

科學圖書大庫

水 翼 船

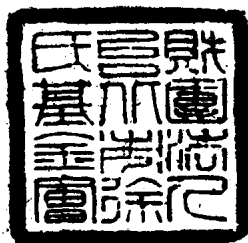
譯者 古文亮

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會  
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

# 科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年五月七日三版

## 水 翼 船

基本定價 1.30

~~1.10~~ 2.60

譯者 古文亮 台灣省立成功大學機械工程學系工學士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號  
7815250

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 15795 號

承印者 大原彩色印製企業有限公司 台北市西園路2段396巷19號  
電話：3611986・3813998

## 譯者序

水翼船爲一種新型之水上交通工具，雖然名之爲船，實則爲一種飛行器械，因水翼船行進時並不浮於水面，而係將船身舉升至離水面若干呎之上空飛航。其構造除普通之船身外，另在船身底部安裝支柱及水翼。水翼之基本作用原理與飛機之機翼相似，但結構較爲複雜。水翼船停泊於水面或慢速巡航時與浮於水面之普通船艇無異，惟當其速率逐漸增加時，船底下方之翼板即因流體掠過其表面而產生動態升力——由翼板與流體間之相對運動而產生之升力——乃將船身舉起離開水面，由水翼支撐而高速飛航。

水翼船有兩項極爲卓越之特性：其一爲速率高，吾人所習見之商用船隻其時速通常爲十餘海里，多則廿餘海里，六十海里之時速，對一般船隻而言爲不可能之事，但對水翼而言則爲輕易之舉，且美國現正研試時速爲一百海里之水翼船。其二爲安全舒適，乘船最大之困擾爲船在波浪中顛簸所引起之暈船病，但水翼船則無此弊，因其有完全消除或部份抑低起伏運動之能力，故水翼船能在風浪中平穩高速飛航，而乘客毫無不適之感覺。

水翼船並非一項新發明，早在 1905 年，即已建成第一艘水翼船，但時至今日尚不普遍，其發展何以如此遲緩，內中自有原因。屬於水翼船本身者有二：其一爲穩定性問題，水翼與飛機機翼，作用雖同爲提供動態升力，但前者因受風浪之影響，故其所遭遇之穩定問題遠較後者爲複雜而難予克服；另一爲驅動問題，水翼船之船身既係在水面上空飛航，其驅動問題之嚴重不難想見。以上二者經長時間之研究與試驗始獲解決。屬於外在者係人爲之因素，水翼船之發展曾受忽視，未能獲得政府或民間機構之有力支助，故水翼船之先驅者僅憑各自有限之設備與財力，進行各項研究與試驗，其間經歷甚多之失敗與爭論，故水翼船之發展過程，可謂歷盡滄桑！本書主要作者，曾獨力面對困難，進行各項試驗，終於完成卓越之貢獻。

水翼船對大多數人而言尙屬陌生之名詞，用途亦不普遍，實則水翼船尙在發展階段，一切未達完美之境界，正待吾人之繼續研究與推廣。

本書僅對水翼船之基本原理、構造、特性、功能、發展過程等作一般性之描述，未涉繁複之數學計算及設計問題，故爲一大衆化之讀物。

HKE/06/04

## 原 序

此一小書本應早在多年前即已問世。水翼並非一項新發明，水翼船已在某些國家中應用多年，但就英國而論，相信本書為最早出版，完全討論水翼船之專書之一。此事似非尋常，尤其在一對每種船艇均感興趣之國度——似乎每一種船艇，除水翼船之外。

明顯缺乏興趣之理由甚多，但主要者確頗為單純，即民衆對水翼船未有充份之認識——英國之大多數人民從未目睹一艘水翼船——倘若本書一無成就，作者至少熱切期望能使衆多之人民得知水翼船存在之事實，其所遭遇之某些困惑問題，以及其所提供之海上航行方式而為其他交通工具所不能達成者。

缺乏此方面之著作以及有關文獻之理由，為水翼船非一單純類屬之機器；對造船工程師而言，水翼船並非真正之船，對航空工程師而言，則又不能視為一飛機。非魚非禽，倒與氣墊船有幾分相似，希望短期內亦能出版有關該另一種引人載具之書籍，納入同一叢書之列。

即就本書之得於問世，尚須歸功於有遠見之出版人士，將兩位事前互不相識之作者撮合；由於作者之一從事船舶及水翼船之研究已逾廿年，而另一則從事飛機與飛行原理之研究，且時間更長，兩人合力撰寫一冊如水翼船者之混合性書籍——飛航之船，但非水上飛機，有何更適宜之合作？

有關之問題中多為高度技術性者，作者與出版者曾深切思考本書寫作之標準。最後決定首冊討論水翼船之書籍必須能引發廣大群衆之興趣，飛行者、航海者及初嚙海上生活之水手等均在目標之列，因此必須出版「不含算式」之大衆化叢書；此非意謂技術問題已遭摒棄——反之，技術問題益受重視，一如叢書之其他各冊，儘可能用簡單之語句解釋，而不用數學或公式。此種方式在多種情形下較直接用數學處理更為困難，吾人深知此對曾受高度之科學技術訓練之專家而言有過份淺顯之缺點。

吾人難以明言，此類書籍有若干係屬創作，另有若干則應歸功於他人；坊間並無可資參考之書籍，在英國對水翼船有實際知識與經驗之人數屈指可計，因此若謂書中大多數資料係來自主要作者所累積之經驗，似不為過。由失望與挫折中得來之經驗已受一群至友之協助與鼓勵而增益良多，茲藉此良

機表示衷心之感激。其中包括，海軍少將William Bishop爵士，在南非時最先提供鼓勵與支助；A.G.Smith先生，在Farnborough發起第一次水槽試驗；Lord Shackleton，參與Smith報告之某些活動；美國C.P.Holt先生，工作努力並投資，但因非吾人所能控制之情況而遭受損失；F.H.Todd博士，彼曾一度在設於Teddington之國家物理實驗所工作，後成為美國DTMB首席海軍建築師；Hugh Barkla, St. Andrews大學之文學碩士及理學士，對準備出書之早期階段曾予極大之助力；Raul Salles先生，法國造船工程師；Y. Ben Nun以色列海軍分遣艦隊司令；Christian Pringiers，比利時海軍建築師，彼曾撰寫關於Hook系統之科學論文。其他曾給予助力之友人太多，不能一一記述，謹於此一併致謝。

合著者A.C.Kermnde，彼於撰寫本論題之前對水翼船並無實際經驗，必須率直承認所獲之協助不祇來自Hook先生且亦來自各種論著，尤其對水翼船發展有濃厚興趣之航空工程師Yangos教授1963年致NATO之報告；「水翼船進展實錄」作者為Cmdr.E.Ralph Lacey, U.S.Navy（1964年三月）；文學碩士Peter R.Crewe所作「水翼船：其歷史及未來展望」一文（1958年三月）；M.Pringiers所作「論水翼船之經濟價值」；以及Kalerghi所出版之「氣墊船與水翼船」月刊，某些蘇俄方面水翼船之資料即獲自該刊。

作者在此特別致謝提供照片之人士，此等照片對本書增色良多。

最後，期望讀者將能發現，吾人在執筆撰寫本論題時所曾發現之引人事物，即使讀者未因此變為水翼船之熱愛者，至少將瞭解他人何以成為熱愛者之理由。

1966

著者

## 目 錄

譯者序

原 序

目 錄

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. 載具之類型.....              | 1  |
| 2. 水翼船為何物.....             | 3  |
| 3. 氣墊船與水翼船.....            | 5  |
| 4. 水翼之原理.....              | 6  |
| 5. 翼板之截面.....              | 7  |
| 6. 翼板特性.....               | 9  |
| 7. 壓力中心.....               | 12 |
| 8. 翼板之正面.....              | 14 |
| 9. 水翼船之飛航過程.....           | 15 |
| 10. 所需翼板面積.....            | 16 |
| 11. 翼載.....                | 19 |
| 12. 空氣侵入現象.....            | 19 |
| 13. 波浪.....                | 21 |
| 14. 波浪之特性.....             | 22 |
| 15. 波中之軌道運動.....           | 24 |
| 16. 波浪中之水翼船.....           | 26 |
| 17. 墜船.....                | 29 |
| 18. 控制與穩定.....             | 31 |
| 19. 潛水深度效應穩定法.....         | 32 |
| 20. 可變潛水翼面積穩定法.....        | 33 |
| 21. V形翼板.....              | 35 |
| 22. 梯形翼板.....              | 36 |
| 23. V形翼板在平靜水面之情形.....      | 37 |
| 24. V形翼板在起波水面之情形.....      | 37 |
| 25. 控制投射角穩定法.....          | 40 |
| 26. 機械預告.....              | 42 |
| 27. 觸臂機械預告 — Hydrofin..... | 44 |

|     |                  |    |
|-----|------------------|----|
| 28. | Hydrofin之功能      | 45 |
| 29. | 新型Hydrofin       | 48 |
| 30. | 音波與電子預告          | 48 |
| 31. | Hydronics 水翼船之價值 | 51 |
| 32. | 空氣侵入穩定法          | 52 |
| 33. | 側向穩定與控制          | 52 |
| 34. | 航向之穩定與控制         | 55 |
| 35. | 飛航高度             | 55 |
| 36. | 翼板之收回            | 57 |
| 37. | 汽震               | 59 |
| 38. | 汽震與空氣侵入          | 61 |
| 39. | 超汽震與通風           | 61 |
| 40. | 推進               | 64 |
| 41. | 空氣驅動             | 65 |
| 42. | 噴射推進             | 66 |
| 43. | 船用驅動             | 67 |
| 44. | 船尾馬達             | 68 |
| 45. | Z形驅動             | 69 |
| 46. | 螺旋槳              | 73 |
| 47. | 安全性              | 74 |
| 48. | 建造材料             | 75 |
| 49. | 重量比較             | 77 |
| 50. | 製造               | 78 |
| 51. | 試驗模型             | 78 |
| 52. | 比較               | 80 |
| 53. | 比較——經濟性          | 80 |
| 54. | 比較——空中航線         | 83 |
| 55. | 比較——直昇機          | 83 |
| 56. | 比較——氣墊船          | 83 |
| 57. | 比較——他種船隻         | 84 |
| 58. | 阻力/重量之比率         | 84 |
| 59. | 阻力之起因            | 84 |
| 60. | 比較——阻力/重量之比率     | 86 |

# VI

|     |                                |     |
|-----|--------------------------------|-----|
| 61. | 浴水航行與起飛.....                   | 88  |
| 62. | 比較——總結.....                    | 89  |
| 63. | 水翼帆船.....                      | 90  |
| 64. | 駕駛水翼船.....                     | 91  |
| 65. | 水翼船航行於風浪中之情形——總結.....          | 94  |
| 66. | 水翼船之發展史.....                   | 101 |
| 67. | 歷史——Forlanini .....            | 103 |
| 68. | 歷史——Alexander Graham Bell..... | 104 |
| 69. | 歷史——Baron Von Schertel .....   | 105 |
| 70. | 歷史——美國方面之興趣.....               | 106 |
| 71. | 歷史——作者之貢獻.....                 | 106 |
| 72. | 歷史——其他國家中之發展.....              | 110 |
| 73. | 目前水翼船之用途.....                  | 113 |
| 74. | 可供使用之水翼船型式.....                | 114 |
| 75. | 未來之展望.....                     | 120 |
|     | 名詞對照.....                      | 122 |
|     | 照相圖.....                       | 126 |

## 1. 載具之類型

乘載人員或物品由甲地運送至乙地之器械稱為載具 (Vehicle)。載具之類型甚多，若依其行進之空間或介質 (medium) 分類，則運行於太空者，為太空船，衛星或其他吾人喜用之名稱；在空氣中，為飛船與飛機；在水中為潛艇。此等載具均全部浸浴於行進空間之介質中。其餘，實際為主要之載具，則於二種介質之界面 (boundary) 運動，例如船艦在空氣與水之界面，火車及汽車在空氣與陸地之界面。

所有此類載具均需驅動力使之運動並克服運動所產生之拉力或阻力。但亦需支撐載具本身及裝載物之方法，因此亦可依其支撐方法分類。於是飛船係賴空氣之浮力支撐，潛艇賴水之浮力支撐，而在空氣與水界面運動之船艦，雖則其大部份體積浸浴於空氣中，惟其支承之力則全部來自水中。此等載具中，如飛船，潛艇及水面船艦等均係依著名之阿基米得 (Archimedes) 原理 (即若將一物體全部或部份浸於流體中，則產生與其所排開流體重量相等之上浮力，即浮力定理)，以獲得其支承之力者。

飛機則依全然不同之原理以獲其支承之力；有微小傾斜角之機翼在空氣中推進，結果，氣流使機翼下方之空氣壓力升高，而更重要且有效者為使機翼上方之空氣壓力降低，兩者所產生之聯合升力乃支撐飛機於不墜。堪注意者為此種支承力端賴運動；是為動態力，故稱為空氣動力；飛機不似賴空氣浮力之飛船能靜止於空中——靜力學原理。直昇機為另一賴空氣動力支撐之例，其唯一不同者為旋轉機翼以獲得其上升之力，故直昇機能停駐於空中。滑行於水面之水上飛機以及快艇，(就某種程度而言) 為動力支撐應用於水之例證，或謂應用於空氣與水之界面更為確切；但，如吾人將發現者，此等例證並非最佳者——非最有效者。

地面較水面為堅硬，堅硬之地面使車輛能於空氣與陸地之界面行進，但此為另一原理，因其支撐來自堅硬地面對車輛重量之反作用力。無若水上船艦之排水及浮力作用，亦無可覺察之表面下凹。此亦屬靜力學原理，故靜止之火車汽車等能獲支撐。堅硬之地面使吾人能應用旋輪。在空氣與陸地界面行進之載具幾全為旋輪者，但間有如雪上滑行之雪橇，或冰上滑行之溜冰鞋，此種沿表面之滑行對運動所生之阻力甚小——實則冰因受壓而溶化，對滑行之冰刀提供甚為效之水潤滑作用。無論輪之旋轉，或橇之滑行，其支撐則相

同，即堅實表面對載具重量所產生之反作用力。另有一種界面亦可供給支承之力，即海底——水陸之分界面，但其堅度不能確定，現似無此類實用之載具。

在太空中，因無空氣或水之存在，故不復有因排開流體而產生之浮力；因無空氣，無從產生氣流，故亦不可能有空氣動力學之升力；顯然亦無堅硬之表面提供反作用力。然則載具如何支撐於太空中？其法有二，一為載具到達正確之「軌道速率」時，即無需支撐，因此時物體無重量，換言之，其已因遠離地球而大為減輕之重力，復為其軌道運動之離心力所抵消而成力之平衡；其二為藉火箭燃燒所噴出之汽體，以產生反方向之推力（即反作用力），此種反作用力不但可用以支撐太空船，並可用以加速太空船，使之進入，脫離或改變其軌道。此種支撐法亦可用以大氣天空，如能垂直起飛降落之飛機，但此時以使用噴氣引擎較火箭為經濟，因前者係吸入空氣以助其燃料之燃燒，而後者則除所帶之燃料外尚自帶助燃物。用火箭支撐在水中同樣有效。

總括言之：載具可在太空，空氣中，空氣與水之界面，空氣與陸地之界面，水中，海底或水陸之界面行進（圖1）。其支承力可為浮力，動力學之升力，堅實地面之反作用力，或火箭之反作用力。

讀者可能已留意，前未言及太空與空氣之界面，即大氣之頂面；此純係由於並無明顯之分界面，空氣隨高度逐漸稀薄，直至以實用目的言已無空氣之存在，是即稱之為太空。飛掠此種模糊不清之表面，實已提供太空船重返大氣層之方法。

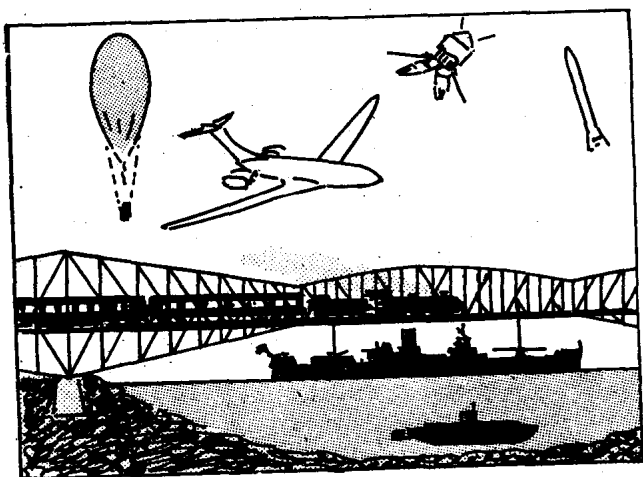


圖1. 載具之類型

讀者可能亦已發現，某些類型之交通工具，就其運動狀況而言，並非單一類屬；飛機靜止地面時係受堅硬地面之反作用力所支撐，輪船之下水係由空陸界面進至水空界面。最佳例證為水上飛機，停放水面時為受浮力支撐之船，起飛後則為動力學升力支撐之飛機。

## 2. 水翼船為何物

然則，水翼船為何物？應歸屬何類交通工具？其優點何在？

人類所發明之所有運輸系統中，船運為最慢而不適於現代化之講求快速者。此乃由於採用效率最低之工作方式，猶如一種雙面之楔，必須推離大量之水（等於船重，以獲其浮力），始能開出前進之通路，推開之水一半往左

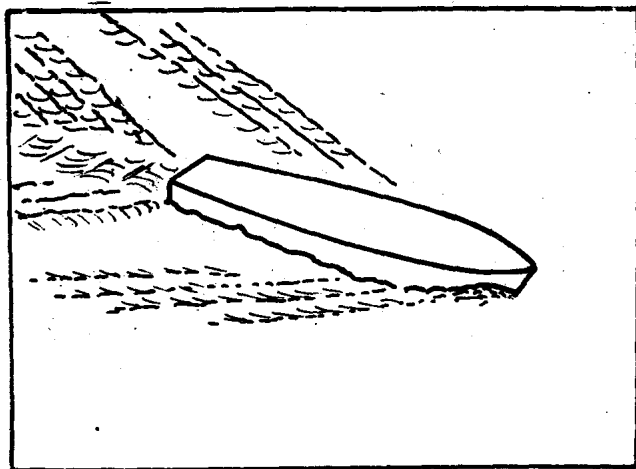


圖 2 波浪與冲激流

另一半往右；大量之能均以波浪及冲擊流之形式消耗於海面（圖 2）。

早期之嘗試在使船身完全浮出水面，以代替水中行駛，期能節省此種浪費之能量，此一觀念常係採用平坦之船底——類如水上飛機之機身底，或其浮筒，或水橈板。此觀念導致之產物即為快艇（圖 3）。雖然現代之快艇頗為適用，特別在速率方面與一般船艇相較時為然，但却有其固有之缺點，即當海面受風浪侵擾時，所發生之衝擊現象。

為克服或至少減輕此種衝擊在設計快速船底，水上飛機之機身及其浮筒之形式時曾獲甚多之經驗。V 形船底曾用以減緩衝擊，階梯形甚至雙船身曾

以試圖使船身升出水面，但設計者之注意力多着重船底面之彎曲度或曲弧度。情況雖獲改善，但問題從未真正解決。

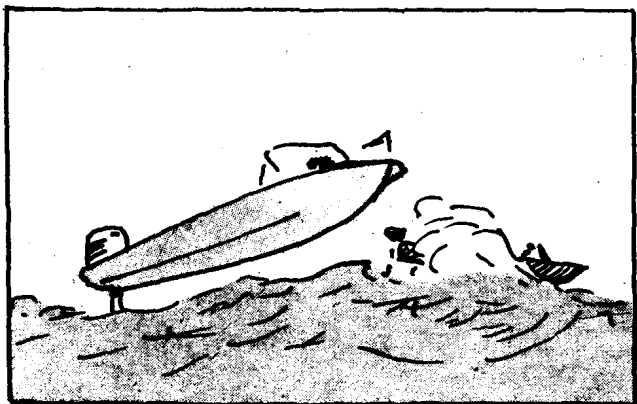


圖3. 風浪中航行之快艇

其原因何在？

若謂快艇之設計者不瞭解首要原理，則此說法似欠正確，但事實為彼等未曾把握設計飛機機翼時，所依首要原則之利益——即飛機之升力主要來自機翼上表面（圖4）。

但是，飛機之機翼與快艇何關？快艇之設計曾獲飛機原理之何種助益？可謂不多；但本書所欲討論之船型則全然不同。

水翼（hydrofoils）為一種翼形板，其設計之目的在使船身升出水面（圖5）。確切言之，水翼也者僅為產生升力之曲面，非為船體本身，因此吾人似應名之為水翼船。水翼在水面下運動便能支撐船身，所以此係動力學之支撐；水翼之與水翼船，正如機翼之與飛機。

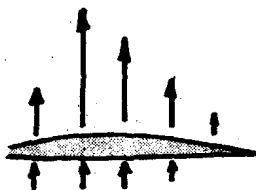


圖4. 升力主要來自上表面

然則，水翼船究竟在何種介質中運動？在空中抑或在空氣與水之界面？或係在水中？此等問題並不如想像中那麼容易回答，其完滿之解答將留待本

書之末，屆時讀者可能已自獲結論。

### 3. 氣墊船與水翼船

在進一步討論水翼船之前，至少必須先說明另一種甚難分類之載具，即氣墊船。氣墊船亦係在空氣與水之界面行進，但其另一優點為同樣能在空氣與陸地之界面行進。就某些方式言，其支撐法與水翼船相似，但在其他方式言則完全不同；例如，當氣墊船離地少許而行駛時，其支撐更似撬板之作用——來自堅硬地面之反作用力，但有一極薄之空氣層代替水作為潤滑劑。離水面行駛時顯示相同之作用，但此時缺乏硬度之水面因受空氣之壓力影響，

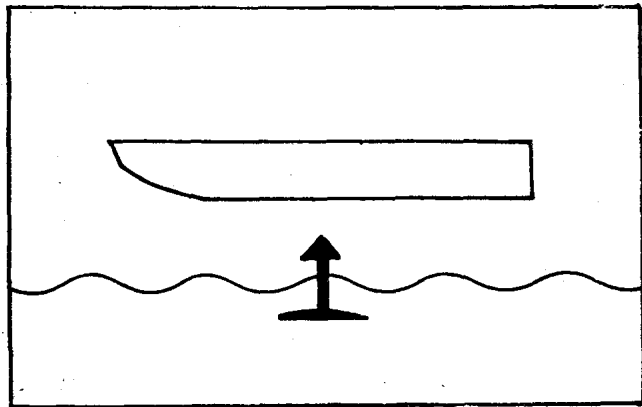


圖 5. 水翼將船身舉出水面

將發生波動現象。但兩者間之基本差異為：水翼船之支撐來自水（不祇為潤滑劑，而主要在支撐方法），至於氣墊船之支撐則直接來自空氣墊，故有氣墊船（Air Cushion Vehicle）之名（圖 6）。

氣墊船與水翼船雖然不同，但可相抗衡，因二者共同具有一般船隻所無之優點，即能在空氣與水之界面高速航行。比較兩者間性能之優劣，非本書目的，但將隨時指出兩者間不同之處。氣墊船之原理詳述另一冊書中，與本書成姊妹篇，對其有興趣之讀者將發現自行作一比較，實為一引入之研究。

## 4. 水翼之原理

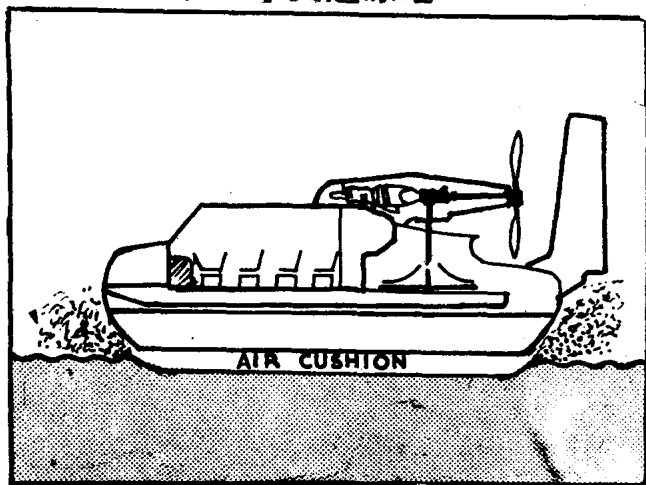


圖 6 氣墊船

如前所述，水翼為一種置於水面下運動以獲得升力之翼板。此翼雖在水中運動而非空氣中，但其工作原理與空氣中運動之飛機機翼相同。曾閱飛行一書（*Flight Without Formulae*，本書之姊妹篇）之讀者，當不難了解空氣之行徑類似水（次音速之範圍），故水亦必似空氣。

讀者將不難察知水與空氣之密度大為不同。飛行原理之初步研究首須認識者即為空氣之密度可任意改變；但無人懷疑水之密度。在正常之氣溫與氣壓狀況下，海平面上一立方呎之空氣僅重一英兩餘，而同體積之水則約為 62.5 磅重，較空氣重八百倍之多。

但此種密度之巨大差異僅為程度問題，並不影響原理，控制水中運動物體所受作用力之原理，與控制空氣中運動者相同（必須再次指出者為僅限於次音速範圍，但此種限制對當前之討論實無重要性）。兩種情況下之作用力均決定於流體（指空氣及水）中運動物體之體積，外形、速率（實則為速率之平方，因此若速率增為二倍，則作用力將增至四倍，速率為三倍，則作用力為九倍，餘類推）以及流體本身之密度。

在原理方面兩者相似之點如此之多，於是，對水翼有興趣之讀者，若尚不熟悉飛行之原理，最好能先予研究；飛行原理之瞭解將有助於瞭解水翼，本書將避免對此等原理之冗繁重複。

飛行之重要原理為飛機機翼之升力主要來自上翼面（此為柏奴利 *Bernoulli* 定理之最佳應用，流體高速流過機翼上翼面致使其壓力下降）。但此

如何能影響船底之設計？因船艇並無頂面——水中的頂面。

此即問題之核心，故必須藉置入水中且有頂面之某種物體將船身舉出水面，而此某種物體即為水翼——浸入水中之翼板（圖7）。

無疑，吾人將不能設想大如飛機機翼之翼板置於水中之觀念！但因水之密度較空氣大過甚多，故無需龐大之翼板。若其他條件相同，即同型式之翼板及相同之速率，僅需飛機機翼八百分之一的面積之水翼，即可獲相同之升力。實則吾人並不期望或需要如飛機般之速率，但儘管如此，吾人仍能用甚小之翼板獲得可觀之升力。

## 5. 翼板之截面

至此吾人已認識水翼也者為一小翼板，其功用在於將船身舉離水面，如此即可減少船底所受之阻力，使能高速航行。吾人亦已確認實際有效能之水翼的頂面必須置入水中；此即意謂水翼不可能為船身本體之一部份，而必須固懸於船底下方的支柱上。

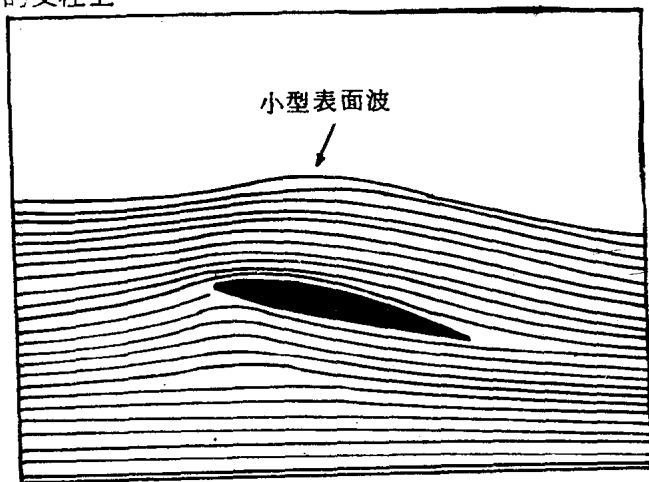


圖7. 水翼即水下之翼板

註：流線緊密之處，如頂面上部，流速高而壓力則遭抑低——而非升高。底面之水流速率較慢，流線較疏離，而壓力則增高。

所需之水翼總面積將不甚大，為獲得船身兩側之穩定度，將需兩支翼板

分置左右兩側。若船體全部（除水翼外）舉離水面，則船尾需另加裝一水翼。圖8示船下三支柱之下端各安裝一具水翼，航行時此等水翼均在水面下，而非如水橈板之在水面滑行。

現進一步考慮水翼之大小與形狀，以及能獲最佳效果之水翼斜置角。

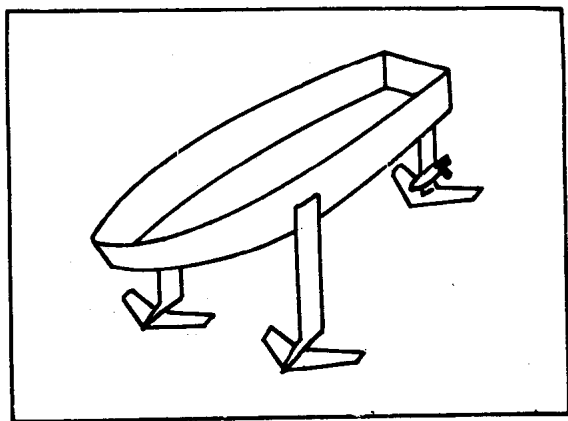


圖8. 三支柱水翼船

關於形式 (shape)，須考慮者為水翼之橫截面 (cross-section) 及上下翼面，此二者之可能選擇幾無限制。所幸有大量關於飛機機翼截面之設計資料，可供吾人任意選用（必須不厭其煩再次強調者，為問題之本質相同）。現代機翼之截面，從而水翼之截面，其下翼面通常為平直，或稍呈弧形；上翼面則呈更為彎曲之弧形，一般言之，上翼面之弧形曲度愈大，則所獲得升力愈大（若速率及傾角相同），而所受之阻力或拉力亦愈大。吾人期望者為較佳之升力，但不期望阻力，更確切言之為期望較佳之升力與阻力之比值，達成此目的之最佳方式為採用中度彎曲之上翼的折衷辦法。惟水翼截面之形式，除決定於上下翼面之彎曲度外，尚決定於翼板中心線（截面圖中上下翼面間之曲線）之彎曲度，以及其最大凸（曲）度之所在位置。實驗顯示最大凸度

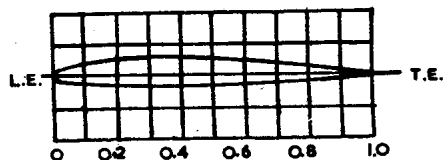


圖9. 現代水翼截面形式

所在位置必須離前端三分之一至二分之一翼長之間，依速度而定——速度愈高愈往後移。

翼板截面另一重要之特性為最大翼厚與翼長之比；此即稱為厚/長比（圖 10），其重要性不祇作為水翼舉升效率之考慮，而且亦提供強度考慮，因舉起之船的全部重量將落在此兩或三片水翼之上，其負載之高可以想見。此乃顯示與飛機機翼有一不同之處，輕型較慢速之飛機機翼每平方英尺僅負數磅之載荷，即使現代之高速飛機，每平方英尺 100 磅之負載亦已謂高矣；但水翼之負載將高達每平方英尺一噸，甚至更高。因翼板不大故用實心金屬翼板（飛機機翼則係空心而非實心），將可承擔此極高之單位面積載荷量。

## 6. 翼板特性

選擇水翼最適合之截面形式，必須考查航空機翼之資料；但主要之困難為其量過多。最便利者為以曲線方式表之，若已知速率及翼板之面積，即可

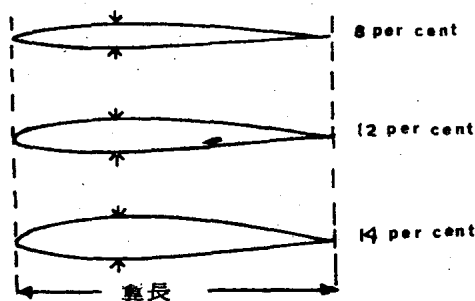


圖 10. 厚長比

由曲線求得隨所定機翼傾角而改變之升力，阻力及其他特性。此傾角稱為攻擊角（angle of attack）或投射角（angle of incidence），即機翼切入空氣，或水翼切入水之角（圖 11）。攻擊角與投射角在意義上本無差異，但不幸投射角一詞有時用以表示水翼與固定支柱或船身之間的相關角（圖 12）——因之意義完全不同，將此投射角固定，攻擊角尚可能作頗大之改變。此等名稱任意交換使用似不適宜（航空方面亦同樣發生混淆，習慣上改稱為「rigger's angle of incidence」），因此吾人將勉強寬容不正確之習慣，一如大多數人所為，以投射角一詞表示翼板相對於船身之角，而攻擊角一詞則用以表示翼板相對於水流之角。