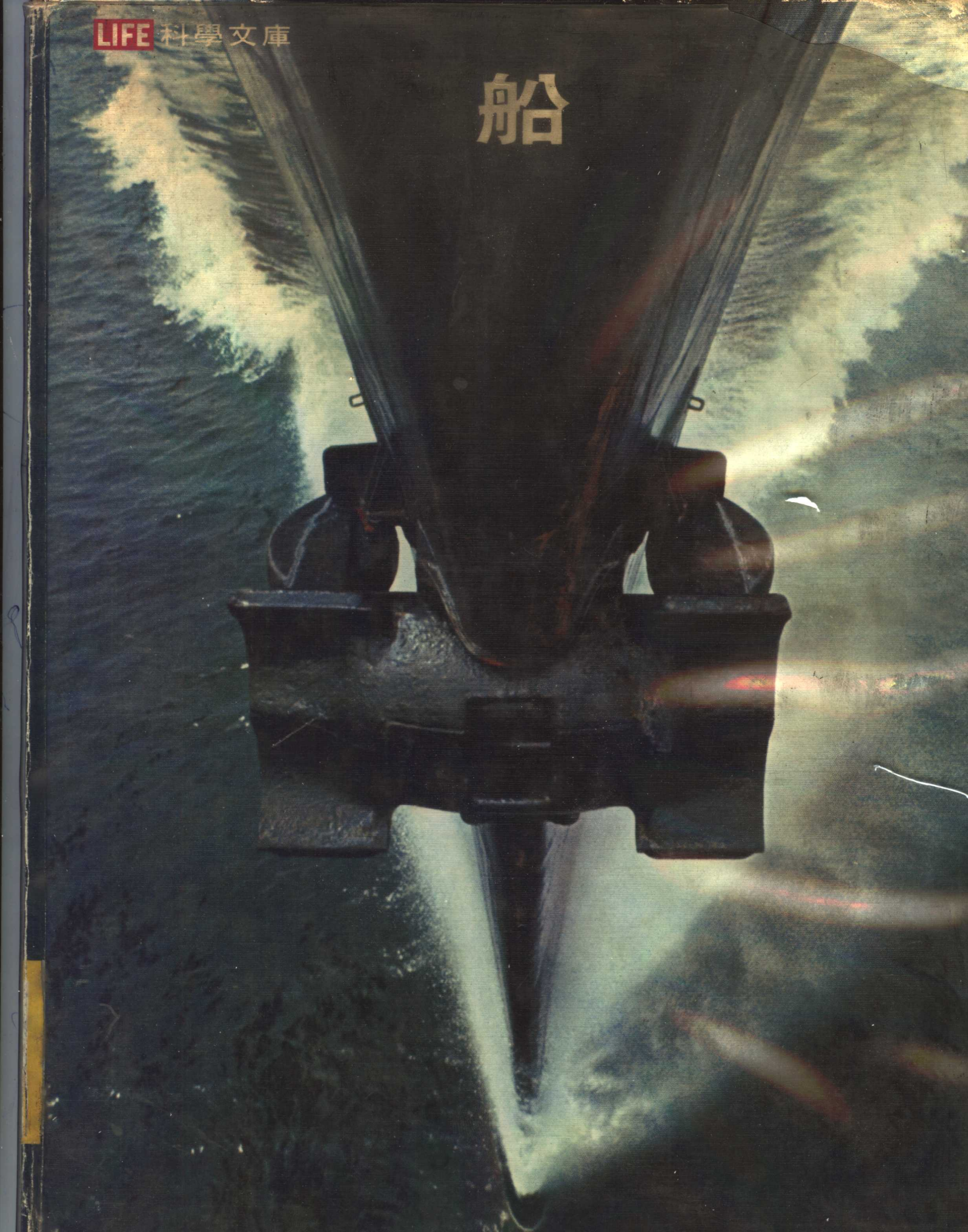


LIFE 科學文庫

船



生活科學文庫

船



叢書：

航海的人們
第二次世界大戰
人類的行為
世界原野奇觀
世界各大城市
縫紉的藝術
人類的起源
時代生活園藝百科全書
生活攝影叢書
世界烹飪叢書
時代生活藝術文庫
人類的偉大時代
生活科學文庫
生活自然文庫
家庭實用叢書

SERIES:

THE SEAFARERS
WORLD WAR II
HUMAN BEHAVIOR
THE WORLD'S WILD PLACES
THE GREAT CITIES
THE ART OF SEWING
THE EMERGENCE OF MAN
THE TIME-LIFE ENCYCLOPEDIA OF GARDENING
LIFE LIBRARY OF PHOTOGRAPHY
FOODS OF THE WORLD
TIME-LIFE LIBRARY OF ART
GREAT AGES OF MAN
LIFE SCIENCE LIBRARY
LIFE NATURE LIBRARY
FAMILY LIBRARY

專輯：

生活雜誌精粹
生活的電影世界
生活在戰爭中
嬰兒是怎樣製成的
瀕臨絕種的動物
攝影的技術

SINGLE TITLES:

BEST OF LIFE
LIFE GOES TO THE MOVIES
LIFE AT WAR
HOW BABIES ARE MADE
VANISHING SPECIES
THE TECHNIQUES OF PHOTOGRAPHY

生活科學文庫

編輯顧問

雷內·杜博斯

亨利·馬根諾

C. P. 斯諾

船

愛德華·劉易斯

羅伯特·奧布賴恩

與時代 - 生活叢書編輯合著

紐約 時代公司出版

內容提要

船，對於世界文明具有深遠的影響。自很古以來，人類就使用船隻從事探險、貿易和征戰。一些能在商業往來和戰爭中控制海洋的民族曾建立起強大的帝國；而另一些喪失制海權的往往被別國滅亡。時至今日，船舶的重要性一如往昔。本書主要就是介紹現代多種多樣的船舶——從它們的設計、構造到用途。書中扼要說明了船的演變，和以水動力學、應用數學、冶金學、電子學、核子物理學、甚至氣體力學等現代科學為基礎的、不斷發展中的造船工藝。在過去一百多年中，這種工藝使造船學得以和世界上其他突飛猛進的科學並駕齊驅。

本書每一章正文之後都附有“圖與文”，這些“圖與文”其實也可自成一體，單獨閱讀。例如，第一章“浮箱”，介紹船舶的設計和構造；正文後就有一系列圖片及說明：“裝配線上的貨輪”，詳細講解在世界最新式的船塢中造船的情形。

作者

愛德華·劉易斯(Edward V. Lewis)曾任職於紐約的一家造船公司，和新澤西州霍波肯的戴維森實驗所。現任長島格蘭灣的韋布造船研究所研究主任。劉易斯教授著有關於船舶設計與船在波浪中的行為的專著多種。

羅伯特·奧布賴恩(Robert O'Brien)曾為報紙專欄作家，《科利爾》雜誌的老資格作者。生活科學文庫中的《機械》(Machines)與《氣象》(Weather)兩部書即由他執筆。

編輯顧問

雷內·杜博斯(Rene Dubos): 洛克斐勒大學名譽教授，是一位微生物學家兼實驗病理學家，以研究抗生素而著稱。他的一本著作《環境塑造了人》，在1966年得拱門科學獎，在1969年得普立茲獎。他的著作中最著名者為《健康的幻象》(Mirage of Health)，《人類適應》(Man Adapting)，他同時也是本叢書中《健康與疾病》(Health and Disease)一書的合著者。

亨利·馬根諾(Henry Margenau): 耶魯大學物理及自然哲學名譽教授，光譜學

及核子物理權威。著有《遼闊遠景》(Open Vistas)，《物理實物的本質》(The Nature of Physical Reality)，是本叢書之一《科學家》(The Scientist)的合著者。

C. P. 斯諾(C. P. Snow): 科學小說作家，著作甚豐。他的小說聞名國際，其中較著名的有《新人類》(The New Man)，《事件》(The Affair)，《權力走廊》(Corridors of Power)。這三本書都闡明了科學對現代社會的影響。

封面與封底

封面圖顯示出“法蘭西號”郵輪尖俏的船首在英吉利海峽中破浪前進時的雄姿。船首那鮮明的輪廓線上有重達15噸的船首錨。封底是螺旋槳圖案，它象徵着現代造船工藝。

目錄

原序 7

1	浮箱 圖與文：裝配線上的貨輪 16	8
2	征服海洋的設計 圖與文：模型船在房間裏的海上 40	30
3	在風帆時代 圖與文：風——在工作中 62	52
4	機械動力和鋼鐵對造船的影響 圖與文：海上的城市 84	74
5	貨輪 圖與文：特種用途的船隊 110	102
6	海面下的革命 圖與文：在戰爭中船的種種變化 134	122
7	導航的古老技術 圖與文：到達彼岸的藝術 158	150
8	不斷發展航海的工具 圖與文：致力於開發海底 178	170

海事術語簡表 193

海上六千年 194

參考書目及誌謝 196

索引 197

圖片來源 200

時代 - 生活叢書

中文版

編輯：徐東濱

副編輯：蕭輝楷

助理編輯：張柱

編輯助理：嚴慧

本書譯者：時代公司 王鞅羣

出版者：時代公司

Authorized Chinese language edition
©1977 Time Inc. Reprinted 1978.
Original U.S. English language edition
©1965 Time-Life Books Inc. All rights reserved.

原序

目前已有的許多講述船舶歷史的書籍，大都講的是關於人類對海洋一往情深的關係，集中描述多姿多采的帆船時代，或者戲劇化的海軍戰事。這些方面的題材固然有其意義，它們的重要性却實在不應被認為超過現代海上運輸。一支活躍的商船隊，對國民經濟命脈是很必要的。如果忽略船及造船，就會大為吃虧，這是歷試不爽的事實。所謂吃虧，不僅是在經濟方面；它還牽涉到外交關係、軍事安全，以及國力的基本強度。

在美國社會中，船與造船所佔的地位已受到廣泛承認；近年對這方面的注意日益增強，即是明證。在過去，船曾經只是藝術與工匠的結合創造，而現在則是科學與技術的最突出產物。造船有許多基本問題，諸如船身設計、動力推進，乃至可以稱為“海的親善性”的問題等等；這些問題我們都在努力鑽研，而所使用的是高級數學以及高度複雜的模型試驗。造船廠本來是巧手技工作個人表演的地方，現在由於自動化的新技術，變成了大規模生產的場所；自動化設備還可以補救搬運貨物傳統技術的不足。而對水運的嶄新方式加速進行研究，更可能在將來製出新類型的船隻。

由於上述種種事實，《船》這本書基本上不是關於航海藝術或者航海歷史的著述，而是講歷來航海船隻本身的發展。它告訴我們，從木船和靠不住的帆如何戲劇化地進步到今日的鋼質機動船，同時並簡單明瞭地介紹設計船隻所包涵的若干優美的科學概念。

H·I·查培萊

美國國家歷史及工業技術博物館
史密森博物院
名譽歷史學家

1

浮箱



人類智慧的結晶

現代的遠洋輪船其實就是一隻浮動的鋼鐵箱。不過，它的構造之複雜簡直超出了我們的想像，它的形體和設備都是人類智慧的結晶，它一次能載運幾千名旅客，或成千上萬噸貨物，遠涉重洋。它必須能夠經得起各種可怕的天氣和四面八方巨浪的撞擊。它必須兼具力量和彈性、強大的動力和精確的平衡力，與海上的風浪周旋。這種和箱子一樣的輪船可用一隻小舵輪來操縱，靠星辰和各種儀表來導航，越過浩渺汪洋。

船原本並不普遍通航於各種天氣和水域，學會建造適合在各種狀況下航行的船真不是一件容易的事。船的構造演變到今天這個階段，是幾千年來人類從駕駛舊式船舶所累積的經驗和航海界先驅們勇敢實驗的成果，也是物理學家、冶金專家、工程師、數學家、抽象理論家、實用建築專家、電子專家以及工人們的想像和勞動的產物。

每一個人看到一艘完美的船，都會覺察到，它是人們通力合作的成就。愛爾蘭劇作家西恩奧凱西注視着他所乘的英國到美國的定期客輪，曾經寫過：“它對所有見到它的人放聲高呼，它信心百倍，深信自己能將險路變為坦途，它那雄偉的身軀和強壯的船首在問：海洋上還有什麼風浪能夠使它傾覆？”

人類有充份的理由需要這樣“信心百倍”的船。無論是戰時或平時，船在世界事務中一直擔負着重要的任務。它們送人到海外去探險、去拓荒、去經商；它們也使人變成海盜、能夠封鎖港口、肆行破壞。船把世界上各民族互相聯接起來，為他們運送衣、食，為他們的原料和製成品開闢市場。但是，船也為敵軍擔任運輸和補給，軍艦則從事改寫人類歷史的海戰。

船的用途多種多樣只是造船家所面臨的問題之一。每一個設計水上交通運輸工具的人——從一個業餘的船長繪製一艘準備在車庫中建造的航船圖樣到一組建築師建造一艘巨型遠洋輪船——都必須特別重視三項基本特性：一是浮力，就是在任何可能的狀況下都具有浮起的能力；二是穩度（或穩定性），適當的尺寸和重量分配，使它能配合風浪的力量搖擺航行，而且通常能夠恢復到直立和平浮位置；三是強度，不論風浪多麼惡劣，建造方面的穩妥足可支持它本身和裝載物。

顯然，船的用途，和它將要在甚麼水中航行，決定着它所應具備的浮力、穩度和強度的大小高低。一艘勢必要同狂風巨浪搏鬥的遠洋輪船在設計和建造時必須顧及某些特殊性能，而這些性能却是在密西西比河及其支

大湖區的一艘新礦沙輪在底特律河飛快地從側面下水。這是因為空間有限而採用的一種下水方式。新船猛一下進水時，激起了層層浪花，倒也挺壯觀。人們對這一幕很愛看。

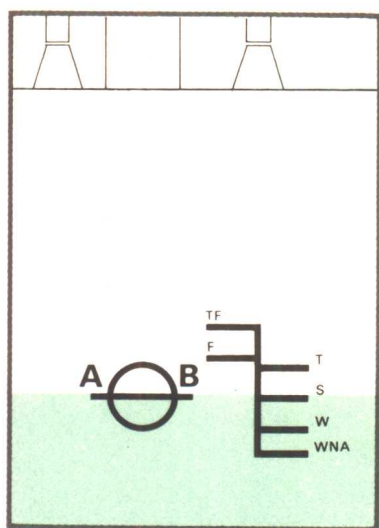
流這類內河中航行的拖輪所不需要的。

有史以來，人類在設計和建造船時，就已注意到它能不能面對身臨不可預測的、往往是狂暴的海洋。在亞洲、非洲和歐洲，曾經有過許多冒險犯難、富於想像力的航海家。他們遙望浩瀚的大海直至天際，認為它不是障礙，而是通往新陸地的交通孔道。

要利用這些交通孔道，人類必須發明船，並且不斷加以改良。千百年來，經驗是人們唯一的師承。說起來這種知識得來着實不易，因為他們為此付出了慘重的代價：船隻傾覆了、沉沒了、在暴風雨中折為兩段；不知曾有多少人葬身海底。可是，他們從中得到了教訓，一代一代傳下去。

在19世紀，科學和科學方法長足發展，打那以後，造船家開始不再僅僅仰賴祖先所傳下來的教訓或從經驗中得來的知識。船舶尚在計劃階段中，就可以把物理學原理應用到處理浮力、穩定性和強度的問題上面。船體模型可以在水槽中試驗，以測定一艘實際大小的船在水中運行時所受的阻力。在同一世紀，工業技術的進展使我們能建造比從前更大、更快和更可靠的船，這時，造船的材料已經是金屬而不是木材；機械的動力也取代了風帆。

工業技術革命解決了很多老問題，但是同時又帶來了新問題。策劃一艘現代動力船牽涉到從前帆船設計者從來沒碰到過的許多錯綜複雜因素。然而從根本上說來，老祖宗用一根木頭造獨木舟時所遭遇的三大問題，仍然是現代造船工業中的關鍵問題，那就是：浮力、穩度和強度。



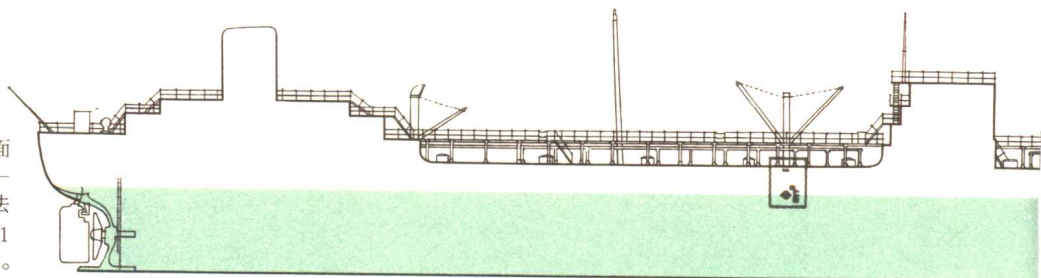
船身的載重水線記明船在各種地區和季節合法載重的深度——熱帶(T)、夏季(S)、冬季(W)和淡水(F)以及海水。由於北大西洋冬季氣候惡劣，行駛該區的船載重量必須減少(只能到WNA線)，否則很危險。

在澡盆裏發現原理

公元前 250 年的一天，阿基米德正在澡盆裏享受那份舒暢時，突然發現了浮力的原理；一個物體的一部份或全部浸在液體中，受到一種與它所排開的液體重量相等而方向相反的浮力作用，就浮着，或定住不動。軟木和木頭浮在水面，因為它們的比重比水小。然而金屬比重比水大，一磅重的銅塊落在水中會筆直地沉到水底。但是，如果同一磅銅被敲成薄而淺的碗，就會浮着。因為它現在與水的接觸面積大得多，比重相對減小，它排開一磅的水，而相等於排水重量的力使它浮起。

儘管有阿基米德的原理足以為證，但在18世紀末葉和19世紀初葉，主張用鋼鐵造船的人仍然被譏為癡人說夢。老水手們說：“木能游水，鐵却不能。”到1787年，約翰·威金遜用鐵片所造的長70呎的駁船“試驗號”確實能夠浮在水面，而在1821年，長106呎的第一艘用鐵造的汽船，安全駛過英法

一艘滿載的油輪，其船身的大部浸在水面下。船身的綠色部份——船的排水量——依據於船中間載重水線(詳見上圖)的合法規定。船尾和船首吃水標誌的數字(見11頁圖)標明船體在水中的深度，一目了然。



海峽，懷疑論者這下子啞口無言了。

這時，人們應用數學解決了所有對一艘船浮力推測計算的問題。每一艘現代的船都由建築師從它的船體水線和尺寸來設計正式排水量曲線。這種圖表在船付用時交給船上職員。在裝卸中要計算重量或排水量，他們只需瞧一瞧船首和船尾的平均吃水，就是水線和龍骨之間的垂直距離，就行了。稍稍瀏覽一下圖表便可判斷它所排水的重量是多少噸。當然，這個數字等於它本身的重量加上船上所有人員和物品的重量。反過來說，該船職員還可從圖表知道在任何載重的情況下船的吃水。

但是，光是確定一條船能夠浮起來是不夠的，它必須在任何可能的情況下都能浮在水面。因此，一艘現代的鋼鐵輪船船體必須用不透水的叫作艙壁的橫向分隔板間隔起來。如果由於碰撞、戰炮的轟擊或其他情況使船體的一部份進了水，另外的艙仍可保存足夠的浮力而使船不致沉沒。分艙最多的輪船，如油輪，甚至因碰撞而折為兩段時還能夠浮在水面。

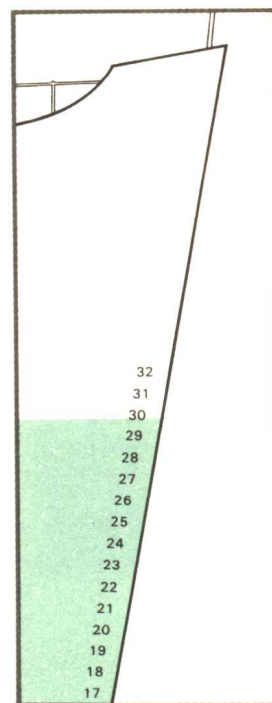
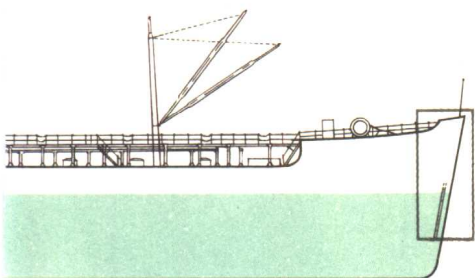
搖椅的作用

穩度——一艘輪船左右搖擺的傾斜總是能像搖椅或不倒翁一樣回到直立的位置，這是設計的第二個要素。對稱只是一個初步條件。工程師設計船體的左右舷如一體的兩面。為了預先知道船的總重和正確的分配，設計人將船上的每一樣東西，從龐大的動力設備到船員的床位，全部規劃在內。

影響每一艘船穩度的，是兩種方向相反的作用力。一是船本身重量的總和，就是向下產生的力量。二是水的支持力，從浮力的中心朝上發生作用。當一艘船停泊在水波不興的港內時（如第12頁插圖所示），它的重心恰在位於船的垂直中心線上的浮力中心的上方。

然而，如果近處過往的船送來的浪使它暫時傾斜（仍見12頁圖，下方），這個位置就改變了。例如，如果是朝右舷傾斜，浮力中心便橫向移到右方。這時浮力中心和重心之間的關係變得非常要緊。如果重心夠低，它就會移到浮力中心的左方，而向下的重力和向上的浮力就合力把船推回到直立的位置。然而，如果重心太高（如13頁圖所示），它就將移到浮力的右方。這時，朝上和朝下的力量會合力增強傾斜度，船就有傾覆的可能。

約在18世紀中葉，法國數學家和現代海軍建設奠基人比爾·布格爾設計了一種實用的方法，來估計一艘船的穩度。這種方法一直被作為標準方法使用。布格爾的概念是以他所謂的定傾中心為基礎，其位置在船體中心

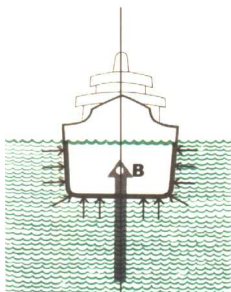


船首的吃水標誌表明從龍骨到水線距離。船尾類似標誌表明尾部的深度；船的吃水指首尾吃水的平均值。據海事法所規定數字字體高六吋，間隔六吋。本圖仍為那艘油輪示意圖，表示船首吃水為30呎2吋。

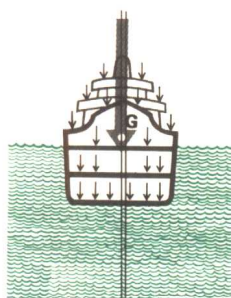
線和經過一艘傾斜的船浮力中心的垂直線的交會點。他證明，定傾中心M和重心G之間的距離可資量度判斷一艘船的穩度。這段通常被稱為GM的距離是設計師必須考慮的首要因素。如果G在M之上，船就有傾覆的危險。如果GM小，就是重心低，但是一直太靠近M，船就會慢慢搖晃，歷久不停，一旦發生碰撞，也隨時可能傾覆。然而，如果G在M之下而距離太大，則船會“過穩”，而猛一下回到直立位置，這又可能損害貨物，傷害船員和乘客。對一艘平均滿載的商船來說，安全的GM約為它的寬度的百分之五，這寬度指船本身最寬處的長。

船的重心決定於它各個組成部份的重量分配。因此，這個重心是隨時會改變的，例如在每次裝上或卸下貨物時，在每次補充燃料時，和在航行中消耗掉大量燃料時，重心位置都會有些遷移。在設計、建造船隻、考慮其GM值的時候，造船專家們必然要把這些因素全考慮在內，在通盤籌劃的基礎上，計算出M的位置，而後預測出在所有可以預見的情況下該船的GM值。

很容易想見，船在實際航行中必須時時注意保持正確的GM值。在裝貨時，不能裝得頭重尾輕或一側重另一則輕等等，以防止破壞了預定的M與GM。安全的滿載，就是平均滿載——各貨艙、全船各部重量均衡的滿載。



船在靜止不動時所受的兩種力是浮力和重力。浸在水中的部份受到來自四面八方的水的推力(小箭頭，上圖)。全部推力產生單一向上浮力B，在船身浸水的中心發生作用。向下的重力相等於船與船中所有東西的重量(小箭頭，下圖)。總的重力G，大致上在船的中心發生作用。



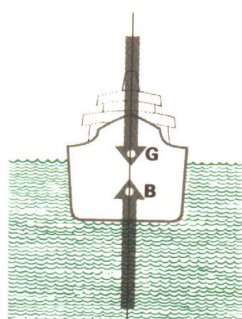
繫泊試驗計算法

當然，任何一艘船在起碇出海以前，都要經過實際的試驗，來鑑定它預計的穩度。首先，在甲板上橫裝軌道。再用一輛裝載數噸重貨物的巨型貨車沿軌道開到船的一側或另一側，使船發生傾斜。設計師在貨車離開船的中心線各種位置上，利用重錘來量出船的傾斜度。一個三角方程就可以給他所需答案：證實工程師所預計的GM值，以及G的正確位置。利用這些資料，可以算出從最大載重狀況到最小載重狀況的GM。再把這些資料交給船上的高級職員，作為航海的指南。

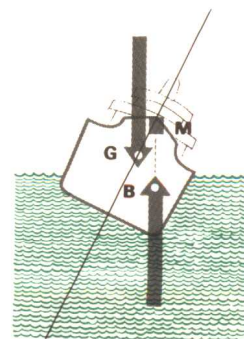
除浮力和穩度以外，船的設計師必須賦予它以韌力，使它能夠吸收和抗拒各種強大的外力，如向上的浮力、向下的重力和強風勁浪等等。

在金屬船問世的數十年以前，船的標準設計以脊椎式為根據。龍骨是脊椎，所有的木肋都附裝在上面。然後在骨架上覆以牛皮、樹皮或木板。外皮不但給船以浮力，而且和骨架一道增強船體所必需的韌力。

但是人類需要更長、更大船舶的時代來臨時，再沒有樹木有足夠的長度，可供應從船頭直到船尾的木板、或列板。列板必須用兩塊或更多塊銜



一艘穩定的船如果傾斜，可自行正立。直立時，船的重力G和浮力B成一直線。船傾斜時，B朝傾斜方向移動，於是向上推力和向下壓力G結合，使船身正立。這種穩度由定傾中心M的位置來量度，而定傾中心是一個理論點即向上力B和船身中部的垂直線相交點。此處M的位置在G之上，顯示穩度良好。



接起來。然而，木板相連的地方必然不夠牢固。這樣，自然就大大影響了整條船的可靠性。人們曾想了許多辦法，來補救這一點，但都不夠理想。

用鋼解決

歐洲的工業革命提供了答案：用金屬製造船體，先是用鐵，然後用鋼。鐵板可以釘牢在一起，而用金屬肋骨和橫樑加強時，就可以打造出具備一座橋樑所具的力量和彈性的船體。

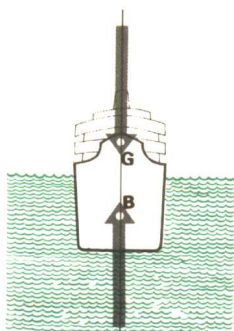
船體的加強鋼板可以有幾種用途：防水、支持甲板和在甲板上的一切重量。船的全重和人員貨物由船底承載，船底具有基座作用，如同一座建築物的牆腳。

再就是，船體得到船下水的浮力的支持。不過，當浪沿着船的長掠過時，浮力隨時會改變。當波峰在船首和船尾時，船體像懸在支架間的鋼樑一樣陷下在它們之間，因此，設計時必須使它能夠彎曲，但不致折斷。當波峰在船的腹部時，船就處於“中拱”的位置；並且朝另一方向彎曲，好像平衡在支點上一樣。船體必須具有力量和彈性，以經得起彎曲酬載。

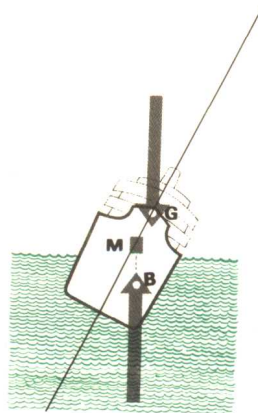
即使由於金屬船的出現而開始了一個新紀元，早年的兩個重要問題依然存在。一是複雜的噸位量度制；另一是船腹圈帶狀標記的佈置，它顯示在一定狀況下一條船吃水多少才算安全。

對於容積的現代噸位量度基礎開始於13世紀。當時，商船裝載的貨物以酒類為大宗，酒類是盛在大桶裏的，因此，一條船所載的大桶數目是它容量的大略標準。到了15世紀，英國制定酒桶的標準容量為250加侖；容積約57立方呎；重量為2,240磅。到17世紀，酒早已不是商船的主要貨品，便使用現代的說法“噸”和“噸位”；2,240磅為噸——有時稱為長噸——仍然被沿用為量度標準。19世紀，採用新方法來量度一條船的載貨空間和它的總容積，量度單位是100立方呎的“空間噸”。

多年來，量度變得一天比一天複雜。儘管這個問題牽涉到專門術語和例外，今天噸位數字一般是說明一條船的內部容積，或是它本身的重量，而這種重量是根據它的排水量來計算的。排水噸位通常指它在正常滿載時的重量。載重噸位指一條船所能裝載的貨物、水、油料、乘客以及船員的噸位數字。總噸位指以100立方呎容積為單位，量度一條船減去某些區域如壓載艙和廚房等空間後的封閉空間所得。淨噸位是指總噸位減去輪機、機艙、各級船員艙一類空間而言。一條長525呎的標準現代貨輪的約略值



一艘不穩的船如果傾斜，則不能恢復正立位置。由於這艘船較窄，上重下輕，B和G的位置相距就較遠(箭頭，左圖)。當船傾斜時，G的力量移向傾斜方向；兩種相對力量使船一直傾側，傾度甚至更大，直到翻覆為止。定傾中心M不像穩定的船那樣在G之上(見上頁)，而是在G之下。這是船不穩的關鍵所在。



是：排水量21,000噸；載重噸位13,500噸；總噸位9,200噸；淨噸位5,400噸。一般來說，客輪以總噸位論；軍艦以排水噸位論；貨輪和油輪則以載重噸位論。

船體安全標記

與此同時，船體漆上了標線，稱為普利姆索爾標(乾舷載重水線)，這些在船側的標線清晰可見，表示最小乾舷，就是在水線和船體頂端之間可容許的最小距離。普利姆索爾在1868年至1880年間任英國國會議員。他關注到因超載而發生的海難，於是設計了一個簡單的圓周，用一條直線水平平分(見第10頁)。如果一條船裝載了超過規定重量的貨物時，港務人員立刻可以看出。普利姆索爾圓圈上的字母指明授權當局：例如在美國輪船上是A B兩個字母，代表“美國船舶局”；在英國輪船上是L R兩個字母，代表英國“勞氏船級社”；在法國輪船上是B V兩個字母，則代表“法國船級社”，等等。

自普利姆索爾時代迄今，又加上了其他裝載線，正好在貨輪和油輪上的普利姆索爾圓圈前方的，是一條垂直線和六條水平延長線，說明在不同地區和海上狀況下的規定裝載限度。同時在船首和船尾還有兩組數字標明吃水，就是以呎或公尺為單位所標明的水線和龍骨之間的距離。

建築師在設計一條船時，已經確切算定了這條船的噸位空間、它所能載運的重量、一定負載時的吃水，以及為適應不同地區和海上狀況所必需的乾舷量。

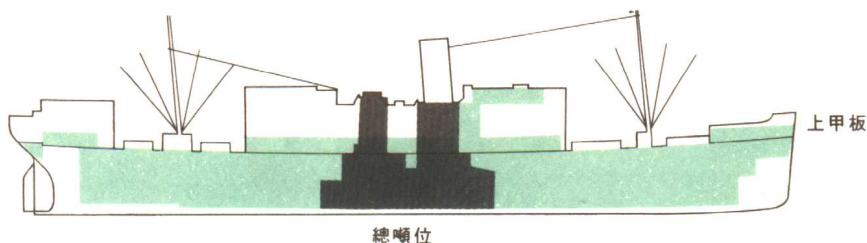
當設計完成和被批准之後，次一個重要步驟就是如何將鋼、鋁、塑膠和其他上百種建材變個樣。設計圖首先送到造船廠型線放樣間。這裏，有幾種方式，選哪一種視工場的技術而定，其中之一是轉變成實際製造金屬物的模型。設計圖紙可能變成實際尺寸的木模板，對造船者來說，它猶如袖子、裙裾和胸衣的薄紙樣對於裁縫的用處一樣：是最後各部份的輪廓——如鋼板製造甲板、艙壁、船舷和船底，以及其他無數種建材造船上各種東西。或者，把設計圖在玻璃滑板上複製，並在鋼板上用燈光映成實際尺寸。然後，工人照粉筆或顏料所畫的輪廓用割炬來切製。又或者，製成千分之一比例的刻度模板，作為割炬切製操作時電子控制的標準。

鋼板和各種材料將要具有的“模樣”被勾劃出來以後，便繼續它們豐富多彩的旅程。



上甲板(俯視圖)

一艘船的總噸位是代表它內部的整個空間(如下圖綠色所示)。不是以重量計，而是以100立方呎為單位計。因此，一艘總噸位7,000噸的船有七十萬立方呎的內部空間。這包括上甲板上各結構物內部(如上圖綠色所示)和機器所佔的空間(深灰色所示)，不包括一些地方如廚房、盥洗室和上層建築各部份。



裁製鋼板

下一步，在又熱又嘈雜的結構和角材廠中，有上千名技術熟練的金工割製船體和甲板鋼板，用以加固船身橫斷面的彎曲的橫肋骨，用以加固甲板和艙壁的瘦長橫樑，用以支持橫樑的各種支柱。

定製的部件——其中若干已經用機器打好孔以減輕重量——運送到附近的裝配區。裝配工以純熟的技術把各部份安放在適當位置。戴防護面罩的電焊工用電焊槍把它們和側船殼、格狀雙重底以及甲板鋼板焊接起來。這時，架空吊車吊起70至150噸重的、像房子一般大的局部裝配，凌空移動，小心地放落在造船臺上。一條船開始逐步成形。這個大鐵匣子愈來愈長，有了一個高大的船首、圓形的船尾、推進器、舵葉等。

某些造船廠使用低於海平面的乾船塢造船。當船體和上層建築完工時，工人就打開閘門，讓水流進船塢，船即緩慢浮起，離開墩柱和龍骨墩。其他在北美大湖區和內陸河道的船塢讓造好的船橫向下水。但是，大多數造船公司循用固有方式，讓船尾先滑入水中。

在下水前幾星期，造船木工先造好墊架，使船在滑行下水時能保持直立位置。他們很仔細地在地面滑道和墊架之間塗上一層厚達一吋的下水滑脂，等船一浮在水面就除去。（造船廠有時候使用其他潤滑劑；下水時從香蕉層上滑過的船屢見不鮮。）

不過，通常一條船在下水時離完工之日還遠着呢。以後要用幾個月的工夫在裝修碼頭上裝置動力設備和一般設備。如果是一條貨船或油船，要添建舒適的高級船員和一般船員住艙，也許還有五、六間特等客房艙；如果是一條客輪，就要裝設全套房間、臥房、戲院、餐廳、游泳池、酒吧和商店等。

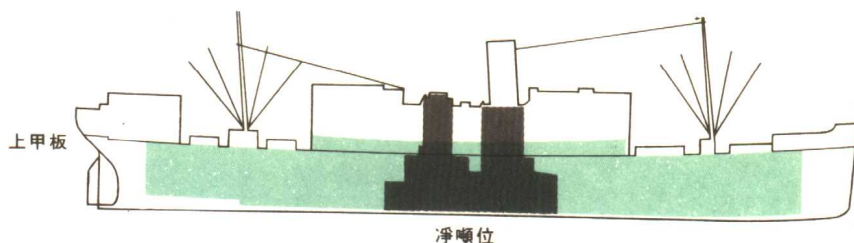
最後，安裝水、電設備和通風設備：用水泵和鐵管輸送淡水和鹹水、暖氣，把燃料油從雙底油箱導入鍋爐艙沉澱槽以清除雜質和排掉水份；成排的風扇和數不清的導管把暖氣或冷氣送入特等客房、廚房和船員房艙，排除貨艙空間濕氣，把下甲板的清涼空氣送入輪機室和機艙間；嗡嗡作響的發電機和上千哩的電線、電纜發送電力，供全船照明用並且供給各類機械所需動力。

除了這些，其它預定派作特殊用途的船（例如破冰船、科學考察船、捕鯨船……等等）的裝備更加複雜，要花更多的時間、人力，更多的金錢，來製造、安裝它們。



上甲板（俯視圖）

一艘船的淨噸位，和總噸位一樣（如上頁所示）表示容積。但因它大略表示客、貨空間（如上、下兩圖綠色所示），所以是該船比較可靠的應得動力的指數。這個指數是由總噸位減除機器空間的部份（如下圖灰色所示）和其他“不應得”區間，如為船員所設區而求得的。繫泊費和港口費以淨噸位為計算基準。



這些設備一旦裝置完竣，等它試航歸來，用一把掃帚縛在桅頂，表示速度正常、操縱自如，並經其他試驗以後，它就成為世界遠洋輪中的一員。現在，它可以在大海上自給自足、乘風破浪地遠航了。

裝配線上的 貨輪

過去幾個世紀以來，不僅船本身，連造船的方法都發生了急驟的改變。而今日改變得最顯著的莫過於瑞典戈提堡港附近的阿朗達造船廠。在那裏，有一處場地可能是千年前北歐維京海盜手製“長船”的所在地，新一代的造船家就在那兒實際上是高度機械化的船廠中造船。阿朗達把裝配線原理和美國在第二次世界大戰期間、建造自由輪和勝利輪船隊的預製方法綜合起來；同時再選取其他的現代造船廠所採用的最佳造船技術，和他們本身的改良技術綜合起來，設計成獨一無二的生產線，可在18個星期內造成載重70,000噸的油輪，所用時間約為較老式造船廠所需的一半。而在一條船快要完工時，工人們就已開始裝配下一條船了（見右圖）。

預製船尾

阿朗達船廠的一名工人正在打磨鋼板的邊緣，火花四濺，這是構成油輪尾部骨架的一部份。這樣可保證船的鋼殼和已裝肋骨的

骨架相連時能焊接嚴密。幾十套這種預製船體分段，其中有些重達300噸，最後裝配完成時就形成船體。這是一項大工程。