



■ 劉謙

商船航海學與 船藝學技術

航海學與船藝學的技術加上冒險的精神，
把麥哲倫、哥倫布、納爾遜等變成傳奇人物。
理想的海員就是
一位在適當的時間以正確的方法完成工作，
具備敏銳的海洋感知與航海智慧的人。





電子海圖資訊系統是利用資料套疊的方式，分別儲存需要的訊息，依使用者需求顯示。



觀測目標方位的方法是把方位圈（Azimuth circle）架設在電羅經的複示器上讀出目標方位。（圖片來源：陳彥宏）

在歷史開始記載時，人類就有在水面上航行的紀錄，航行在歷史記載之前應該早就存在吧！起初，或許只是隨波逐流，但很快地人類面對到從哪裡出發前往哪裡的問題。引導一個交通工具從一個點至另一個點的需求，這個交通工具可能是小艇或船、一艘潛艇、一架飛艇，或一具太空船，這就是航海學的起源。而一個定義完整的航海學，更應把「安全」或「有效率」納入重要考量。

或許，航海學在一開始是一種實用的藝術，但很快地加入了一些科學的元素，現今對航海學已用這兩個觀點來定義。它是一門科學，包含發展與使用儀器、方法、各種表格數據與航海曆；它是一門藝術，包含有效率地使用這些工具、在使用工具時獲得的資訊能夠應用與解析。大部分的工作必須用精密儀器與正確的數學計算來完成，因此，當完成儀器的觀測後加以計算，有經驗的航海員運用判斷力，就可以回答「我們現在位於海圖上的這個位置」。

航海學可以分成四個主要的範疇：引航、推算、天文航海、電子航海。如此分類的原因是有有些航海的方法無法確切歸類，例如雷達航海是利用電子設備提供的資訊應用於引航，這也是人類知識與能力隨著時代發展的成長過程。

引航

引航可以定義為決定一艘船的位置與運動方向，包含經常或持續地參考陸地目標、助航設備與測量水深。人類起初在陸地上藉由參考熟悉的目標與景色引導其運動，當人類移到水面上運送自己與貨物時，也是運用相同的技術運送。之後，當水面移動變成更廣泛的實務作業時，發展出人造的助航設備，起初可能相當的簡陋，但持續地改良成為現代化的電子助航系統。

早期的引航是參考自然陸地面貌特徵與構造及其他岸上目標，雖然不是為了引航的目的而建造的，但可以引導航行員。目前利用特定的助航設備如燈塔、浮標、日間標桿與霧號，在正常情況下，引航可以精密並正確地建立船位。

人類曾經完全依賴視覺與聽覺來引航，如今可藉由現代化科技發展的幫助，例如無線電、雷達與電子測深儀，大量地擴展航海人員的認知領域。因為這些設備以電子化延伸了視覺與聽覺，因此在現代化駕駛台經常使用。視覺與聽覺被設計精良的電子航行系統拓展後，更充分運用在引航作業中。

推算

推算是自先前已知的位置利用最佳且可以獲得的方向與距離資訊，投射出目前的位置，或預測未來的位置。當人類大膽地從事海上冒險活動時，超越了視覺可以參考的自然或人造陸地目標的距離，進入太深而無法測量的水域，因而發展出可以幫助估計其位置的程序。

「推算」這個術語來自於帆船時代，原文是「deduced reckoning」。在基本應用上，投影是採用計劃的航向與速度，不考慮風與水流。航向是由羅經決定，採用磁羅經或電羅經，且距離是取自測速儀，計算主機的轉速或把速度乘以時間。繪製推算位置可以用人工方式，或藉由推算追蹤儀自動分析方向與距離，而繪出連續的軌跡。現代化的慣性導航與都卜勒航海，在實質上就是使用新的科技能力擴充推算航法。

天文航海

天文航海是藉由觀測天體（太陽、月亮、行星與恆星）來決定位置。在不知風與水流的作用下持續航行許多天後，航海員就會感受到推算航法的不足，因而漸漸發展出觀測天體的技術。起初用的儀器非常簡陋，聰明的人類開始改良使其變得更精確。即便到了現代，觀測用的儀器與使用儀器技術的改良仍持續進行中。

對已經辨識出來的天體，測量其在水平線上的高度。測量得到的高度與該天體在測量時間的假設位置用數學計算的高度比較，即觀測的角度與數學計算的角度之間的差異，被用來決定觀測者的位置線。若干個精確觀測與數學計算得到的位置線，就可以獲得一個合理且精確的船位。計算時需要用到的數學，可以使用預先計算



天體（太陽、月亮、行星與恆星）的高度是利用六分儀觀測其在水平面上的仰角。



把各種航海儀器的介面整合在一組控制面板上的整合航海系統駕駛台

印製好的航海學專用數值表，或透過計算機或電腦處理。

雖然目前電子系統已使天文航海方法退到第二線，但在國際公約中，仍要求航海人員必須保持能夠使用天文航海方法來決定位置的技術。

電子航海

電子航海利用接收無線電波資訊與船上航行儀器或設備處理這些資料後，確定位置並決定航向，雷達航海與衛星航海都屬於這一主要分類的範疇。雷達基本上是「電子引航」，衛星導航則是非常特別地



應用無線電波。電子航海包括所有的電子設備，如測深儀、電羅經、慣性系統與都卜勒儀器。

電子航海系統可以提供的覆蓋範圍從數百到數千海里，定位精確度已下降至十公尺或更低。在大洋中，電子航海與天文航海技術相輔相成，天文航海在運用上是查表演算且自給自足，但需要良好的天氣以便於觀測天體與水平線；無線電波系統不論天氣的狀況都可以使用，但受到功率與儀器故障而有所限制。電子航海持續地藉由研究與發展而改善，有些早期發展的系統已經被新的版本淘汰，或由全新的系統取代。

最新的整合儀器會考量來自全球定位系統（GPS）的位置資訊於船舶的自動駕駛機制（所謂的「自動導航」），而提供連續的操舵修正來維持預設航跡。另一種新設備是電波航海接收器，可以結合來自兩種以上系統的資訊。衛星航海信號目前有美國主導的全球定位系統（GPS）、俄羅斯主導的 GLONASS 系統、歐盟主導的 GALILEO 系統、中國大陸主導的北斗衛星系統。

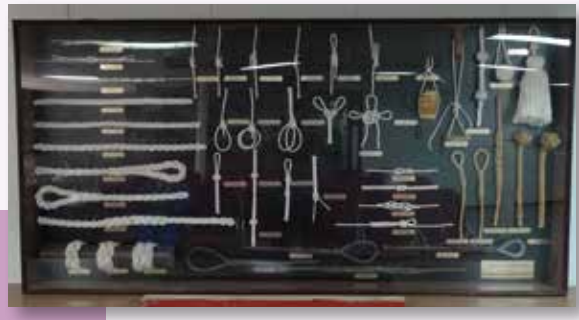
航海學要解決的問題

無論航海員使用航海學的特定方法或整合的方法，應用的程序必須提供其針對航海學上 3 個問題的解答。這 3 個問題是：如何決定其位置；如何決定從一個位置到達另一個位置的方向；如何決定距離，以及航行時相對應的因素如時間和速率。

位置 每一位航海員面對的 3 個問題中，最基本的就是決定其位置。除非知道位置，不然無法精確地、安全地與有效率地引導船舶的運動。術語「位置」意謂著在地球表面的一個可以識別的位址，或位



全球定位系統藉由接收來自人造衛星的無線電波資訊，計算出船舶所在的位置。



船上使用繩索或鋼索插編索結，應用於帶纜繫泊或固定機具。

於人造的座標系統中的一個點。位置通常以形容詞「已知」、「估計」或「推算」修飾其精確度，位置依其精確程度可以分成定位、航進定位、估計位置與推算位置。

定位來自於安全可靠，可以信賴的資訊，例如繫泊在碼頭、通過防波堤、橋梁下方、觀測到燈塔等目標，全球定位系統的資訊幾乎已經廣泛用於定位了。航進定位的決定來自於不同時間的定位資訊，主要原因是同一時間沒有其他可以信賴的資訊，通常適用在缺乏多個顯著目標的平坦海岸或大洋中航行。

方向 方向是連接兩點而不考慮其間距離的假想線的指向，是以一參考位置的角度來測量，使用極座標系統。最常使用的參考就是真北，當然也有其他的參考座標。角度 1 度可以分割成分與秒（ $1^\circ = 60'$ 、 $1' = 60''$ ）或以小數表示。方向通常以 3 位數字表示，若需要時以 0 為引頭數，例如方向在北偏東 7° 會表示成 007° ，若是北偏東 36° 會表示成 036° 。兩點之間的空間關係，自一點至另一點的方向，使得航海人員可以設定出發點啟程到目的點的航向。

距離 距離是空間中兩點的間隔而不考慮方向，在航海學，是測量在地球表面上自一點至另一點的線段長度。習慣上以公里、碼或海里表示，最普遍為航海人員使用的是海里，1 海里等於 1,852 公尺（或 6076.1 英尺）。

速率定義成移動的速率，而在航海學通常以每小時測量的海里數，或節（knot）為單位。國際單位系統是以十進位為基礎的系統，但海里依舊是在海上廣泛使用的距離單位。

時間可以是計時器或時鐘顯示的時刻，或兩個連續事件之間的時間間隔。單位使用時、分與秒，在航海學上鮮少使用到秒的小數位數。通常以四位數字 24 小時制來表示時間，在午夜後的 4 分鐘，時間寫成 0004，9：32AM 寫成 0932，8：15PM 則寫成 2015。

在船上，一天的時間分割成六個航行值更班。傳統上，一天的開始由二副值 0000 到 0400 的班，大副值 0400 到 0800 的班，三副值 0800 到 1200 的班，二副再上來值 1200 到 1600 的班，大副輪值 1600 到

2000 的班，最後由三副值 2000 到 2400（即 0000）的班。早期的船鐘每半個小時敲響，從每一值更班開始，第 1 個半小時敲 1 次，下一個半小時敲 2 次，當敲到 8 次，也就是 4 小時過去了，下一班的值更人員上來接手輪值，船鐘這時再從頭計算每半小時敲響。

換句話說，午夜時間 0000 敲 8 下，0030 敲 1 下，0100 敲 2 下，餘此每半小時類推，於是 0200 敲 4 下，0300 敲 6 下，0400 敲 8 下，0430 再重新開始敲 1 下。在航行值更的禮節，下一組值班人員會在船鐘敲響 8 次之前 15 分鐘上來接班。現在因為電子技術發展，幾乎船上每個房間都有電子時鐘連接信號到駕駛台的主鐘，掌管時鐘的二副在駕駛台就可以因航行跨越不同時區，而控制調整全船守值的區域時間。此外，船員的住艙也都裝設電話分機，因此船鐘的敲響成為歷史漸漸被遺忘了。

無論使用何種型式航海學或解算特定問題，航海人員持續用數學來作業。對測量結果的精密度而言，12.0 比 12 更精密，精確則指測量結果與真實值接近的程度，精密與精確代表不同的意義。一般計算或測量結果的精密度，距離是 0.1 海里，推算時間是 1 分鐘，方向是 0.1° ，速率是 0.1 節。總之，研究航海學就是學習如何測量與使用位置、方向、距離、時間與速率。航海學實務就是應用這些知識，確保船舶的安全與迅速航行。

智慧航海

隨著自動駕駛技術持續進步，無人駕駛船的發展也有相當的進展，挪威已經有航運

未來可以由一群具備海上歷練的航海人員，坐在陸地上的控制室內，利用先進的電子儀器操作與控制無人船完成海上航行任務。

公司開始試驗近海的無人駕駛船舶營運。與無人駕駛汽車類似，無人駕駛船同樣是借助包括全球定位系統、雷達、攝影機、感測器等，讓船隻在航道中避讓障礙物，以及無需人力介入的情況下，自主完成航行任務。

不難想像，未來的船舶是由一群具備海上歷練的航海人員，坐在陸地上的控制室內，利用先進的電子儀器操作與控制無人船，完成海上航行的貨物運送過程。

船藝學

船藝是指船上海員的工作。船上人員的組織分成 3 個部門：駕駛部（或稱甲板部）、輪機部、事務部。每個部門的組成人員都可以稱為海員，但本文的論述主要是駕駛部執行的業務。船藝學與航海學是船舶上兩種不同類型的業務，一位海員不見得擁有航海技能，但是一位航海員必須具備基本的船藝技能。

早期帆船時代，船藝學包括保養裝備以及操縱船上繩索、帆布與纜繩用具，運用風力驅動的船舶力學與手動機械。然而以帆船從事海上貿易的時代已經成為歷史，許多與船帆相關的特有設備知識都淘汰了。現代化商船船藝學取代了早期的船藝學，成為商船船員的基本要求。海洋與基本的海事原理並未改變，但是商船本身卻日新月異，無論是推進方式、設備、通信、保養維修與控制都不一樣了，一種全新的知識與技能是嚮往從事海上管理職務的船員所必須具備的。

海洋運輸的發展，展開了許多與海上生命與財產的利益相關的立法。關於船體結構細節、裝備與操作船舶、裝卸貨物、海上交通規則與其他法定的安全守則，形成船員職責的一大部分，必須充分了解與具備責任感。

船藝學的藝能與科學在海洋相關國家發展了數個世紀，海上運送也經由划槳推進



傳統天文鐘設置於海圖室，值守格林威治時間，主要應用於天文航海。（圖片來源：www.iwatch365.com）

的原始年代、帆船的發現時代、蒸汽機工業革命年代與便利的石油爭奪年代，進入了核能動力年代。海洋事業見證了發現新大陸的喜悅，開拓離岸領域的掠奪競爭，演變成來自羅盤上各方向的現代化貿易競賽。

船，一旦裝備好，就成為理想的、自給自足的，能夠運送貨物、軍隊、旅客、液化氣體、原油、礦產、穀物等。船舶配置的設備使她能安全地裝卸各種貨物與旅客，達到其設計乘載的目的。船舶可以運送各種能源包括煤礦、石油與天然氣，有效率地解決人類對能源需求的問題，發達的海洋事業造就了文明的世界。

要定義現代化船藝學的內容是困難的，它包括甲板機械與物理的知識、海商法與國際公約、繩索與鋼索、起重設備、貨物裝載、船體結構、船體穩定性、船舶求生與滅火設備、船舶通信、船員職務、海上避碰規則、氣象學、應急程序、海上搜索與救助、船舶操縱等包羅萬象。簡單地說，除了航海學以外的科學與技藝，都可以納入船藝學中。

對於航海人員而言，新科技與新技術的學習及訓練必須主動跟進，與航運科技的發展保持同步。



現代化貨櫃碼頭使用橋式起重機裝卸貨櫃

理想的海員就是一位在適當的時間以正確的方法完成工作，具備敏銳的海洋感知與航海智慧的人。但天有不測風雲，行船走馬總是存在著風險。沒有一個人可以從個人的海上經驗與長時間閱讀教科書來獲取完整的航海知識，但一位勤勉的海員會廣泛地閱讀航海相關著作，採取適當的作為與研究船舶和船員，預期可能發生的危機，然後在緊急情況出現時採取適當的動作化險為夷。

航運事業在過去幾個世紀經歷了戲劇性的變化，歷史上幾個重要的里程碑包括：鋼鐵船殼取代了木造船殼、高速船採用鋁合金或玻璃纖維強化塑膠（FRP）船殼、動力由風力演變成柴油機為主的內燃機。現在由於環保的意識抬頭，採用低硫含量燃油與液化天然氣為燃料的動力船持續發展中。貨物的裝運也進入全貨櫃化時代。

或許習慣於安逸的人不願意面對改革，但是對於航海人員而言，新科技與新技術

的學習及訓練必須主動跟進，與航運科技的發展保持同步。儘管自動化智慧科技發展神速，未來還是需要具備傳統技能與敏銳的決策能力，同時是一位具備電腦應用能力、了解國際公約與海洋相關立法，並且懂得使用科技產品來管理與操縱新式商船的現代化海員。

航海學與船藝學的技術加上冒險的精神，把麥哲倫、哥倫布與納爾遜變成傳奇人物。即使進入了 21 世紀，希望商船上的航海人員，以謙虛的態度，勤奮工作，同舟共濟，達成海洋運輸的任務與使命。最後引用 Winfred Ernest Garrison 的詩句勉勵有志成為航海人員的學子，

“O, God, thy sea is so great and my boat is so small.”

劉謙

臺灣海洋大學商船學系