，由一萬七千匹軸馬力(S. H. P.)之蒸汽渦輪機所推動，海上航速為十六節。

從圖中可以看出，該輪建有雙重縱長艙壁，及一中心線制水板，在其艙區內，共分十二個艙位，包括三十二個艙區(compartments)（中艙為制水板劃分為二，在計算其大小時，可以兩獨立之艙區計之）。其中有六個邊艙，專供壓艙之用，另有其專用管路及泵系統。艙區之後端，有一泵間，裝設三部渦輪機操縱之離心式泵(turbine driven centrifugal pump)專供大量清艙之用，兩部蒸汽往復式收艙泵(steam reciprocating stripping pump)，一部離心式壓艙水泵(centrifugal ballast pump)及一小型往復式污水泵(reciprocating bilge pump)。至管路系統已於前章中說明，以後並將敘述其艙內排列情形。本圖為中型原油船中最流行的設計方式，但並非所有油輪的典範，在最新式的油輪中，裝油部份再經縱向細分，結果祇有少數幾個艙位之容積較大。在大型原油船上，油貨操作之自由流動(free flow)系統十分暢行，於艙壁之上裝設特大的滑動閘口閥(sliding sluice valve)，故其管路系統，祇有十吋的收艙環路(stripping ring lines)。船舶之從事特種貿易者，其佈置亦各不相同，為外籍船東建造之油輪，其內部陳設，可能亦各有差異，但一般均屬細節上的變化，其設計及結構上的基本原理，則與一般油輪完全一致。不論是一萬噸或二十五萬噸載重之油輪，儘管有末節之分，但其型式原理並無兩途。

油輪傳統的結構方式，扁平龍骨(flat plate keel)自兩端摺疊，前如鞋狀，後呈弧形，艙材(stem bar)及單片艙肋(stern frame)分別插入該兩摺疊板中，英國中小型船舶，最普通的肋材型式，為混合式或伊塞伍德之改良系統，包括若干沿船底及加強甲板(strength deck)下的縱向縱樑(longitudinal girders)，在其兩邊及末梢之處，以垂直肋材(vertical framing)支撐，已略述之如前，並將於船體截面透視圖中，作更詳盡的說明。當龍骨板安放之後，艙材及艙肋可同時裝置，其次，在原則上，橫向組成材料最先安妥。如船舶為雙重艙壁型(twin-bulkhead type)者，則在龍骨板之上，附嵌一等長之垂直板以加強之，並在垂直板之頂部，另加一橫長板，因此，整個龍骨系，成為一「H」形截面之縱樑，其堅強的脊背，成為其他結構的基礎。

油 輪 實 務

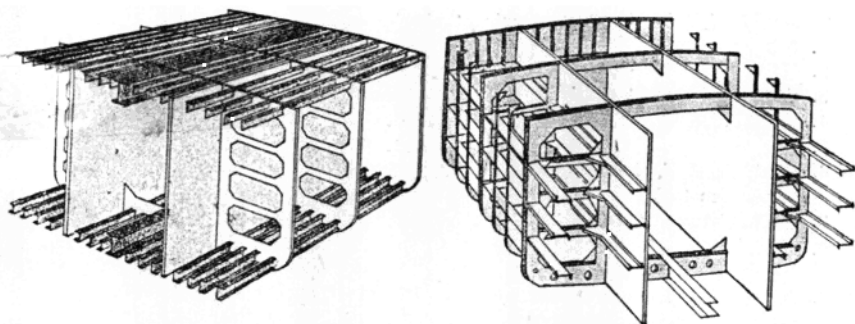


1. 艦旗桿 (jackstaff)
2. 纜索絞盤, 起錨機 (warping capstans and cable lifters)
3. 錨鍊箱 (chain locker)
4. 錨鏈空間 (forecastle space)
5. 前尖艙司多間 (forepeak storerooms)
6. 乾貨中甲板 (cargo 'tweendecks)
7. 前尖艙 (壓艙艙) (forepeak (water ballast))
8. 艙深艙 (燃油艙) (fore deep (oil bunkers))
9. 輸送泵間 (transfer pumproom)
10. 錨纜張力絞車 (tension winch, fow'sthead)
11. 中甲板入口 (access to 'tweendeck)
12. 備用錨端 (space bower anchor)
13. 前堰艙 (cofferdam)
14. 前甲板張力絞車
15. 前桅
16. 前擋浪板 (breakwater)
17. 歧管臺 (manifold platform)
18. 管路歧管 (pipeline manifold)
19. 起重力5噸之油管起重機 (pipeline cranes)
20. 延伸心軸 (extended spindle) 纜索絞車
21. 後擋浪板
22. 主油貨泵間 (main cargo pumproom)
23. 信號桅桿裝設天線及雷達掃描器 (signal mast with aerial array and radar scanners)
24. 駕駛臺
25. 船長及高級船員起居設備 (住艙) (accommodation)
26. 機艙天窗 (skylight)
27. 煙囪外套 (funnel casing)
28. 中級船員 (petty officer) 起居設備, 廚房 (galley) 及船員餐廳 (crew mess-room)
29. 船員起居設備
30. 游泳池
31. 救生艇
32. 錨纜 (poop) 張力絞車
33. 艦旗桿 (ensign staff)
34. 第1油貨艙; 左舷, 中, 右舷 (No. 1 cargo tank; port, centre, starboard)
35. 第2油貨艙; 左舷, 中, 右舷 (No. 2 cargo tank; port, centre, starboard)
36. 第3油貨艙; 左舷, 中, 右舷
37. 第4油貨艙; 左舷, 中, 右舷
38. 第5油貨艙; 中艙 (No. 5 cargo tank; centre)
- 38a. 第5固定壓艙艙 (No. 5 permanent ballast tanks) 左舷, 右舷
39. 第6油貨艙; 中艙
- 39a. 第6固定壓艙艙; 左舷, 右舷
40. 第7油貨艙; 中艙
- 40a. 第7固定壓艙艙; 左舷, 右舷
41. 第8油貨艙; 左舷, 中, 右舷
42. 第9油貨艙; 左舷, 中, 右舷
43. 第10油貨艙; 左舷, 中, 右舷
44. 第11油貨艙; 左舷, 中, 右舷
45. 第12油貨艙; 左舷, 中, 右舷
46. 燃油澄清艙 (bunker settling tanks)
47. 側燃油艙 (side bunkers)
48. 機艙堰艙 (cofferdam)
49. 前二重底 (燃油) (forward double bottom (fuel oil))
50. 後二重底 (燃油)
51. 機艙爐水供應 (water feed)
52. 潤滑油 (lubricating oil)
53. 蒸餾水 (distilled water)
54. 日用淡水 (domestic fresh water)
56. 後尖艙 (壓艙水或淡水)
57. 鍋爐艙
58. 機艙
59. 纜索倉庫 (rope store)
60. 操舵裝置艙內甲板 (steering flat)
61. 推進器 (propeller)
62. 舵 (rudder)

銲接，因為有節省重量的特點，已被廣泛採用，但大型結構之銲接工作必須協同進行，今天，一艘銲接船的操作程序，已與早期方法略有不同。簡言之，銲接船係由中間開始，向上向外建造，因此，在船中部附近的艙壁、肋材、縱樑及部份外殼板幾近完全完工之時，而船首尾部份的骨架(skeletons)，可能尚未架設完成。在整個艙槽區內，每第四根肋材之間，裝一橫向底板(transverse floor)，與艏(bilge)相接，以加強副肋材(reverse frame)，該等肋材，一直向上延展，至上甲板的舷弧線(sheer line)。前後間艙壁及橫向油密艙壁架妥後，骨架開始定型。有中心線艙壁之船舶，其垂直板一直延展至龍骨，深縱向樑材沿艙底安置直接在夏季艙內艙壁之下。

再繼續裝置的是舷邊主肋材間的球角肋材(bulb-angle frames)該等肋材，與沿艙底及甲板下之前後縱樑相接。垂直肋材兩端，以一傳統式裝置之水密艙壁固定，以加強向前的抗拍樑(panting beams)和肋材。艏板(transom)及斜肋材(cant frames)用以負荷垂懸的船尾部份。大部份船殼外板，也是銲接的，但舷弧厚板及彎曲部厚板則例外，為了減少龜裂斷折之危險，可能沿底板加上幾重鉚釘，連接舷弧厚板及甲板縱材最流行的方法，是鉚接縱材角(stringer angle)。

在船體的兩個或三個平衡點上，各裝置一橫、縱樑及支柱體系，以聯繫整個肋架強度，該等部位已於圖中繪出。但為了明晰起見，樑膝(beam knees)肘(brackets)膜(webs)等接邊部份未予納入。上層水平甲板外板之甲板水平改變處，(在艏、舯、艉處)，其強度之聯繫，係從一甲板至他一甲板之外板逐漸尖斜以達成之，該逐漸尖斜之內圓角填料(filletts)形成沿主甲板兩側的舷牆(bulwarks)。船體中縱橫向艙壁，亦予加強，以確保其加強肋，其法係以加強肋(stiffener)支撐艙壁表面，在新式船上，有一特種形式最為常用，在新法中，艙壁之加強肋，不包括固定壓水艙(permanent ballast tanks)在內。

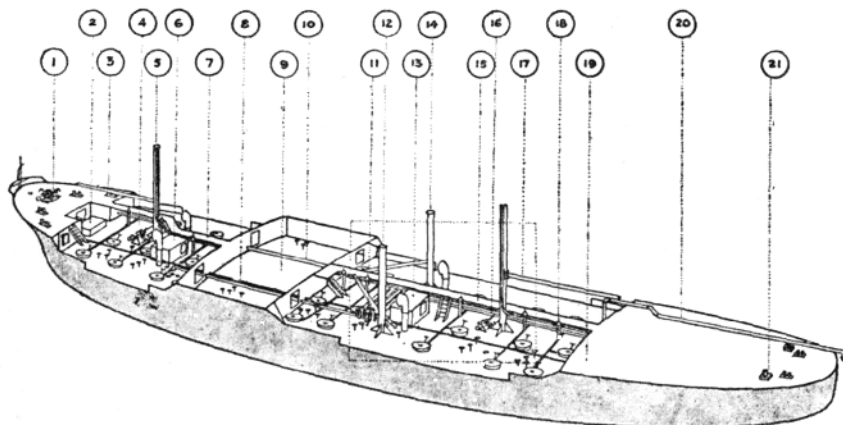


左圖 油輪船壳縱向強度構件(longitudinal strength members) (暗色者)配景圖

右圖 油輪船壳垂直側肋骨(vertical side framing)和主橫向構件(main transverse members) (暗色者)配景圖

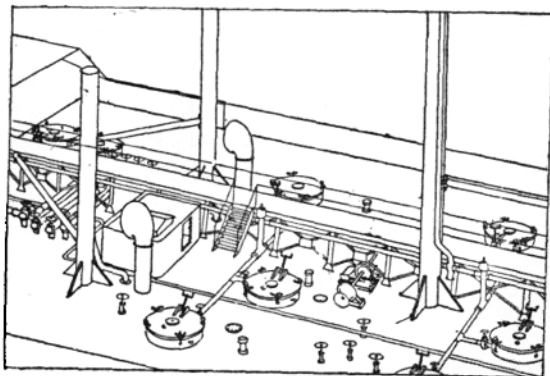
雖然在較舊船舶上，任何艙槽均可能作為壓水艙之用，但仍有若干艙位經常空出，船舶中何處適裝陰極保護器(cathodic protection)，完全由壓艙之型式而定，較新船舶一般均有若干與貨艙完全隔離之固定壓水艙，但在越洋空放時，後部幾個艙口，有時仍需加水壓艙，大型船隻，第四、五、六邊艙，均為固定壓水艙，如第10頁圖所示，在較小船舶上，如第12頁圖所示，大概以第二、四、六、八艙、或其他與本組相連之艙位，作為壓水艙之用，因此，祇有在第一、三、五、七、九艙的橫向艙壁表面，及在邊艙內之縱向艙壁表面，才有加強肋支撐，以如此方式裝設加強肋，可以減少鋼鐵結構之暴露面積，以免因海水壓艙而加速腐蝕，有些船上，其內艙壁成波紋狀(corrugated section)，如此，即無需再以加強肋支撐，同時亦可節省重量，但在組織上不無缺陷，蓋因波狀艙壁，易受船舶運用之影響，而呈疲勞現象，使其腐蝕快速，因之，往往一旦腐蝕發生，為了確保其油密，整片艙壁必須換新。

以上所述為傳統的造船方式，目前世界上許多船廠仍按此法施工，從上列說明中，不難發現，整個船體係由骨架與外殼構成，但在各部份連接技術方面，已有相當的改變。目前最普通的方法，是在造船席上一次安置龍骨及底板 (bottom plating)，在船廠的建造場中，很多船體結構，均大批分段製成，起重機之使用能力，其範圍均予固定，以配合各段之重量，保持穩定升揚，毋需臨時再加調整，較之老式方法，更為快速而理想。例如像愛倫達 (Arandal)，瑞典 (Sweden) 的造船廠，能在極為擁塞的條件下進行。同時，目前在日本，大型船舶往往都是在船塢中建造。



16,000噸重噸之精油船 (product-carrying tanker)

- | | |
|--|--|
| 1. 起錨機 | 11. 橫越甲板連結構件和門閥 (cross-deck connections and gate valves) |
| 2. 前艙口 | 12. 左加強柱 (samson post) 附裝吊桿 |
| 3. 前桅吊桿 (foremast derrick) | 13. 後油貨泵間頂 |
| 4. 纜索絞車 | 14. 右加強柱附裝吊桿 |
| 5. 前桅 | 15. 後天橋 |
| 6. 前油貨泵間頂 (forward cargo pumproom top) | 16. 纜索絞車 |
| 7. 前天橋 (forward flying bridge) | 17. 主桅吊桿 (derrick on main mast) |
| 8. 左舷越甲板 (overdeck) 裝載/清卸油貨管路和穿越前深艙與橫越燃油艙之燃油管路 | 18. 壓力/真空閥 (pressure vacuum valve), 第9艙之支蒸汽管由此接往桅桿 |
| 9. 中船樓空間 (centre-castle space) (舷側為司多間 (storerooms)) | 19. 艙樓甲板 (poop deck) |
| 10. 右舷越甲板 裝載/清卸油貨管路 | 20. 艙樓卸油貨管路 |
| | 21. 艙兩舷 (both sides poop) 繫泊絞盤 |



前圖虛線包含部份之詳細圖。圖示艙蓋 (tank lids)、閥、橫越甲板裝卸連結構件、泵間頂、通風筒 (ventilators)、吊桿、主桅、後天橋、蒸汽管、壓力/真空閥、燃油輸送管隙、呎孔塞 (ullage plugs)、觀測孔 (sighting ports)、白脫渥斯開口 (Butterworth openings) 和纜索絞車

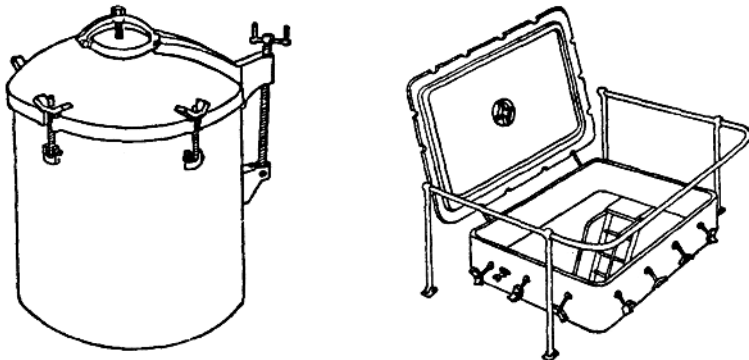
雖然，油輪體結構，如此廣泛複雜，但是她的外型，甲板設計，及上層建築，均足以明白顯示其特徵。正如一個人的品質，往往由於其工作特性而定型，因此，油輪的特徵，亦直接或間接由於其設計建造，適合油貨之性質而決定。液體貨係由管路而非由艙口裝載入艙，因此，油輪之艙口可以相對減小，艙口蓋亦易加強。

由於船體上的艙口孔隙能予強固封閉，故油輪之安全滿載吃水，較同樣大小的乾貨船為深，亦即其乾舷(freeboard)減少，露天甲板較近水面，所以油輪上浪，往往較乾舷大者為多，油輪艙口雖經封閉。但被海浪沖激的主甲板，必須能快速排水，應較貨艙經由舷牆板排水孔(freeing port)排水者尤速，因此，幾乎所有油輪，其露天甲板一半以上的暴露長度，均不設置舷牆，除在主甲板兩端，由逐漸尖斜之外板構成舷牆外，其剩餘長度，則以欄杆圍繞，以確保排水通暢。

油船由於乾舷減少，因而發生了從一部份到他一部份的交通問題。機器自應設於船尾，以減少火災，自然調節吃水，及避免軸道通過貨艙。艙樓空間，用以保護機器間及供水手寢息之用，在較老式船舶上，駕駛台之位置，略在船中之前(目前趨勢已將之改設於艙樓頂層)，故在駕駛台工作人員，其住所應在駕駛台附近，同時，為了船舶工作之開展，必須能順利通往船頭，因此，船頭、船中、船尾之間的交通，需暢行無阻，不致危害人員安全，故在經常為海浪沖擊的主甲板上，一般均架設天橋(flying bridge or cat walk)，但許多大型油輪，天橋已不存在，因為她的乾舷很高，甲板上浪之機會較少，尤有進者，由於所有人員均住船尾，通行問題已大為減少。

雖然，安全順利通往船舶各部，為天橋之主要目的，但却並非其唯一之用。在現代化的油輪中，該項建築兼供架甲板機器之主蒸汽、排氣(exhaust)管路、通往火焰室熄系統(fire smothering system)及艙底加熱管(heating coil)之輔蒸汽管路、甲板沖洗管路、日用水管路、壓縮空氣管路、(供空氣泵、噴漆機、敲銹機及甲板機器之用)機器間電話線之用，有時，汽笛拉索、舵機油管、電燈、電力線及導往桅桿或加強柱垂直排氣管之主油氣管，亦沿天橋架設。原始的圍艙甲板油輪，則無需在露天甲板之上，架設前後天橋，因為在其膨脹圍艙之頂部，即堪供交通之用。早期的離型油輪，亦設有簡易天橋，不過時至今日，已演進至較僅供安全步行之平台更為繁複，更多目標。

一艘典型的中型油輪，其甲板佈置，已如12頁圖所示，並將其中後甲板部份劃出，詳予描繪如12頁圖，圖中艙口蓋為最普通式者。從艙口導出之排氣管，接於沿天橋之六吋主管，然後導向桅頂。油貨管路之甲板接頭，後緊閉屋頂，左加強柱及主桅，該等桅柱，均以甲板為其臺基；當然，油



左圖 圓形艙蓋(domest tank lid)高度約為3呎，裝有蝸輪(worm-screw) 啓閉裝置(lifting gear)，艙蓋中央有觀測孔及隙呎孔(ullage port)。

右圖 舊式艙蓋，方形而無啓閉裝置。如圖所示，由14或16枚之翼螺帽(wing nuts)旋緊艙蓋，艙口緣圈(hatch coaming)高度只有1呎，因此艙口(hatch opening)必須用欄杆圍起。