

李約瑟 著

陳立夫主譯

中國之科學與文明

第十二冊 航海工藝 (★)

譯者 金龍靈 楊傳琪
校者 林纒民 劉拓

中華文化復興運動推行委員會編譯
「中國之科學與文明」編譯委員會編譯
臺灣商務印書館發行

中國之科學與文明編譯委員會說明

本書第一冊出版後，本會總編輯陳立夫先生于六十一年二月九日寄贈原著者李約瑟博士一冊，附函表示歡迎其批評與建議。李約瑟博士于三月八日自英國劍橋復函，譯附如下：臺北國立編譯館轉陳立夫：本年二月九日尊函，敬悉。承惠贈「中國之科學與文明

」第一卷漢譯本一冊，亦收到，匆匆拜讀一遍，萬分欣喜！譯本之編排與版式，極便于閱讀；字體及封面等，又清晰悅目，良堪讚美！以下各卷，原書頁數，有較第一卷頁數超出兩倍以上者，其譯本似須分裝二至數本，始能與第一卷譯本相配合。弟本人及合作者得親睹此書終能以漢文面目問世，實感覺獲有無可名狀之愉快，願借此機會向先生致最懇切之敬意！

李約瑟（英文及漢文之簽名）

李約瑟博士建議以下各卷原書頁數較多，其譯本可分裝二至數冊，以與第一冊相配合，此項意見，至為恰當，因此，本會決定將原書自第二卷（Vol. II）起之譯本分裝如左：

第二冊——原書第二卷 8 至 13 章科學思想史

第三冊——原書第二卷 14 至 18 章科學思想史（續）

第四冊——原書第三卷 19 章數學

第五冊——原書第三卷20章天文學

第六冊——原書第三卷21至25章氣象、地理、地質、地震、礦物等學

第七冊——原書第四卷26章物理學

第八冊——原書第四卷27章機械工程學

第九冊——原書第四卷27章機械工程學（續）

第十冊——原書第四卷28章土木及水利工程學

第十一冊——原書第四卷29航海工藝

第十二冊——原書第四卷29航海工藝（續）

至以下各卷，俟付印時再行酌分，以資配合。至于章節等之數字，仍用原書1.2.3.及（a）（b）（c）等爲序，以便利讀者查閱及對照原書。

本書內容廣泛，參考書籍多不易查考，本會對於譯述審校工作，雖曾深切注意，力求正確；但限于事實，錯誤仍恐難免。尤以科學技術名詞及人名地名之翻譯，或與標準譯名未符，或一名數譯，致前後歧異。第一冊問世後，曾承吳大猷、華谷月、陳良佐、王家儉、陸寶千、鄭亦同諸先生惠賜評述，指出若干錯誤之處，至深感激，本會當即編印勘誤表，附入未出售之書內，藉資補救。此後陸續出版之譯本，更望各方學者多予批評指教，本會自當虛心接受，力謀改進。

第十二冊 目錄

g 推進	一
(1) 船帆：在縱帆裝置發展中中國所佔的地位	一
(i) 緒論	一
(ii) 蓆墊橫條帆及其空氣動力特性	二一
(iii) 歷史中的中國船帆	三七
(iv) 中國船帆在世界航海發展史中的地位	五二
(v) 下風板及中心板	九二
(2) 船槳	九九
(i) 划行槳及帶柄槳	九九
(ii) 搖擺尾櫓及自動平槳推進器	一〇四
(iii) 東方及西方的人力機器	一三

h 控制(II)，操舵	一一九
(1) 緒論	一二〇
(2) 西方自艫槳至艫柱舵的發展	一四三
(3) 中國與軸轉舵	一五四
(i) 中國原文證據	一五四
(ii) 圖像及考古證據	一七四
(iii) 傳播及創始	一九二
(4) 平衡舵及多孔舵	二〇二
i 海上和平及戰爭的技藝	二〇九
(1) 船錨、繫泊、船塢及號燈	二〇九
(2) 拖航與拉纜	二二四
(3) 艙船、船殼包板及水泵	二二七
(4) 潛水及採珠	二三七
(5) 戰艦前端的撞角	二六二
(6) 裝甲板及鈎爪；射擊戰術對短兵格鬪	二七二
j 結論	三〇五

圖表

圖一〇〇五	主要船帆型式……………	四
圖一〇〇六	風力對帆船推進的作用圖……………	一七
圖一〇〇七	表示橫箄及順風掉箄之原理圖……………	一九
圖一〇〇八	各種不同船舶近風航行的能力……………	二〇
圖一〇〇九(a)	中國主帆的描述……………	二二
圖一〇〇九(b)	一標準運輸中國帆船(條船)……………	二三
圖一〇一〇	山東沿海，在一多雨有風天氣中，一貨船的主帆圖……………	二五
圖一〇一一	抵達威海衛安東貨船帆脊緣邊的詳細圖……………	二六
圖一〇一二	揚帆航行中之「寶慶邱子」貨船……………	三一
圖一〇一三	一陽江(廣東省)挂帆漁船……………	三一
圖一〇一四	一陽江漁船的船帆……………	三三
圖一〇一五	位於湘江上的長沙斜檣帆舢板……………	三四
圖一〇一六	在巴布亞(即新幾內亞)，Moresby港口所製的美拉尼亞式雙 桅斜檣帆簡圖……………	三八
圖一〇一七	太湖拖網漁船……………	四二

圖一〇一八	一印尼 Prao-mayang 式船	六一
圖一〇一九	自多羅灣出發的漁船	七八
圖一〇二〇	爪拉丁家奴漁船隊中的一小艇	七八
圖一〇二一	威尼斯水域的「trabaccola」式船	八一
圖一〇二二	基爾城印章上的船帆	八三
圖一〇二三	利用平槳搖櫓以操動一小型駁船之圖	一〇七
圖一〇二四	在重慶附近長江三峽一急流逆流向上拖曳的小艇	一三二
圖一〇二五	西元約一二〇〇年李嵩繪巴船下峽圖	一三七
圖一〇二六	杭州灣貨船上的舵及舵柄	一三八
圖一〇二七	汕頭貨船的甲板前視圖	一三九
圖一〇二八	廣東快浪船上的舵及舵柄	一四〇
圖一〇二九	屬於古埃及型式、具有舵柄的艫橈	一四五
圖一〇三〇	在歐洲兩種最古老軸轉或艫柱船舵描繪之一	一四五
圖一〇三一	在韓國西方沿海大都省江華島小避風港中所建造的中型傳統式 漁船縱剖面	一六五
圖一〇三二	具有牽索雙脚桅的載客江河帆船兩艘	一七八

圖一〇三三 (a)	檀浦戰爭卷軸畫中之巨大戰船	一七九
圖一〇三三 (b)	Moko Shūrai Ekotoba 卷軸畫中，其中一船舶之簡略繪圖	一七九
圖一〇三四	「清明上河圖」中一艘載貨船上懸吊及平衡舵裝置的詳細圖	一八三
圖一〇三五	顧愷之的船舶繪畫	一八五
圖一〇三六	在廣州掘出第一世紀灰色陶器古墓模型船的艙視圖	一八九
圖一〇三七	對第一世紀古墓模型船舶舵裝置的方式及形狀所繪的簡圖	一八九
圖一〇三八	日本偉大主持菅原道真流亡海外所用的船舶	一九〇
圖一〇三九	al-Hariri 所撰 Maqāmī 原稿中的船舶	一九〇
圖一〇四〇	香港及南中國其他各港口的貨船	一九五
圖一〇四一	福州木材運輸船舶舵圖	二〇一
圖一〇四二	一福州木材運輸船上的巨大懸吊舵	二〇三
圖一〇四三	一麻秧子的船舵	二〇三
圖一〇四四	在乾船塢中，一香港漁船的船艙	二〇八
圖一〇四五	「福建造船」原稿中兩種斧型錨	二一三
圖一〇四六	「武備志」中的斧型錨	二一三
圖一〇四七	「四川鹽法志」中正被拉繆上行的鹽船	二三五

圖一〇四八	「天工開物」中的沒水採珠船	二四一
圖一〇四九	李招討採珠拖網	二四二
圖一〇五〇	第十六世紀最後十年韓國海軍中一艘裝甲「龜船」	二七七
圖一〇五一	隋朝五牙艦圖解	二九七
表七二	船帆型式分佈及起源的圖解	五四
書目		三一七
索引		五一五

29 航海工藝（下）

（g）推 進

1) 船帆：在縱帆裝置發展中中國所佔的地位

（i）緒論

船帆之定義，可爲成幅之織物，以各種不同之方法在船上保持張開，使能利用風之壓力及流動力，在航線上推船前進。各種不同時代，各種不同地區現存及已曾存在之各種船帆，以及各種船帆之配合，係具有繁多之形式，及不同之裝置，彼等錯綜複雜之情形，幾乎能使人感到迷亂。如果此等複雜情形係由於反覆之變動，或僅係由於地方習俗所造成之結果，則除去航海技藝中之業餘愛好者外，此項課題將不可能提起任何人之興趣；但事實上，船帆之發展係循一單一之創造脈絡，經過所有之必經階段，向前演進，在演進途中，不僅在具有和風推送有利之情況下，且即使在直接進入暴風中心之不利情形中，人類之願

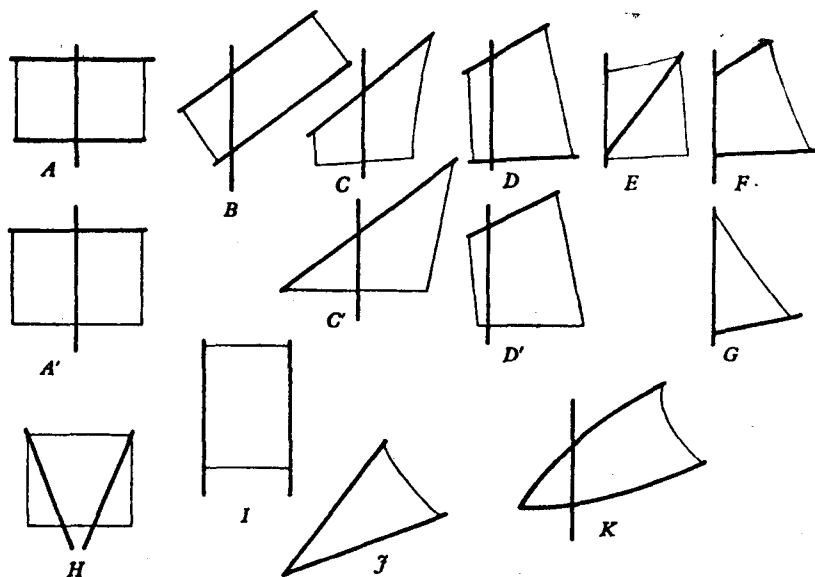
望，亦必須藉揚帆航行之方法，從天然之災難中，以獲得解救。雖然，僅僅憑藉船帆本身之力，航海人員決難完成此偉大航海事業，但必定存有一最大效率特點，在船舶揚帆迎風航行中，可使船帆達到該特點，而使航海人員最終能完成其航海事業〔註一〕。因此，航海技藝此一分支之歷史，可能用雋語方式敘述爲——S. W. 與 N. W. by N. 兩方位間，在羅經上具有一九點方位點之差（每點面對正北方（N）所來之風，而自 S. W. 方轉向 N. W. by N 方以向前邁進，方位差計合一·一五度），該項方位差之變化發展，係經過三千年之久，始於最後達成。

爲使對以下所述演進能有所了解，有必要使讀者對曾被稱之爲船帆「基本型式」的各種主要類別，牢記於心。〔註二〕此等主要種類之船帆，係以簡圖描繪於圖一〇〇五中。

〔註一〕或極爲接近〔目標之〕之達成。Bryan Thwaites 教授以爲：即使係現代，吾人仍能希望，在航行進入風力中心之遊艇上，改進其推進航行之能力，有關在本節中，Bryan Thwaites 教授所提供之建議及草稿，吾人深致感激。

〔註二〕有關於詳盡之資料說明，參閱：Moore(1)；Smyth(1)；Anderson & Anderson(1)；以及甚多其他書籍，其中包括諸如下列之各種海事詞彙：Gruss(1)；Ansted(1)；Adm. Smyth(1)。

在此等圖解中，桅及圓柱（spars）係以粗線加以顯示，而帆之自由或活動緣邊則以細線代表。最早，其存在有方形橫航，此為最古老最簡單之船帆，而相對船桅作對稱之張掛，且經常要求有一橫桁之裝置，但在各種不同時代及地區，其有裝用或不裝用一項帆腳杆（A, A'）之區別。方形橫帆係屬經常在其同一帆面接受風力之唯一主要船帆。當風來自船之後方，而對向船之右手側吹送時（亦即，風力來自後方，自右舷後側（starboard quarter）向前吹送），則船帆右手之一側（右舷側），將必須加以支撐，使之位於船桅之前方，而船帆左手一側（左舷側），將使之位於船桅之後方。然後，當風向變換，轉向來自另側左舷後方，或船舶轉變其航向，則船帆方位位置將予以反轉，換言之，即當船帆加以調整對向風向時，使原為前端或上風端桅桁臂（yard-arm）變為後端或下風端。但概括言之，此等操船運轉方式迅即達到其所受各項限制之極限，長久以來，所有各處海洋及各種文化所屬之水手們，不斷尋求某項方式，使彼等能自方形橫帆之主要橫向操帆特點中，獲得逃避解脫。（在演變過程中）僅需憑藉計畫船帆佈裝之方向，即將容許該等船帆之帆面，其能位於較為接近船舶長軸之方向，亦即船長前後縱向之方向，而即由於此項佈裝，始能使船上水手們能具有獲取正橫方向或反對方



圖一〇〇五 主要船帆型式。桅，橫桁 (yards) [在桅之頂端]，帆腳桿 (booms) [在桅之底端]，斜樁或斜桅 (sprits) 斜桁 (gaffs) 等等以粗線表示；船帆 [活動] 緣邊以細線表示。本圖並不試求表出各種船帆相對尺寸比例大小。

- A 具有帆腳杆之方形橫帆 (square-sail)
- A' 無帆腳杆裝置之方形橫帆 (鬆腳帆 loose-footed-sail)
- B 具有帆腳杆之印尼斜裝 L 方形 [矩形] 帆 (Indonesian canted square sail)
- C 具有短段帆胸 (luff) 緣邊之大三角帆 (lateen sail)
- C' 無帆胸緣邊之大三角帆
- D 在桅前具有頗大帆胸面積之梯形帆 (lug-sail)
- D' 在桅前具有減小帆胸面積之梯形帆
- E 斜樁帆 (sprit-sail)
- F 斜桁或遊艇帆 (gaff-or yacht-sail)
- G 羊腿式 [三角] 帆 (leg-of-mutton sail)
- H 印度洋兩歧桅斜樁帆 (bifid-mast sprit-sail)
- I 美拉尼西亞式雙桅斜樁帆 (Melanesian double-mast sprit-sail)
- J 海洋 (坡里尼西亞 [Polynesian] 式) 樁架三角帆
- K 太平洋式杆架三角帆 (boom-lateen sail)

有關詳細解釋，見文內說明。

向各種吹送風力之利益〔註一〕。

所有此等其他型式船帆，按序漸次接近理想縱帆裝置 (fore-and-aft rig) 之概略型式，兩者間之基本差異在於：方形橫帆，係相對船桅，其兩側作對稱之裝設，而縱帆在桅兩側帆面積則具有差別。因此，此等縱帆，係以船桅作為轉軸，繞桅作旋轉之擺動〔註二〕，在適當之風向作用機遇下，某一時間風力作用於船帆之某一面之面積上，而另一時間則作用於船帆另一對側面之面積上〔註三〕。用以保持船帆在船內之位置及調整船帆所對之方向，且附裝於船帆之外緣 (船帆之帆脊 [lee-edge 或 leech]) 之繩索或帆腳索 (sheets)，其在船帆中目前所擔任之功用，實較過去者更為重要。縱帆 (fore-and-aft sail) 在各種最原始型式中之一，係屬如圖一〇〇五 B 中所示之印尼斜裝矩形船帆，其〔目前〕仍屬保留矩形之形狀〔註四〕。次一發展階段，可從在大三角帆所示之型式中以探索，而因此其具有阿拉伯文明之特點；現在其存有兩種型式 (如圖一〇〇五 C, C' 所示)，在前式 C 中，其保留有一段帆胸 (luff) (亦即船帆之一短段前方或

〔註一〕 方形橫帆，自古埃及，以至飛剪型快速帆船之應用，其間經歷過整個航海歷史之演變歷程，正如在 Casson(2) 中所曾提述者，「在演變中，特別在利用尾後〔向前〕吹送之風力，所完

成之各項長距離航程中，尚無其他形式之船帆，能與方形橫帆相匹敵者。方形橫帆提供其每一寸帆面積，供作風力推進之用，船舶能以舒適而安全之方式，乘風航行，且其帆布布幕僅需最小量之裝卸處理工作。」此外，具有方形橫帆裝置之船舶，其可以張掛，較縱帆裝置船舶所能懸掛者，兩倍面積之帆布幕，該項具有較大面積之帆面，在輕微和風推進中，其極具價值，且因橫桁及帆布幕係經常離開船桅向外鼓張，兩者間之磨損當不致發生。上述各點，會由 Cdr. George Naish，在談話中及函信中，時常對吾人加以強調。

〔註二〕

在此項縱帆低度發展之各種型式，其有如在活動梯形斜帆之情形中（梯形斜帆計有兩種，即活動梯形斜帆（dipping lug sail）及固定梯形斜帆（standing lug sail），活動梯形斜帆不若固定者易于操縱控制。蓋因當船舶轉向上風方向行駛時，其帆趾之鈎扣應予鬆脫，或使其飄擺，轉向時，須使帆下降，因之船舶每一轉向將使帆趾及帆喉或橫桁前端繞桅多轉（即由桅之一側移至另一側）一次——譯者註），此種型式之船帆，在船舶航行轉向中，其可能有必要對船帆予以降落，再加以張掛一次。有時，在嚴格之意義中，其可能並無船桅之存在，但其原理則保持不變。

〔註三〕

下列摘要說明，主要係欲向對本節課題業已有所熟悉之讀者，作一提及。Bowen(2)於最近，曾對為一般人所接受，而有關主要船帆分類之觀念及定義，有所懷疑。彼意欲採用 Webster 字典中之一項狹義之定義，即一項縱帆（fore-and-aft sail），係「一不由一根或多根橫桁加以支持，而平常係裝載於斜桁（sprit），或牽索（或支柱）（stay）之上，且裝用或未裝用帆杆之任何桅帆。」因此，對 Bowen 而言，僅有下列之桅帆，係屬真正之縱帆，亦即在此等桅帆中，帆胸（luff）緣邊係附裝於船桅上，且除開應用帆腳索外，其不必應用任何

帆具，即可使船首完成迎風掉舵 (tacking) 之操作。Bowen 承認大三角帆 (lateen sails) (且梯形帆自亦) 可相對船舶使之，且時常使之，作前後方向之配置，但彼強調下一事實，大三角帆罕有作迎風轉帆之操作，而能完成適於該等桅帆特性之順風掉頭 (wearing about) 的安全操作。Bowen 進一步說明：大三角形帆及梯形帆可使其在與船舶作橫交佈裝之情形下，在風前航行 (即順風航行)，而不致發生變換艫風 (gybing) 之危險 [變換艫風，係指船舶在順風或避風方向行駛中，將船尾橫兜風向，使自原有之風在左 (右) 舷正橫後方吹送，移至風在右 (左) 舷正橫後方吹送，用以改變航向——譯者註]，在此方面，此兩種形式之船帆，係與方形帆 (square-sails) 較為相似，且同時當船帆背對船桅時，此等帆將不迎風航行。但，由於此項定義，使 Bowen 牽入另一項困難，此項困難係由於，其必須承認，現存在有某等確定型式之桅帆，此等桅帆可以僅藉移動帆腳索，使之作迎風掉舵 (或迎風轉帆) 的操作，然而依照其所下之定義，因為此等桅帆係設置於橫桁之上，舉例言之，如甚多之梯形斜帆，故此等帆不屬縱帆。

於此，吾人當不能採取 Bowen 之觀點，或對 Bowen、對 Anderson、Chaterton，以及對其他作者批評中之各點，不能同意。其確定而遠為更佳之方式，係仍然保持縱帆原有之定義，即由於該等桅帆相對船身之縱向關係，而以能容許迎風揚帆行駛之各種桅帆，作為縱帆之定義。〔依照該項定義〕，吾人瞭解，在一種稱為「洪伯船」(Humber keel) 〔為用於 Humber 及其他約克郡 (Yorkshire 英東北部最大之一郡) 水道中之一種平邊、圓端、平底船隻，在船中裝有一桅，其具有一方形主帆及一頂帆 topsail，主帆可為縮結於橫桁上之單帆或雙帆——譯者註〕上之桅帆，當其幾乎沿船長撐掛時，前項定義亦包括將此類船

上之桅帆，歸屬於縱帆之類，而嚴格來講，該類桅帆係屬方形帆。但因所列舉例係完全屬於例外，且一項殘存遺物，可藉鋼絲牽索及機械裝置，使其竄改會成爲可能，而該等牽索及裝置，在古代或中古時代〔歐洲史上之第五世紀末期至第十五世紀中葉之時代〕並不爲人所獲悉，故該項定義，並不影響歷史〔資料〕之處理。對中國資料而言，Bowen之定義係更不充足；正如Ibn Battūṭah 於第十四世紀所業已聲稱者，中國梯形帆，其確可僅藉移動帆腳索（Sheets）以完成迎風掉舵操作，且當背對船桅時，在迎風方向航行中，由於此等桅帆之剛度，該等船舶桅帆確會作良好之張掛。Webster字典，純係由對近時西方全帆裝置船舶（full-rigged ship）〔係指在其所有三個或更多船桅上之上桅帆（topgallants）或其上張掛全套方形帆之船舶——譯者註〕之熟悉，而推論所得之定義。正如Anderson在其對Bowen答覆中所申述者，其寧願保留較古老之定義，依照該一定義，縱帆係指在船帆兩側之任一面接受風力，而經常使其同一緣邊保持迎對風向之桅帆。Hasler(1)係作如後之稱述：「中國之梯形帆，係一純粹之縱帆。」

在一較近之文稿中，Bowen(9)曾維持其採用之術語。但在其兩項研究報告中，其包含有在帆及帆具發展演進關係上之大量資料，由於此等資料，此不僅在贊成其所得各項結論方面，被迫採取一項巨大之步驟，且就其對航海學識所作之貢獻，應給予重大之讚賞。

〔註四〕 見Bowen(2)，一九九及次各頁，Bowen(9)，一六三，一九二，一九七各頁，此爲一項平衡梯形帆。