

專 科 用 書

實用造船學

康 振 編 著

國立編譯館主編

國家科學委員會補助

大中國圖書公司印行

引 言

一、民國五十八年秋，國立編譯館囑編著造船學門書籍，爲工業、航業漁業有關之專科或高職等學校教學之用，因此本書謹遵照教育部專科學校課程標準草案，以實用爲主，淺近理論爲輔而編訂，故定名爲“實用造船學”。

二、書內所述爲建造商船之基本工程技術，不包括軍艦及特種船舶，內容簡明。全書計分十六章，前半部爲造船概念與結構之基本常識，後半部爲原理及應用之計算，可分兩學期，每學期二至三學分，於一年內授畢。尚祈採用本書教授，對內容方面如有意見，不吝指教爲禱。

三、書內各專有名詞，均依照國立編譯館編訂之造船工程名詞一書爲準，並附列英文原名詞於譯名之後，俾可對照應用。並爲配合國際間航業及漁業界之習慣，書內度量衡單位以英制爲主，公制爲輔。

四、本書編著期間，承本系助教馬遜先生、陳宗文先生、許進男先生協助編校、製圖，謹敬致謝忱。

海洋學院造船工程學系主任 康 振 謹識

實用造船學

目 錄

第一章 船舶種類.....	1
第一節 用途分類.....	1
第二節 建造材料及結構分類.....	4
第三節 推進動力及方法分類.....	7
第四節 學理及航行水域分類.....	9
第五節 型狀分類.....	10
第二章 船殼體形與主要尺度.....	19
第一節 基本定義.....	19
第二節 主要尺度.....	27
第三節 船殼體形與浸面.....	33
第四節 排水量與載重量.....	38
第三章 鉚接與焊接.....	41
第一節 鉚釘與鉚接.....	41
第二節 焊接.....	46
第三節 電焊應注意事項.....	54
第四節 電焊檢驗.....	59
第四章 船體結構.....	62
第一節 船體各構件.....	62
第二節 結構上的一致性與連續性.....	66
第三節 樑、肋骨及加強肋之截面型式.....	69

第四節 橫向肋骨之適當間距	72
第五節 雙重底	72
第六節 單底結構	76
第七節 殼板	78
第八節 甲板	82
第九節 橫向肋骨系統	84
第十節 縱向肋骨系統	87
第十一節 橫樑	89
第十二節 隔艙壁	91
第十三節 支柱、縱樑及艙口圍緣	98
第十四節 機艙天罩	110
第十五節 甲板艙房與船艙	114
第十六節 機座	116
第十七節 艙艙結構	122
第十八節 艙軸管	131
第十九節 艙龍骨及護板	134
第五章 乾舷與載重水線	138
第一節 總論	138
第二節 決定載重線之因素	139
第三節 國際載重線公約之規定	141
第六章 噸位丈量	166
第一節 噸位丈量之歷史與其演變	166
第二節 我國船舶丈量章程	168
第三節 蘇彝士及巴拿馬運河區噸位丈量	173
第四節 1969年國際噸位丈量章程	176
第七章 船具	184
第一節 通風及空氣調節	184

第二節 冷凍設備	190
第三節 繫船裝置	192
第四節 救生設備	208
第五節 管路系統	216
第六節 貨物裝卸設備	220
第七節 甲板之零星裝置	223
第八節 油漆及被覆材料	228
第九節 航海設備	230
第十節 通訊設備	232
第十一節 船用工具及屬具	234
第八章 船舶檢驗	234
第一節 船東在船舶建造過程中之檢驗	234
第二節 船級協會之檢驗	239
第九章 船舶計算	243
第一節 面積計算	243
第二節 半間距坐標與二分之一辛普生氏乘數之用法	250
第三節 體積計算	253
第四節 面積形心之求法	255
第五節 慣性運動量之計算	260
第六節 龐琴曲線及部份靜水曲線之計算	265
第十章 橫向穩度與縱向俯仰	270
第一節 基本原理	270
第二節 靜穩度	273
第三節 靜穩度曲線與穩度交叉曲線	277
第四節 傾斜試驗與自由液面之影響	279
第五節 船之動力穩度	283

第六節	縱向穩度	284
第七節	俯仰差	287
第八節	俯仰力矩	288
第九節	裝卸貨物與俯仰變化	291
第十節	俯仰對穩度之影響	298
第十一節	俯仰對排水量之影響	299
第十一章	艙區劃分	302
第一節	艙區劃分發展歷史之演進	302
第二節	浸水後對船隻之影響	304
第三節	名詞定義	307
第四節	艙區劃分之國際規則	310
第五節	浸水後俯仰水線之決定	313
第六節	浸水後之橫向穩度	316
第十二章	舵、舵機與操舵	320
第一節	舵	320
第二節	操舵	329
第三節	舵力與力矩	332
第四節	舵之轉向試驗	338
第五節	轉向時之傾斜	340
第六節	舵之位置——艏舵與艉舵	345
第七節	其他特殊構造之舵	346
第八節	舵機	347
第九節	舵機之控制裝置	354
第十三章	阻力及有效馬力	356
第一節	航行船隻所遇阻力之種類	356
第二節	摩擦阻力	357

第三節	渦流阻力	358
第四節	興波阻力	360
第五節	Froude 氏之比較定理	361
第六節	水之密度對船舶及模型之影響	362
第七節	有效馬力	363
第十四章	推進及推進器	368
第一節	馬力	368
第二節	推進效率	369
第三節	推進器	372
第十五章	船舶強度	376
第一節	構件之強度	376
第二節	船體強度	381
第十六章	下水	388
第一節	下水之定義及其方式	388
第二節	下水設備	391
第三節	下水計算	397
第四節	制阻裝置	405
第五節	船塢之種類及比較	408
習 題		414

實用造船學

第一章 船舶種類

船舶的分類方法不一，一般言之，可依其用途、建造所採材料及結構系統、推進動力及方法，根據學理、航行水域、與型態等種種因素分門別類，茲略述如下：

第一節 用途分類

船舶就其作用可分為：

- (一) 單一作用船 (Single Function Ship) 僅供一種用途，如油輪等。
- (二) 雙作用船 (Double Function Ship) 兼有兩種用途，如客貨輪等。

而船舶依用途類之，又可分為商船 (Commercial Ship)、軍艦 (Military Ship)、遊艇 (Pleasure Craft)、拖船 (Tug) 等，本書暫不包括軍艦，茲例舉一般性之商船如下：

1-1-1 載貨船 (Cargo Ships)

(一) 乾貨船 (Dry Cargo Ship)：裝載一般物品，而同時可裝載若干種類不同之貨物，多為橫向式結構，備有艙口多個及起重裝卸設備。其構造應以不致損毀貨物為原則。

(二) 油輪 (Tanker)：專為載運液體貨物之用，大多採縱向式 (Longitudinal Framing System) 結構，貨艙為單底，並設有縱向艙壁 (Longitudinal Bulkhead) 以防止未滿載時，艙內之液體隨船傾側發生之自由液面 (Free surface)，釀成傾覆之危險。無需大型艙口及起重設備，而備有大型泵 (Pump) 及管路等用以裝卸貨，極為迅速經濟。全年營運天數可高達 90 % 以上。

(三) 散裝貨船 (Bulk Carrier)：專為載運穀類、礦砂、煤、鹽等同一性質之散裝貨物，免去貨物包裝之手續與費用，而以機械裝卸，大

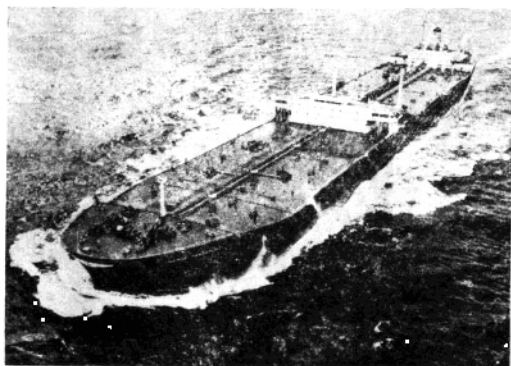


圖 1-1 二十二萬噸級油輪

都祇有主甲板而無中間甲板，但壓艙艙容量極大。

(四) 箱裝貨船 (Container Ship) 或稱貨櫃船：備有固定尺寸之特製貨櫃，普通為 8 呎高 8 呎寬，16 呎或 20 呎或 30 呎長，裝卸運輸甚快，提高營運效率，轉運更為方便。其優點：(1)減少運輸中途之盜竊或損壞；(2)減低保險費用，減低包裝、捆縛等之成本；(3)減低操作費用；(4)縮短運輸路程；(5)減低盤存，加速資金融通，並減少貨棧費用等。

(五) 木材船 (Timber Carrier)：專為運木材用，因木材比重較輕，艙內容積有限，船級協會及航政機關特允在甲板上裝載木材，乾舷 (Free board) 較少，備有特殊繫木設備。

(六) 冷凍船 (Refrigerated Vessel)：用以裝載食品、肉類、鮮魚、水果等易於腐爛之貨物，設有冷凍設備，以保持貨品新鮮。

1-1-2 運客船 (Passenger Carrying Ship)

(一) 客貨船 (Passenger Cargo Ship)：一般載貨船限載乘客 12 人以內，如載客數額在 12 人以上，同時運載貨物者，則稱為客貨船，其救生設備、房間設備等須依照客船規則建造。

(二) 客船 (Passenger Ship)：專供載客之用，故救生設備必須根據國際規定配置，通風設備須優良，房間客廳佈置精美。尤其水密隔

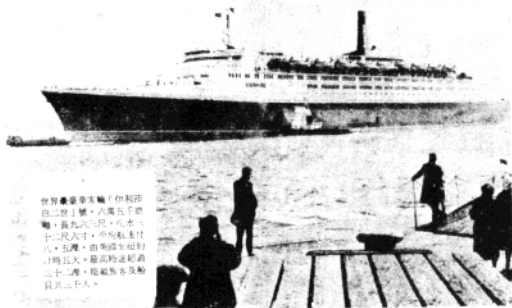


圖 1-2

艙，應詳為計算，以策安全。行駛於固定航線，航速高之大型客船稱為快速定期船 (Express Liner)，如著名於世界的“伊利莎白二世號 (Queen Elizabeth 2)”、“合衆國號 (United States)”、“法蘭西號 (France)”等即是，其時速達 30 哩 (Knots) 以上，設備豪華。

1-1-3 特種船舶 (Special Vessel)

(一) 漁船 (Fishing Boat)：捕魚用船隻種類繁多，各國因水域、魚區作業情形不同，結構及設備均異。一般均備有捕魚作業用具及冷藏設備，更有罐頭製造與加工設備，大如捕鯨船，小如鮎釣漁船、拖網漁船、手操網漁船、流網漁船等。

(二) 渡船 (Ferry)：用來溝通碼頭間或港口間之陸路運輸與交通，按其所渡範圍，可分為一般船型渡船、車輛渡船 (Vehicular Ferry) 與汽車或火車渡船 (Car Ferry or Train Ferry)。

(三) 拖船 (Tug)：具有強大拖力與適航性 (Seaworthiness)，用在港內或內河拖引他船，或駛至外海拖救其他船隻。

(四) 破冰船 (Ice Breaker)：係寒帶港口或河道湖泊用來破冰以維持航運者，其船艏構造堅強。間或船首有舵，以增強其運轉能力。

(五) 挖泥船 (Dredger)：係疏濬港口或河道，挖掘泥沙之用，依

其挖泥方式，可區分為櫛式挖泥船（Grab Dredger）、柱斗式挖泥船（Dipper Dredger）、轉斗式挖泥船（Bucket Dredger）、吸管式挖泥船（Hopper Dredger）等。

(六) 駁船（Barge or Lighter）：用在港內或內河駁卸貨物，增加裝卸能力，倘碼頭船位（Berth）擁擠或倉庫不空，或碼頭水淺，均可藉駁船裝卸貨物。

第二節 建造材料及結構分類

1-2-1 船艙因建造材料（Materials of Construction）之不同分為：

(一) 木船（Wooden Ship）：造船始用木材，蓋因木料質輕，浮力大，惟強度較鋼鐵材料為弱，構造較為簡單，故普遍使用。但水線以下易為蟲蛀，水線以上則受日光照射、風吹雨洒，乾濕無常，而船內又有污水、油污之積滯，皆能使木質腐蝕，使用年限短暫。故選用木材最低須具以下各條件：(1)木質細密，木理正直，木材長大強韌；(2)無節瘡斑痕等劣點；(3)堅硬而不易腐蝕，經乾燥後形狀變化小；(4)彎曲部份使用天然曲材。

(二) 合構船（Composite Ship）：瓦特發明蒸汽機引起工業革命後，歐洲工業興起，產品的運銷促使海運發展，大型船隻勢在必行，但木材強度不夠，尺寸亦受限制，因此用鐵材加強，形成合構船。隨後改用鋼或其他輕金屬之合金加強，例如龍骨、肋骨、橫樑等骨架部份，採用鋼鐵金屬，外殼板則用木材合製而成。第一次世界大戰中的應變船隊（Emergency Fleet）即屬之。

(三) 鐵船（Iron Ship）：鍊鋼技術未發展前，造船曾以鐵為材料。西元 1858 年英人 Scott Russell 利用土木原理，將橋樑結構理論應用於造船，設計“大東”號（Great Eastern），排水量 2700 噸，船長 680 英尺，雙重船底——格子重底（Cellular Double Bottom），並加有縱鎗壁，如圖（1-3）所示，比同一時期船隻大五倍。但鐵船強度仍屬不夠，且易銹蝕（Corrosion），近代已廢棄。

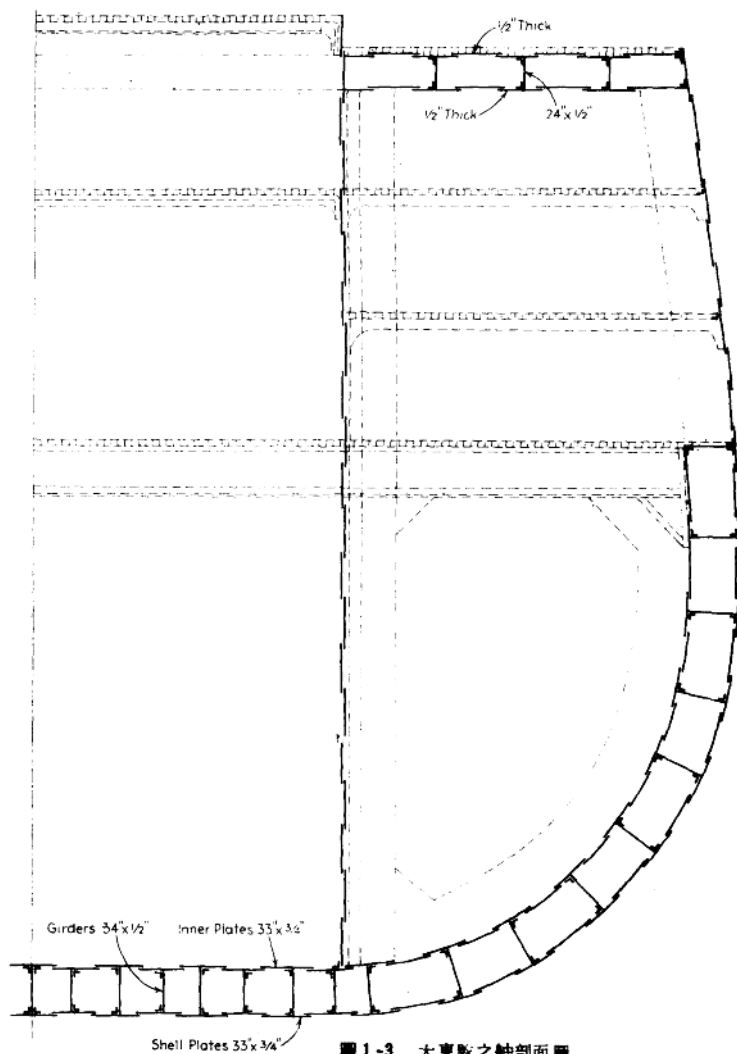


圖 1-3 大東號之舢剖面圖

(四) 鋼船 (Steel Ship) : 造船採用鋼料約始於西元 1870 年, 鋼之強度高, 抵抗銹蝕能力亦佳。造船用鋼料, 皆係由平爐或電爐所鍊製之高級鋼。近年來因鋼料大量生產, 成本降低, 幾乎所有船舶皆以鋼料建造。尤以電焊應用廣泛以後, 每年各國建造船舶之噸位日有增加。

(五) 鋼筋水泥船 (Concrete Vessel) : 因第一次世界大戰期中, 鋼鐵消耗量太大, 生產不及, 故亦有用水泥代替鋼板製造船舶應急。但水泥船有漏水現象, 故在澆成之船型表面上, 再用水泥槍加噴一層薄水泥, 以克服此弊端。但水泥性脆, 不能承受張力 (Tensile Stress), 遇撞擊則更易破裂, 故戰後很少採用。

(六) 鋁質船 (Aluminium Boat) : 鋁比重輕、美觀, 光亮而不生銹, 但強度較小, 易為海水侵蝕。西元 1891 年瑞士以鋁建造小汽艇 “Zephir” 及 “Mignon”。本世紀初改用杜拉鋁 (Duralumin)——含銅、錳、鎂之鋁合金, 強度增加, 但抵抗海水侵蝕性能仍差。現代之鋁合金已有改進, 然強度與鋼鐵相差尚遠, 不適建造大型船舶。故用以建造救生艇 (Life Boat)、遊艇 (Yacht)、或大船之上層建築 (Superstructure)。將來鋁合金若與鋼料強度相仿時, 則鋁材結構可比鋼材結構減輕重量 50%, 也就是增加船隻之載重量 (Dead Weight)。目前客船用鋁質上甲板或上層建築, 則船體之重心 (Center of Gravity) 相對降低, 乃屬此原因。“合衆國號” (United States) 上層建築用鋁 2000 噸。且英國現已試用鉛電焊, 未來前途不可限量。

(七) 塑膠艇 (Plastic Boat) : 近年來樹脂工業突飛猛進, 塑膠經多方面改良, 其性質為比重輕、抗侵蝕性能強、傳熱慢、絕緣 (電)、絕磁、抗輻射線, 為一般材料所不及, 且可利用模型製造, 故用於小型船舶最為便利, 但尚無法運用於大型船舶。

1-2-2 船舶依其結構 (Construction) 可分為

(一) 橫向肋骨式船 (Transverse System Vessel) 是以橫肋骨 (Transverse Frame) 為主要結構, 縱向結構為輔助者。

(二) 縱向肋骨式船 (Longitudinal System Vessel) 是以縱肋骨 (Longitudinal Frame) 為主要結構, 橫向結構為輔助者。

(三) 縱橫混合肋骨式船是採用縱橫肋骨相間建造者。

第三節 推進動力及方法分類

1-3-1 船舶依推動力 (Power of Propulsion) 分爲：

(一) 非自推船 (Non-Propelled Vessel) 本身不具備動力，不能自行推進，須藉其他力量方能運轉，如帆船等。

(二) 自推船 (Self-propelling Vessel) 自備動力推進。藉蒸汽推動者謂之汽船 (Steam Ship)；藉內燃機推動者謂之內燃機船 (Motor Vessel)；藉原子能推動者謂之原子動力船 (Nuclear Power Vessel)。

1-3-2 船舶就推進方式 (Means of Propulsion) 分爲

(一) 槳船 (Oaring Ship)：爲舊式木船，以櫓、槳擊水之反作用力推進。櫓之作用及原理與近代螺槳 (Screw Propeller) 相同，而槳則發展成爲明輪 (Paddle Wheel)。

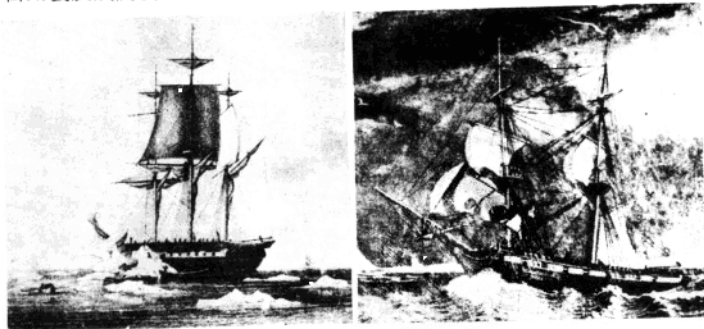


圖 1-4 帆船

(二) 帆船 (Sailing Ship)：由於人類好逸惡勞，在船上張以帆布，藉風力而推進，稱爲帆船，如圖 (1-4)。甚至有民用船隻備有推進機械，但爲節省燃料起見，在海上使用帆行，或爲增加推進力以帆輔之，此即謂機帆船 (Sailing Motor Boat) 者也。

(三) 明輪船 (Paddle wheel Steamer)：南北朝祖冲發明明輪

改善操楫往返的不便，利用圓輪附以輪葉，以連續作用擊水前進。明輪在內河航行安全，但海洋中時有波浪，效能極低。

(四) 螺槳船 (Ship with Screw Propeller)：利用螺槳推進，西元 1829 年奧國砲兵軍官 Joseph Ressel 首先有螺槳之構想，建造小艇“Civetta”號，採用二齒式木質螺槳，不幸於試航時輪機爆炸，船毀而作罷。西元 1836 年英人 F. P. Smith 建造一排水量 6 噸小艇，亦採用二齒式木質螺槳，航行時觸礁，螺槳碰毀一齒，然船速竟略為增加，啓示人類改進成現代之螺槳形狀。

(五) 噴射推進船 (Jet Propulsion Vessel)：百年以前英國採用唧筒推進者，現代則用離心式推動機，其優點為擱淺時不致損壞推進器。

(六) 爆發推進船 (Explosive Propulsion Vessel)：利用炸藥於密室爆發產生高壓氣，經由導管射出以作推進，此乃間歇性推動。因為爆發室 (Explosion Chamber) 須具極高的強度，同時因間歇性推進

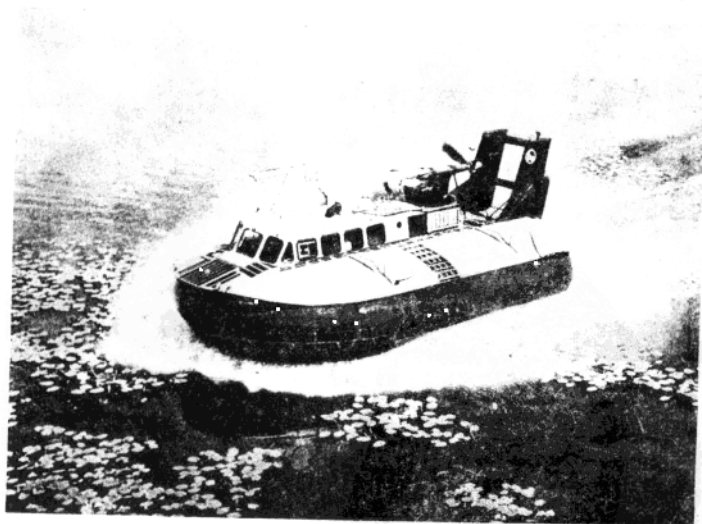


圖 1-5 氣墊船

產生強烈震動，故極少採用。

(七) 飄船 (Air Lubricated Boat) 又稱氣墊船 (Air Cushion Ship or Hover Craft)：利用壓縮空氣由船底特備之噴嘴射出，形成空氣層將船身與水隔離，以減少阻力。其推進器係設置於水面上。

六十年前即已造成第一艘氣墊船。西元 1918 年時，Alexander Graham Bell 設計一艘 60 呎長的氣墊原型船，時速達 71 哩。現英國氣墊船公司 (British Hover-Craft Corp.) 所造之氣墊船可水陸兩用，駛行英吉利海峽。其優點乃為速率高而安全，如圖 (1-5)。

第四節 學理及航行水域分類

1-4-1 船舶就其所根據之學理 (Principles) 的不同可分為

(一) 排水船型 (Displacement Types)：係根據阿基米德 (Archimedes) 原理建造者，水面船 (Surface Vessel)、潛水船 (Submarine) 均利用浮力與本身重量平衡之基本條件，此原理亦即為水靜力學 (Hydrostatics)。

(二) 流體動力船型 (Hydrodynamic Types)：船靜止時，平浮

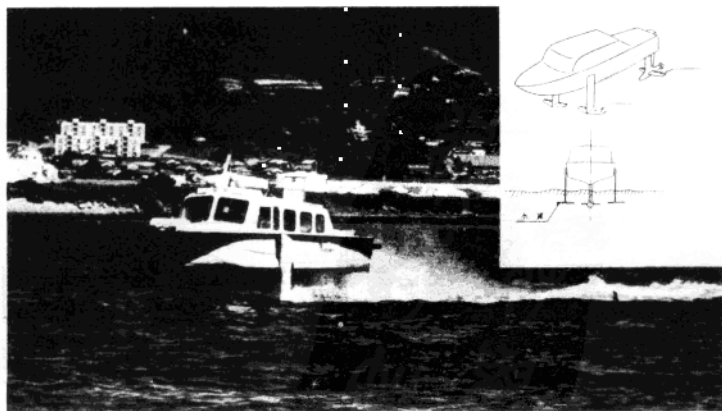


圖 1-6 水翼船

於水面，而具有強大的動力，使船速達到極高境界。高速航行艏部仰起，依流體動力學（Hydrodynamics）原理，在船底添加翼板，使船身可脫離水面，是時船重即大於排水量。而以翼板滑行阻力大減，此即謂水翼船（Hydrofoil Boats），如圖 1-6。

1-4-2 依航行水域（Zone of Operation）船舶可分為

(一) 遠洋船（Ocean-going Vessel）：航行國際間，具有極高續航力與適航性（Seaworthiness），各項設備完備。

(二) 沿海船（Coasters）：限國境內沿海行駛，一切標準均較遠洋船為低。

(三) 大湖船（Great Lake Vessel）：航行於北美洲大湖區。

(四) 內河船（River Boats）：行駛於江河，吃水淺、船寬較大，結構亦不及遠洋船為強，且多屬單底。

第五節 型狀分類

近代船型發展與船體之上層結構（Superstructure and Deck house）有關，主甲板（Main Deck）之上各建築物，謂之上層結構。其中其寬度與船寬相等或相近者，特稱船體。

(一) 平甲板型（Flush Deck Type）：如圖（1-7），主甲板前後平坦，僅中間有機艙天罩（Engine Casing）及駕駛臺（Bridge）者。

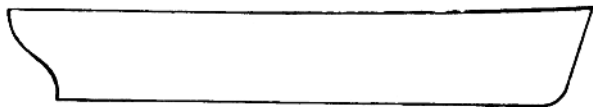


圖 1-7 平甲板型船

(二) 短艏樓艙（Monkey Forecastle Type）：如圖（1-8），除中部主甲板上設有橋樓，可供船員居住及操縱船舶外，船首部有短艏樓（Monkey Forecastle）裝置錨鍊及繫纜設備。

(三) 三島艙（Three Island Type）：如圖（1-9），主甲板上前有艏樓（Forecastle），後有艉樓（Poop）加大，中部有橋樓，成三島型。