

科學圖書大庫

船艇儀錶使用法

譯者 張志純

U666
Z30
(2)

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員王洪鎧氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

W-127/18

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良發行系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯者序

台灣現有 FRP 船艇製造廠約四十家，水泥船廠一家，木殼漁船廠一百餘家，足見小型船艇之生產，在我國製造業頗佔相當之比重。惟所造船艇，多未裝備精密儀錶，有之，亦僅屬引擎或馬達固有之儀錶，及頗簡陋之風標與人工操作之鉛錘索測深計而已。

外銷遊艇上雷達及聲納等電子裝置，則均付闕如，預備由國外買主自行購置安裝，與其他儀錶，無法形成一完全之系統，其與我即將由開發中國家進入開發國家之目標顯難符合。

本書介紹船艇上最重要之數種儀錶，以引起國人——尤其是製造廠商之注意。例如，我國原擬參加蒙特婁世界運動會帆船比賽，人員雖已進駐選手村，但功敗垂成，卒廢然而返，究不知該船上儀錶齊全與否耳。

張志純

六十六年一月十一日於台北市

前言

開始帆航以來，航行及操作遊艇止於至善之藝術以及效率駕駛技術之改進，係繼續在發展中。

不同舵手，尤其是在賽船時，以若干方式達成其絕招。由關於帆篷如何在順風及逆風均可驅動一遊艇之技術理論，滋生功成名就之技巧。從實際經驗之累積，舵手學習運用最有價值之資料片段，在不同風向及海面，自動自發的，行駛其船，登峯造極——渠發出一種『穩若泰山』之氣派。

沒有一種『穩若泰山』的技巧是顛撲不破者。最優秀的舵手不能偵察遊艇速率 0.1 或 0.2 海里之變遷，或虛表風速 1 或 2 海里之差異。往往，在淺水中藉與另一船並舷齊航，比賽舵手能獲得戰術的優利。渠能取得越多資料，其成功之公算越大。

在過去 15 年科技研究時期中發展之微縮儀錶化之材料與電路，現成千成萬的數量可供船主利用。多數此種裝備之準確度及敏感性是不可思議的。

適當選擇，正確裝設，並精巧使用之新式海上電子儀錶，對舵手之『穩若泰山』貢獻甚大。

裝備選用錯誤，安置不正確，缺乏維護，及資料處理愚昧，能將這十萬元之電子器材化有用為無用。

終於有一本關於此最近增加航船效率之『寶石小面』的完全文獻問世，足使船主之電子投資『源通四海，利達三江。』茲樂為該書作序。

David Thomas

目 錄

譯 者 序

前 言

第一章 概 說

- 第一節 船之用途..... 1
- 第二節 船之類型..... 2
- 第三節 甲板佈置..... 2
- 第四節 個人愛好..... 2
- 第五節 總結..... 3

第二章 航速及航程

- 第一節 推進器式換能器..... 6
- 第二節 槳輪..... 8
- 第三節 杜卜勒感覺法..... 9
- 第四節 細棍及應變規感覺法 10
- 第五節 水壓式換能器..... 11
- 第六節 電磁式感覺法..... 11
- 第七節 測程器之使用及校準 12
- 第八節 綜合航速儀及測程器 12

第三章 測風儀器

- 第一節 風速..... 16
- 第二節 風速指示計使用法... 18
- 第三節 風向系統..... 19
- 第四節 極形圖..... 20

第四章 回聲測深器

- 第一節 作業原理..... 23
- 第二節 安裝..... 26
- 第三節 操作..... 28
- 第四節 回聲測深器用於航行 29

第五章 績效儀錶

第六章 儀表之位置

第七章 裝置法

- 第一節 計劃裝置作業..... 39
- 第二節 船殼配件..... 41

第八章 結 論

- 索 引 45

第一章 概 說

近年來，小船上儀錶控制已進展至若干遊艇的儀器裝備簡直可與輕型飛機抗衡之程度，問題是：船主是否自其儀錶獲得全部價值？或者，它們是否最適合該行舟之類型？非常容易誤用儀錶并發覺其如此複雜奧妙，麻煩太多不合使用或未能提供充分的資料。僅因某一友人用它或見出現在別的船上而選擇一套儀器，誠與災禍為鄰。經常在海邊極積參加競賽之遊艇的要求，與週末在三角洲水域飄蕩之遊艇的需要，完全不同。

猶如有關娛樂性航行之一切事物，歸根結底，問題是你要你的船做什麼。此點對選船之初，關係重要。遊艇種類繁多，幾乎毫無限制，同樣，一如儀錶的情形，極易買到一艘不適合你所欲行船類型之遊艇。假設吾人已完成船的選擇并決定偶爾參加近海比賽，可能為俱樂部會員黃昏船賽，而於假日來一次全家福海上巡航。在儀錶控制方面，吾人所需為何？

顯然，要選用航速儀、測程器、測深計及風標。不過，尚不止此。或許，最好決定方式，為試回答一連串有關儀錶使用及該船設計的問題。

1. 船之用途？
2. 船之類型？
3. 甲板佈置？
4. 個人愛好？

若果吾人設法為想像中的競賽巡航兩用遊艇回答此等問題，吾人可有希望達到最佳儀錶部署。

第一節 船之用途

吾人決定要作短時間近海比賽及巡航，此意味著可能吾人將不用一專任航員在甲板下作業。因此，吾人在海圖室無需航速儀及測深計，只要一種測程器就行。如斯，吾人可將此一儀器與所有電子及控制器材共裝於駕駛室中。這樣做，裝設較輕巧，較簡單（電纜少，控制箱小，……）而大為便宜。

第二節 船之類型

讓吾人假設該船全長約27呎。此已夠大，能使吾人裝配儀錶而不受空間的限制，它亦夠挺，不受桅杆上風標及風速換能器重量之影響。此型船隻亦將給吾人航速儀應涵蓋之航程。一般同意，最大船殼速率為 $1.5\sqrt{\text{水線(呎)}}$ 。吾人船之水線長22呎，可得最大速率7海里。然當衝浪順風，或若吾人着手船尾平底轉彎，可能有時將超過此一速率，為僅百分之一或二之時間發生的情況而購買專用儀器，是毫無意義的。若吾人買一能測定0-15海里之航速儀，吾人僅能用其一半分割，吾人有興趣之速率範圍踴躍處於分割之左手方。如斯，買一具0-10海里之航速儀而接受一樁事實，或許在極少時間你得不到正確讀數。通常，如一艘船順著衝浪以10至11海里作一彎轉，每一個人將太興奮，無暇查看航速儀也!!若製造廠工作良好，測程器可繼續準確指示航程。

第三節 甲板佈置

此點可能為選擇儀錶最重要事項之一，值得佔據一節之篇幅。此刻，讓吾人強調若你有一艘光滑平坦甲板之四分之一噸小船。如你裝配以一套每件重30盎司，指針盤9至10吋寬之儀錶，真是災情慘重。同樣大難臨頭的是，在一Swan 48呎或一Nicholson 55呎船的艙蓋上控制台裝一小指針盤，而期望舵手於20呎外從而獲益匪淺。

第四節 個人愛好

甲板佈置固屬重要，然船主個人愛好甚至更重要。選擇儀錶之主題密切關係個人志趣。在本書中，余試圖提供儀錶選擇之指導，但最後決定必須你自己。若你認為我建議的佈置不合君意，或許你是對的！我能做者為提供若干意見，可使你再查看你的儀錶控制，也許你能改良它或其佈置。相當安全的說，若一種儀錶的指針盤面對你不立刻瞭如指掌，無論其如何可靠或其電子裝置如何複雜，你絕不會完全樂於用之。在一遊艇展示會選擇儀錶時，在一個雨夜以Force 6比較其使用，與若你將冒暴風雨行駛而作決定，乃兩種完全不同之情況。指針盤有細小數字，分割至百分之一海里的儀錶，可能在製造廠展示台上非常好看



圖 1.1

，但實際在海上，不可能將其一一讀清楚。我個人的愛好，為一種帶最少數字的簡單指針盤，標示每一海里，在半海里處僅劃一線。用這種指示計，速率可於一瞥之間讀出。一最佳實例如圖 1-1 之 Brookes and Gatehouse Hermes 航速儀。

我自己的優先選擇為黑盤面白字，最易讀認。

此點亦適用於所有其他指示計陳示法。在岸上狀況良好，你不完全滿意之盤面設計，在海面你一定不喜歡，因此，找別家的，直至確定你的優先選擇。

第五節 總結

答復吾人想像中競賽船 / 巡航船的四個問題後，結論如何？

1. 吾人僅需駕駛室指示計，在海圖桌上有一測程器。
2. 航速應有一 0-10 海里之範圍。
3. 指示計應易於被舵手讀認，因此至少 3 吋直徑大。
4. 吾人發覺最樂用標示少之盤面指示計。

此點將提供若干從而選擇儀錶類型之基本參數。

如說無儀錶就不能航行或賽船，將屬愚昧之舉，但某些儀錶從安全角度視之，真正不可或缺。其一為測程器。假設吾人要有一測程器，極易包括一只航速儀在內。剩下的為選用適當測風儀器的問題。吾人能測量的參數為風速及風向，方法是五花八門。風速可顯示於各種尺度，Beaufort 尺度，每秒公尺或每小時海里。如吾人意欲比賽，僅最後一種尺度對吾人有興趣。以風速之海里能以直接參考航速儀求出真正風速之近似值。

真正風速為一重要因數。例如，若船行 9 海里，虛表風速讀得 15 海里，真正速率較接近 24 海里。當於一 19 海里虛表風速順風行駛所攜帶之帆量遠較在一約 27 海里虛表風速逆風行駛所攜帶者為大時，此點特別有關聯。由下圖（圖 1.2）較易看出。

因此，有一風速計，當吾人駛出順風，進入逆風時，吾人可避免遭遇攜帶過多帆量。經驗亦顯示在何種風速由一號 Genoa 帆改變至二號，而且，何時宜於收縮主帆。所有此等事物可藉觀測船之習性不用儀錶執行之，使用一風速計之優點多可消除操作之不確實性。若果船在 24 海里，主帆一縮及二號 Genoa 帆行駛較快，當標示該風速時，可運用那些帆篷，如何方式，可達成一致之績效。

要考慮之次一儀器為風標。有兩種基本型式，將在第三章分別討論之。

4 船艇儀錶使用法

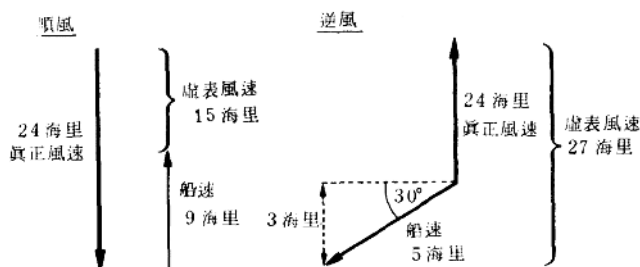


圖 1.2

此刻吾人僅想出兩種：其一，在一涵蓋 360 度之簡單指示計上顯示與船相對之方向者。其二，顯示較多細節如在某些航行位置（駛近風向或順風）上之風向。

使用儀器決定風向之優點為一致性。經驗或許顯示船在對風 30° 之角度上行駛最佳。參照風向指示計駕駛船於此一角度，總是獲得最高績效。在夜裡，此點尤其重要，當時難以看見『會說話』的帆蓬或風旗。利用各種儀器，能以保持與日間同樣一致之績效。

因此，為吾人的競賽船 / 巡航船，吾人決定下列儀器——航速儀、航程器、風速計及一風向指示計。吾人應亦包括一測深計，因其乃一重要安全要求及一有用之航行輔助品。

第二章 航速及航程

航速及距離之測量為準行之首要條件。自帆船開始後，人類曾企圖產生決定速率及距離之簡單準確之方法。若干此等方法現仍在使用中，例如，在船首投擲一木片并測定其經過船尾所需之時間的技巧，在哥倫布時代和在今天，均同樣準確適用。

使用公式：速率 = $\frac{\text{距離}}{\text{時間}}$ ，吾人得求以海里表示之速率 = $\frac{\text{船之長度 (呎)}}{\text{所需時間 (秒)}} \times .58$ 。若你知道你的船之長度，能以計算一航速表或一航速圖更佳。例如，一 Scampi 船，長 30 呎，則公式可化成 $\frac{30 \times .58}{t}$ 。可用一圖表示之（圖 2-1）。為獲得真正速率，僅需查出時間，然後在曲線上找到所求速率。如時間為 3 秒鐘，速率則為 5.8 海里。

此法可給你瞬時航速，距離則僅為近似值，由於，除非在真正好天氣，航速每小時有很大的變動。尤其在沿岸水域，船總是轉向行駛，或由順風進入逆風。

次一發展為拖曳測程器——一良好實例為 Walker KDO，可提供一行駛距離之極準確測量。不過，此型測距儀有兩大缺點。第一，最顯著者，推進器（Impeller）係在船後約 40 呎之一迴旋繩索上，而在受限制水域中密切轉向航行時，此情將產生問題。不過，其亦有其他缺點。主要者為其僅提供距離讀數而非速率讀數。對巡航遊艇主此一問題不大，但對賽船者其乃相當大的缺點，因渠不能獲得所需開動其船至最大限度之航速的立刻讀數。

此點導致航速儀之發展。若吾人決定揚棄 Walker 型測程器之拖曳推進器，顯然該推進器或感覺裝置（sensing device）必得穿過船殼安裝之，此時立刻引起問題。海水係向兩邊被推開并沿船殼以疊層方式流動。在某

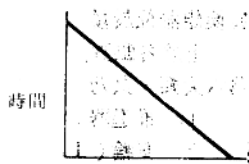


圖 2.1



圖 2.2

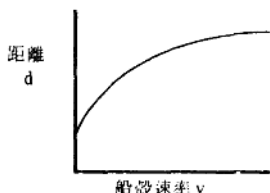


圖 2.3

點，通常由船之前部 $\frac{1}{3}$ 與 $\frac{1}{2}$ 水線長之間，水流停止疊層方式而亂流，於是開始發生擾亂狀況。值得注意者，如在此一前段船殼上伸出任何配件，可在其後造成擾亂。此給吾人關於船殼上安裝換能器以其一種限制，其須裝於水流係疊層式之處。不過，與疊層式流動有關之另一現象，為境界層。當水流經船殼時，產生一沿船殼之境界層。此層由船殼表面伸入水流內一小距離，可視為一連串之水片，與船平行，互相滑過。境界效應造成橫過該層之速率梯度。你可由圖 2.2 及圖 2.3 看出，水之速率由船殼變動至境界層外緣處之真正船速。

若安裝換能器不與境界層接觸以確保可讀出真正船速，顯然較佳。不過，大多數製造廠包括一可調節標準設施，假使，如你發覺航速儀或測程器由於換能器位於境界層之慢動段上讀數一致低，能以加以補償。

上述各點實際實用於各種航速換能器，惟其作業方法大異其趣。極易分為六大類，其乃：

1. 推進器 (Impeller)
2. 槳輪 (Paddle wheel)
3. 杜卜勒 / 聲納 (Doppler/sonar)
4. 電磁 (Electromagnetic)
5. 壓力 (Pressure)
6. 其他 (Other)

第一節 推進器式換能器

此類包括最大或許最佳廠牌之航速儀及測程器。使用一螺旋槳型換能器有各種不同途徑。可能最簡單最直接者為 VDO Sumlog，利用一螺旋槳直接經由一可撓性鋼纜驅動器以汽車路碼表之同樣原理驅動航速儀。此一系統便宜而可靠，但其確度不如較複雜類型者。此外，不能抽出換能器加以清潔

，而螺旋槳本身必須相當大以驅動可撓性鋼纜。

另一可行之道，為利用一純電子系統。此時容許換能器之螺旋槳製成極小，而整個水下單元能予流線化以減少阻力。此一單位亦可拉入船殼清潔或修理。

電子測程器有兩種類型，即藉脈動計數者及用電壓測量者。

讓吾人先研究脈動計數型。換能器之構造如圖 2.4 所示。螺旋槳含一模造於布司內之小磁石，而在布司之對過邊上亦有一對重以保證螺旋槳急轉正確。一笛式小開關帶二引線係封包於換能器本體之底部。螺旋槳旋轉時，使磁石經過笛式開關并閉合之。此使開關之電壓被切斷，直至磁石經過開關讓其再度開放。結果開關之開放與閉合產生如圖 2.5 所示之電壓模式。航速儀及測程器之電子裝置點計此等脈動并譯成速率及距離讀數。電子裝置相當簡單，若螺旋槳之節距已知，每轉一匝所移動之距離亦為已知。因此，藉點計，可得出總距離。同樣，藉與一已知內部示波器比較脈動之頻率，可測定速率。

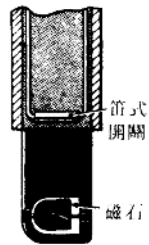


圖 2.4

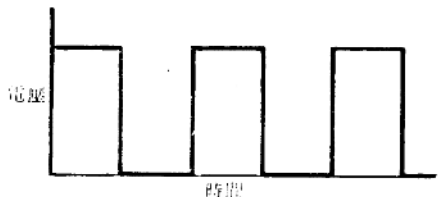


圖 2.5

計數系統之主要優點為在低速甚準確。由於其利用開關方法，無論螺旋槳每秒轉一匝或一百匝，訊號水平相同。此情消除電氣噪音之作用（來自引擎或其他電子設備）并給予測程器電子裝置一正訊號。

電壓測量儀器利用電氣基本原理之一，即，當一磁石穿過一電線線圈時，線圈內發生電壓。電壓之強度與磁石穿過該線圈之頻率成正比——頻率越高，電壓越大。

換能器頭之構造與用於計數系統者相似，一小感覺線圈代替笛式開關。於螺旋槳旋轉時，在線圈內誘導一電壓，藉電子裝置量出并轉換成距離及速率。

因僅生成小量電壓，以此一系統在低航速確保準確度，較為困難。此意味著任何由船上電子裝置發生，或其他電氣系統檢拾之來源不正電壓，易於被解釋為航速訊號。此一系統之主要優點之一為換能器頭之價格。在前述計數系統，必須裝定螺旋槳於笛式開關之相對位置以確保開關動作肯定，對電

因僅生成小量電壓，以此一系統在低航速確保準確度，較為困難。此意味著任何由船上電子裝置發生，或其他電氣系統檢拾之來源不正電壓，易於被解釋為航速訊號。此一系統之主要優點之一為換能器頭之價格。在前述計數系統，必須裝定螺旋槳於笛式開關之相對位置以確保開關動作肯定，對電



圖 2.6

壓系統，相對位置并不如此重要。此意味著價昂的線圈分段能製成可由螺旋槳單元取下者，萬一損壞，僅需將螺旋槳分段修理即可。此點使換新時較計數系統為廉，因後者整個單元必須置換故也。

所有螺旋槳型之嚴重缺點為沾污，沾污之份量一大程度視航行水域而定。若干地區水內海草較別處為多。完全消除螺旋槳被草沾污之可能性，近乎不可能，然有一二安全措施可輕減此一問題。第一為海草偏向器，通常與裝備一併由製造廠供給，按其使用須裝置推進器之前方，大為減少沾污。余所見之最佳系統為 Brookes & Gatehouse 所用者，其中海草偏向器係內置於船殼上，使其總是與推進器正確對準（圖 2.6）。

獨立海草偏向器之危險，為相當容易敲脫。一個特別原因，尤以翅式龍骨船為然，當藉二皮條在船殼下抬高該船

時，前面皮條似乎總是抓住海草旋葉并乾脆俐落的除去之。

對抗海草之第二安全措施為當船停泊時將推進器縮回其外殼內，如斯可防止海草問題之大部份。若船停用相當時間，最好取下推進器并於船上妥為保管之。

第二節 槳 輪

槳輪換能器可視為推進器型之延伸，作業原理相同。使用人可在運用計數方法之笛式開關單元與靠一發生之電壓的線圈檢拾單元中間選擇之。像推進器型換能器之同樣優點及缺點，亦應用於此等系統。

槳輪推進器之主要優點為當其來到沾污之問題時。由其未如推進器型者伸出水中，檢集海草之傾向不大。其理由為槳輪之軸承係受外殼保護，因此不隨便檢集那些引起推進式測程器甚多問題之髮狀細海草股段。

余關於槳輪型換能器之唯一保留，為其完全在境界層作業，且因通過此等層次之航速變動并非直線者，極難在全幅速率中安排一致之確度。

第三節 杜卜勒感覺法

杜卜勒現象之運用，在雷達方面多少年來已屬司空見慣；不過，其應用於測定航速，則相當新穎。該系統之原理非常簡單。一個訊號自換能器放出而由一固定物體反射；於是，該反射之訊號在其回到換能器時被檢拾。若換能器及反射該訊號之物體均靜止不動，則發射及接收之訊號頻率相同。不過，若換能器正向反射物體移動，反射訊號之頻率將較原頻率為高。藉測量發射與接收訊號間頻率差，可求出換能器速率。一極簡單比喻火車的情形。假若你在一車站月台上而一列火車開近并鳴汽笛，當其越近時，音調之節升高，此係由於頻率之虛表升降所引起者。

通常現成可用之唯一商業性單元為 Space Age Electronics 公司所製杜卜勒測程器。在此一單元上，換能器係平齊安裝於船殼下，直接指向前方并發射一超音速訊號於船行進之方向。此一訊號係由境界層反射回來，在換能器之前二三呎。同樣，發射訊號保持一恆定頻率，而反射訊號顯有增加。

如有效操作此一系統，換能器之位置非常重要，其安裝必須將換能器頭與船之中線平行。在換能器前方亦必須有一相當大平坦區域以確保有充分境界層產生一良好反射訊號。

太空公司測程器乃遊艇用唯一現成者，觀察其商業方面之發展，頗饒興趣。超級油輪之來臨及在受限制水域航行之有關問題，必須有一種系統以準確測定其速率。傳統航速及航程系統測量船與洋流或潮汐之相對速率。在一般航行可令人滿意，如要求與陸上之精確相對速率，例如，當靠碼頭時，則呈現若干問題。

一種克服此點之方式為使用杜卜勒聲納系統。操作基本原理雖與太空公司測程器相同，所用技巧則較為複雜。

若要求絕對速率指示，必須有一從而測量它之靜止物體。唯一現成可用者為海床，此意味著換能器必須安裝指向下方如在回聲測深器一樣，此情如圖 2.7 所示。船向前行進時，換能器在船之前面及後面發射一能爆 (Burst of energy)。其發射係與船之前後線平行。訊號由海底反射并在換能器接收回來，由於船之移動，有一頻移，兩個換能器之頻移予以平均并譯成真正船速之讀數。藉使用兩個換能器及平均讀數，船之節變效應於焉消除；若要達到超過 1% 之確度及 .01 海里之速率演算，此舉不可或缺。

此一系統可藉併用四個換能器甚至進一步擴大之。若由中線有向前之角度，船首及船尾諸段之速率，能在一垂直於船之航線之方向測量之，若使用

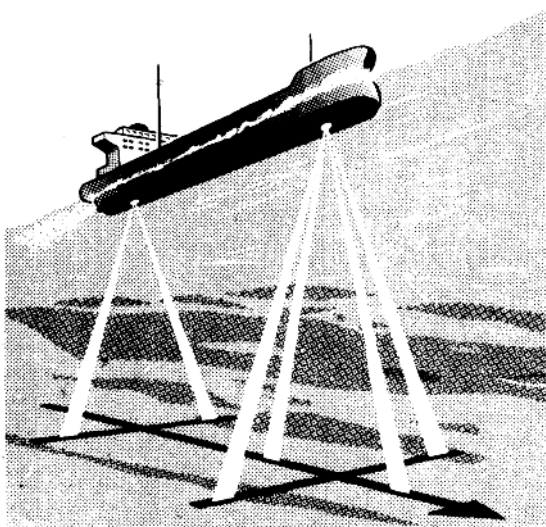


圖 2.7

兩個換能器，灣轉之效應能予消除。

當欲將一 1000 呎長超級油輪靠碼頭時，此種資料非常寶貴。儀錶展示幕提供向前速率，船首速率不是向左舷移動就是向右舷移動；而船尾擺動之速率不是左舷就是右舷。

顯然，為獲得真正速率，必須使來自換能器之訊號到達海床。目前，此可下達 100 呎（每呎等於 6 呎），涵蓋所有大陸礁層。在此一深度以

下，該系統作業於稍為不同原理。由於沒有固定海低用作參考，該系統利用船下水之質量，當然，此僅一速率之相對讀數，因未計入潮汐或洋流之影響。當設備按此一模式作業，在控制台上有一標示。不幸，當考慮此一系統用於遊艇上時，不無少數障礙。第一，為獲得一現實深度範圍，換能器必須產生一超過 10 瓦特之動力——意味著其必須大而沉重。此外，其需要一排氣系統以由換能器之面部除去空氣泡，為一個換能器全部增加至 180 呎重量！第二問題為動力。該系統消耗約 300 瓦特，此將在約 1½ 小時內用光一平常遊艇電瓶。

不過，海上電子裝置日新月異，在今後數年內出現一微縮系統，將為不足為奇之事。

第四節 細棍及應變規感覺法

若干公司成功利用一種基於一由船殼突出之可偏向細棍或指桿之感覺系統。典型實例為西德 Goldbrunner 及世界聞名之英國製的 Miles Adur 測程器。此等系統相當價廉及比較可靠，頗適於需要一種粗壯感覺器而高確

度并不重要之動力船之用。關於在帆航船之使用，其缺點之一為低速時短欠敏感性。

第五節 水壓式換能器

使用水壓作為航速之衡量，有各種途徑。最簡單裝置如圖 2.8 所示。此含一金屬或塑膠肘節，上連一透明膠管。管有一記號或夾板，裝於水平上而肘節之前部指著船行之方向。水被迫上升該管中，高度視航行速率而定。若將管刻以分劃，可讀出速率之近似值。此法當然為一種不甚準確之測量方式，將僅提供速率之極粗近似值。其亦僅在低航速時實用，如船行少數海里，即難以保持該管直立於水中。

一種較複雜壓力系統發現於甚多滑水船上。此處原理相同，但不用一大管夾於船側，而係用一小管插入船底。壓力增加係藉一薄膠管傳至一傳統性指針盤測速計。此法提供一相當準確而極堅固之單元，對付其將接受之衝擊最為理想。

或許，最複雜的壓力感覺系統為法國 Clipper 公司所發展者。其使用一壓力換能器，轉化壓力變動至電氣訊號，然後按任何其他系統之同樣方法處理展示之。

第六節 電磁式感覺法

連同杜卜勒系統，此法或許代表未來最有希望的偵查水速之方法。在其他系統，係將某一物，無論一螺旋槳、槳輪、或細棍，突出水中，而意味著撞著浮游殘渣時，它們容易纏著海草及受一般損壞。此一問題僅若使用一不伸出船殼之換能器，纔能完全克服。此乃電磁式感覺法可派用場之處。

所用原理真的非常簡單，與在汽車發電機上發現者相同。如圖 2.9 所示，當一根電線通過一磁場移動時，線內感應出電流。不一定要用電線

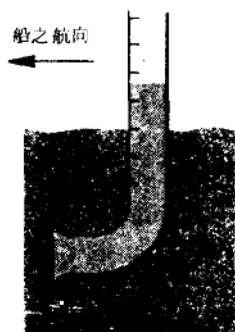


圖 2.8

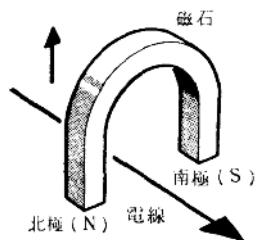


圖 2.9