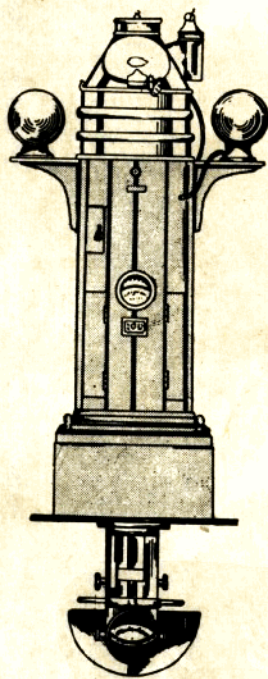


航海儀器



交通部交通研究所編印

前 言

研究航海最先要了解航海這兩個字本身的定義。航海是一種綜合各種科學的技術，這種技術運用的成就是要把一條船在最安全的情況下很經濟的由出發地駛到目的地。

航海術和其他的技術一樣，自發端以來乃隨時代俱進，精益求精。由於儀器的日新月異的改進和發明，許多原是近於「估計」的東西，現在是都可以求到精確的數字。就以確定船位來說，再遠的不論，在第二次世界大戰以前船隻航行於汪洋大海之中，如遇天體顯現不清，這種「船位何處」還是個「估計」，十天不見日月星辰船位也許要差上幾十浬。但是到今天，一條設備够得上水準的船，已可能在地球表面上一般的航道上在任何的情況下，作船位精確的確定。這是航海儀器進步的功勞。

然而新的航海儀器的進步和採用，又不像別種學術上的儀器的興廢。換句話說，一種新的儀器發明，並不是原有舊的老的便因而「換新」。事實上新的舊的是都各有所長。於是船上的航海儀器多是新舊並陳。像新式的電子輔航儀器在今天固然是有它高度的使用價值，可是遇到電源中斷時，英雄就不再有武之地。所以時至今日各樣的電子輔航儀器雖是一再出現，而一架最基本的古老測天法的六分儀却仍是不能廢棄的。

航海術的目的既是在把一條船自一個地方順利的航到另外一個地方，說起來和這個目的所關連的問題，不外是時間、方向、航速、距離、水深和如何確定船位諸項。本篇要把在這些方面所使用的儀器以及在海圖室使用的作業儀器分別一一加以說明。

目 錄

前 言	1
第一章 海圖室作業儀器用具	1
第二章 計時儀器	6
第三章 導向儀器	14
第四章 測速儀器	109
第五章 測深儀器	116
第六章 測天儀器	124
第七章 電子輔航儀器	132
第八章 其他儀器用具	159

第一章 海圖室作業儀器用具

在海圖室及駕駛臺於測得方位線或繪定航線時，把這些資料要落在海圖上是要靠一些儀器的，通常在商船上常備的是鉛筆、橡皮、平行尺和兩脚規。另外又有因航海員的習慣不同加用三角板，分度儀等物。特別考究的海圖室又有裝置萬有繪圖儀的。

一 鉛 筆

用於海圖作業的鉛筆以軟質者為原則，而以 4B 者為佳。在圖上繪線註字須輕，如用力過大，鉛色過濃便不易擦除，有失保持「清潔」的原則。海圖室的鉛筆應經常保持尖銳並多備幾支。

二 橡 皮

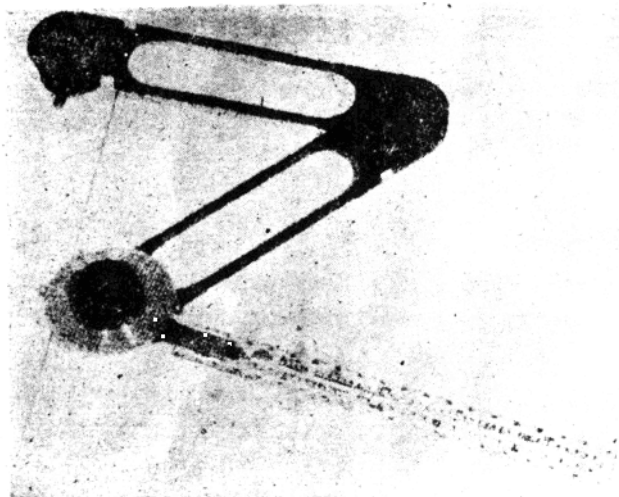
用於海圖室的橡皮，以一種膠質的為佳。這種橡皮的長處是日久不會變硬。普通的軟質高級橡皮自然也可以使用，但不宜過大，否則硬化是一種損失。變質的橡皮非但對圖上的鉛筆線不宜擦得清楚，同時會對紙質有所損傷。這種損傷每每會無意中擦去圖上的符號而引起嚴重的後果。

三 平 行 尺

普通的平行尺 (Parallel ruler) 是由二根等長的尺並聯而成的尺。特型的平行尺是一根尺而在兩端各裝一滾珠。平行尺的功用是可以把圖上的方位線轉移到不同的位置去而自然的保持了原來的方位。現時在海圖室中有裝置一種萬有繪圖儀的，這雖屬高級的設備，但一般的航海員却不一定樂於使用，因為普通的平行尺仍算得上簡單輕巧。平行尺的資料有鋼、木、電木各種，而以電木質的為佳，一般皆備十八吋及廿四吋的二種使用。

四 萬有繪圖儀

圖一便是一架裝在海圖臺上的萬有繪圖儀 (Universal drafting machine) 。主要是一個分度儀 (Protractor) 裝在活動的平行連環具上。由於連環的作用，這個分度儀便可移至圖臺上任何的部位。分度儀上又另可裝上一支有刻劃的尺，



萬有繪圖儀

圖一 萬有繪圖儀

這種尺是備有長短不同的若干支，依需要不同而配用，用時先裝上一根，如劃天體方位線時則再加上一根和先一根成直角。

五 三角板

前面說明繪製方位線的工具是平行尺和萬有繪圖儀兩種，但有許多的航海員却喜歡使用一付三角板來做這件工作，運用兩塊三角板反覆的推移，同樣的可以達到目的。普通選用的三角板都是透明膠質的，而以較厚大型的為佳。三角板都是以 45° 及 30° 的兩塊成組使用。

六 兩腳規

用於海圖作業的兩腳規（Dividers）是用來量長度的。選擇兩腳規以白銅、不銹鋼或合金質者為佳，長度以七吋及九吋者為宜。規的兩腳須鬆緊合度，過緊使用不便，鬆則難以保持既定的幅長，乃以一隻手能操縱自如為度。

七 圓規

上述兩脚規的兩脚都是釘尖，而這種圓規（Compass）則是一脚為釘尖，另一脚為筆鉛。作為繪圓之用，像繪燈塔的視界弧度及天體高高度的位置弧線等都得到。

八 方位線尺

遇有海圖上沒有方位刻劃（Compass rose）的海圖或於平行尺移動的距離部位較遠而怕有變動方位的可能時，都宜使用這種方位線尺（Plotter）。實際上方位線尺便是一支直尺上面加了一個全圓分度儀，繪較長的航線用這種工具較佳。

九 分度儀

分度儀（Protractor）又稱量角規，任何大小的分度儀都可以供海圖室使用，普通以半圓透明者採用最多，目的是在必要時在海圖上或其他場合繪定方位或角度。

十 放大鏡

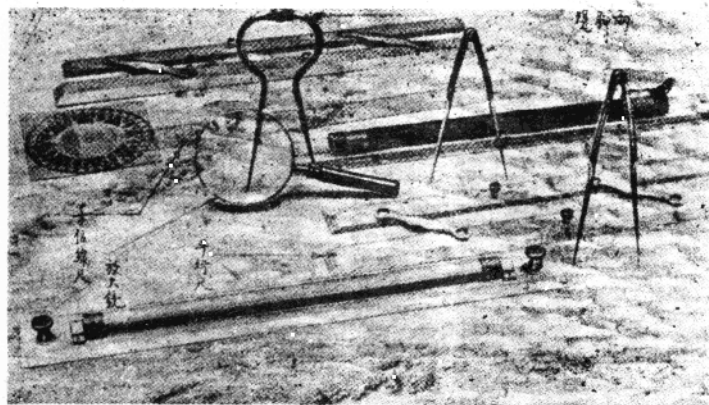
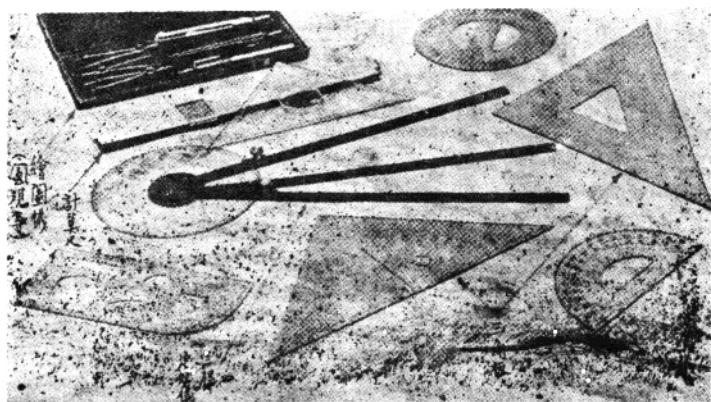
放大鏡（Chart magnifier）是為讀圖而設的工具，在採取航道時有放大鏡的協助，可使圖上一切的註明更為明顯而臻安全，一般使用的放大鏡為直徑三吋及五吋者兩種。

十一 三桿定位儀

三桿定位儀（Three-arm protractor）是一架沿岸航行定船位的儀器。它有一個金屬環或膠質透明圓板環，環的外緣有度分刻劃而有三桿裝置其上，桿的直邊皆通過環的中心，中心處有一小孔。三桿中的一桿為固定桿而使其位於環緣的0度0分處，另二桿可以沿環滑動，滑動桿可藉制動螺絲固定在環緣的任何刻劃部位上。

使用三桿定位儀須先選定海圖上已知的三個目標，用六分儀同時觀測左右二個目標對中央目標間的夾角角度，移動右桿依右夾角的角度固定在環上，再把左桿依左夾角的度數固定在環上。這時依相對的關係把定位儀平置在海圖上，定位儀環的中心點要放在約略的船位處，而固定桿則須通過中央目標，輕輕移動空儀且須保持固定桿的直邊永遠通過中央目標，同時又須把左右二桿的直邊分別使合在左右的二目標上，全儀經過一番移動，環的中心點必已移出原預定的約略位置，新的中心點的位置便是正確的船位。如果用鉛筆在小孔中輕輕一點，外加一個小圈，再註上時間

航海儀器



圖二 海圖室儀器

便算完了一個定船位的手續。

三桿定位儀在使用上有人嫌它麻煩，但它有一個好處是沒有羅經誤差的顧慮，在港內校對錨位是以這個辦法為最準確。

航行中測取目標間的夾角，最好是能有兩個人同時測取，否則應先測取方位變

第一章 海圖室作業儀器用具

動緩慢的遠目標，然後再測近目標，又測一次遠目標，取前後兩次所測遠目標所得的平均值，作為遠目標的夾角值。

選擇三個目標物時也有須注意的地方，因為在某種情況下，不在一定線上的三個點會形成一個圓，如果這三個選定的目標是落在這個圓上而船位同時也落在這個圓上，那船位就難以確定。以此類推，三個目標即使不是落在圓上而在圓弧的附近，結果亦是不良的。最好的目標是三個都與船位等距，左右兩個夾角角度又都相等，但這種情況似乎太少。

十二 計算尺

計算尺 (Slide rules) 雖然不是海圖室必備的工具，但有時在數字的換算上甚至於角度函數以及電學上的問題上會用得到它，航海員能够使用計算尺會得到極大的便利，通常的應用能够有一支，可演算角度函數的尺便可以了。

習題 一

1. 海圖室作業應備何種物器？
2. 繪註海圖用的鉛筆以何種硬度為佳？
3. 兩腳規與圓規有何不同？
4. 三角板在海圖室主要作何使用？
5. 三桿定位儀如何使用？

第二章 計時儀器

時間和航海，關係非常密切，對天文航海尤為重要，因為地球自轉一週是三百六十度，而轉一週所費的時間則是廿四小時，如果在時間上差了一分鐘，那在經度上便要差到十五分。化成距離近赤道便是十五浬，到高緯度六十度處也要差到七浬半。

航海使用的計時儀器計有：經線儀、經線錶、天文時錄取錶和馬錶等。

一 經線儀

經線儀 (Chronometer) 又稱天文錶，實際上就是一種高度精確的鐘錶，這是天文航海船位計算的主宰。一般商船上所採用的都是直徑五吋的一種。經線儀所以精確的原因之一是因為它的擺輪 (Ballance wheel) 是用幾種膨脹係數不同的金屬合製而成，不會因溫度的變化而產生快慢不均，第二個原因是儀中有一個稱為均衡器 (Fusce) 的特別裝置，可以均衡每次上發條前後發條中所存貯的力量。船用經線儀是輕便型的，五吋的經線儀是裝在精緻的木匣內，匣的大小約六面七吋見方，匣內有平衡環 (Gimbal rings)，儀便承在平衡環上。平衡環的作用是當船身顛簸擺動時仍能使儀身保持水平。

船上的經線儀是安放在一個永久性的櫃裏，這種櫃通常都是設在海圖室，海圖室的一部份。櫃上有一長條的玻璃蓋，經線儀本身的木匣內也有一個避灰塵的蓋為玻璃製成，所以自櫃外讀取儀面上所指的時間是極方便的。一條船上至少要有一座經線儀，多的會備三座，都放在同一櫃內。設計置放經線儀的櫃，須使它要靠近船身的前後線的中央部份，這個地方必須沒有磁鐵且少垂直軟鐵，不潮濕，溫度變化不大，又少受機器的震動。像能符合這些條件的處所似乎祇有海圖室。

經線儀一經放定，非有必要即不應再有搬動，有時為了轉移或檢查必須搬動時，首先須把平衡環加以固定然後搬動。經線儀搬動時另有一隻專為搬動用的箱子 (Carrying case)，上面裝有皮條以利於提取。經線儀放入固定的儲藏櫃內時首先須打開平衡環，備藏櫃除上發條以外須經常保持關閉。

經線儀須每天上發條一次。雖然老式的經線儀上一次發條可走上四天或八天，新式的標準經線儀也能一次走五十六小時，但仍都以每天上發條一次為佳，因為這可使所生的誤差率更有規律，上發條時徐徐將儀身反轉，發條孔在背面，孔上有防塵片，推開防塵片露出發條孔，左手水平扶穩儀身右手將鑰插入孔內，輕輕上發條六至七個半轉 (即六至七個一八〇度)，又上到最後的半轉時速度感減慢。上畢發

第二章 計時儀器

條蓋回防塵片，將儀身回復原來位置。上發條的時間並不一定規定在上午或下午，祇須每天都在同一時間即可，相間都是廿四小時。上發條時手必須乾燥，因少許濕氣弄到遊絲上即足造成嚴重的誤差。發條上完把儀身轉回原位時，應注意儀面上端的發條示針是否已指向○的部位。指在○處即表示發條已經上足，自此經線儀即繼續運行，指針也跟着移動而隨時指出已走過了的時間。經線儀最忌忘記上發條，船上如祇有一座經線儀尤不能使這種事發生。經線儀如果因忘上發條而停止，不能像一般的鐘錶去撥動儀針，祇能候到等於或近於格林威治 (G. M. T.) 時間再開動發條，使之繼續行走。應注意的是經線儀不同於普通的鐘錶，停了的經線儀不是開足了發條便再自行走起來，必須把它輕輕作水平面左右旋動，方得促其行動。作這樣的旋動可以雙手捧起為之，亦可放在光滑的平板上為之。

商船上的經線儀是由二副保管，每日上午八時開鐘上發條。圖三是一架經線儀。

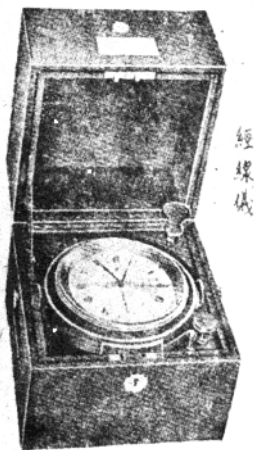
經線儀在使用三年後，應送天文台之經線儀部門檢查一次，這在英美都是由海軍天文台負責。檢查包括清潔並重新加油潤滑。使用過久的潤滑油會使油質變濃，致造成誤差而不規律。經線儀如因船停航無人管理時，亦應起岸交專管部門保管，保管期內則一如平時，保持它的行走和紀錄一切誤差。經線儀起岸包裝運送皆須小心，短程以用手搬送為最好，不可使受任何震動，要避免潮濕。

經線儀的精確度是要保持到十分之一秒。核對這種精確度一般是不出下面的三個校對時間的辦法。

- (一) 無線電時間信號。
- (二) 測天。
- (三) 經線儀間互相比較。

這三種辦法以第一種最準確，可能精確到百分之一秒。第二種如果預定的船位準確，結果也會很準確。最不精確是第三個辦法。

無線電時間訊號大都是由無線電室轉送到海圖室經線儀的附近，無線電時間訊號發播台，分佈世界各處。美國水路局發佈的通告或出版物 H. O. 205 (Radio Aids to Navigation) 上都可以找到這些電台的呼號、波長、所在地的經緯度等



圖三 經線儀

資料。

使用某一個區域中的無線電時間訊號是否要先弄清楚它的播送規則，如播送的時間每次相隔多少，使用的時間是標準時還是區域時等等。

以美國來說，播送時間訊號是在整個小時終了以前的五分鐘開始，它的聲音是由經線儀控制的。除了幾個特殊的秒外，其餘的秒都是滴答的聲音。所謂幾個特殊的秒是無聲，這是為提高校對時間人員的注意力。下面是美國無線電訊號播送的規定：

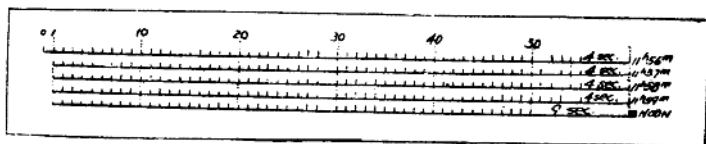
第 55 分……………第 51 秒無聲

第 56 分……………第 52 秒無聲

第 57 分……………第 53 秒無聲

第 58 分……………第 54 秒無聲

此外又每分鐘中的第 29 秒，前四分鐘每個最後的四秒都無聲。到了最後的一分鐘，它的最後九秒鐘都是靜止的。九秒之後便是一長聲，如果是正午報時則長聲的開始便是正午了。下面圖四是以圖繪的辦法表示無線電正午報時進行的情形：



圖四 無線電正午報時進行圖

有些港口在收取無線電訊號時，先在岸上明顯之處掛起一個圓球，一到訊號終了，便即時把球落下，這樣沒有無線電的船也可以校對時間了。此外還有用砲聲傳報時間的，利用這個辦法，由於聲音在空中傳播的速度慢，是要以火光在砲口閃動的時間為準。

校對經線儀的第二個辦法是測天。測天的辦法之一是利用午間太陽中天的機會，因為這時的本地時必是零時零分零秒而太陽的高度必是在最高。因為在那一刹那前太陽的高度必是較低，所以可先自航海曆找到當日太陽近午的赤緯，同時亦可以找出太陽中天的約略的時間，如果預計船位的緯度是精確的，則可以由太陽的中天赤緯和本船的正午船位緯度計算出太陽中天的高度。這時可以事先備好六分儀等候太陽高度的最高點到來，太陽最高度到達的一刹那便是本地時的零時零分零秒了。然後以本地經度的加減變換，便可以得出中天當時的 G. M. T. 的時間。以得來的 G. M. T. 的時間和經線儀上在那一刹那所指的時間來比較，便得到

第二章 計時儀器

經線儀的差。本來前面的第一法也便是這個辦法，不過那是由更精確的陸上天文台執行而聯合無線電台來廣播罷了。

測天的另一個方式是在已確知的經緯度的地點測取天體高度（這可在陸地上用人造水平線進行）而算出當時的天體時角（HA），進而求得 G. M. T. 以此與經線儀上所示的時間比較二者的差便是經線儀差。

第三個辦法是在前二法都不能辦到時來使用的，因為用比較經線儀來找對誤差，可能這兩座經線儀本身都不精確，尤其是如果祇有兩座經線儀時就更不知道二者之間究竟那個靠得住，所以用比較的辦法時至少要有三座經線儀。

所謂經線儀的誤差，並不是有損壞或不準的含義，而是說在儀面上所顯示的時間是和格林威治時間相差多少。儀面所示的時間如果能經常的指着格林威治時間當然是最合於理想，但這是做不到的，而祇能經常去找二者之間的差，再在使用時隨時把差量作一次加減，以獲取格林威治的時間。所以這個差的大小並無關緊要，祇要這個差能得來準確而保持接近一個常數便好。再者儀差每天多少有一些等量的加多或減少，如果要它保持的時間和格林威治時間完全相同，便每天非有一二次以上的撥針不可。這樣做不祇是麻煩而是事實上不易行的，因為這樣做秒針很難與分針相符，最重要的還是儀身的機件會受損壞，所以保管經線儀有一個鐵的規定，永遠不得撥動儀針。

經線儀上的時間在某一個時候對格林威治時間的差別是以快慢來命名。比格林威治時間快即稱「快」（Fast），反之即稱「慢」（Slow），總稱為「經線儀誤差」（Chronometer Error）。至於誤差每天增減多少的變動量則稱為「誤差率」（Rate）。誤差率增加稱為「得」（Gaining），減少則稱「失」（Losing）。這些關係看下面的舉例就更易明瞭。

某輪於一九五九年五月卅日，星期六中午作經線儀無線電訊號核對，得誤差為快七分十四秒。又依紀錄知前於五月十三日得誤差為快七分五秒。問誤差率如何？

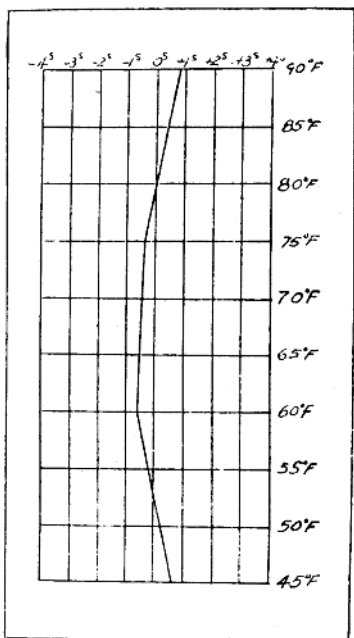
計算格式應如下：

星期六	五月卅日	一九五九年
中午無線電核對經線儀		
本日核對		0—7—14.0 快
上次紀錄		0—7—35.0 快
17日總誤差率		21.0 失
誤差率		1.23 秒失

每日的誤差率不應過大，但重要者還是在它能保持得失的規律化。換句話說一座誤差率變化不規則的經線儀倒不如一座誤差率較大而能保持規律化的為好。

經線儀的這種誤差和誤差率，船上都備有專用的經線儀紀錄簿 (Chronometer Record Book 或 Chronometer Journal) 來逐日紀錄。經線儀簿在船上是非常重要的，愈精確的紀錄愈能得到精確的時間。紀錄不全的經線儀是危險的。開船前臨時拿一座經線儀上船使用就更危險。

一座新的經線儀上船除一張誤差率證書 (Rate Certificate) 之外應該還有一張出廠的檢驗證明書。這張證明書上有一根曲線，是誤差對溫度變換的試驗曲線，如右圖五。注意這根曲線是愈直愈位在中心線愈好。



圖五 經線儀溫度誤差變化曲線

二 經線錶

經線錶 (Chronometer Watch) 是較經線儀體積小而成錶的形狀的精確時計。它亦是經常保持格林威治時間，使用原則亦和經線儀一樣。經線錶分有平衡環和沒有平衡環的二種，都收藏在有絨布作襯的木匣裏，以資保護。經線錶亦稱天文錶，小型船隻多備用這種經線錶代替經線儀。

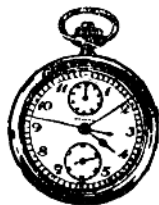
三 天文時錄取錶

由於船上的經線儀是在海圖室內，航海員在測天時是不能直接看到它，所以測

天的人要知道在取得天體高度的一刹那經線儀上所指的時間，都是以間接的辦法得來。有的是在取得天體高度之後，在走向海圖室去的路上默默在心中數一、二、三、四、的秒數，然後在經線儀的時間裏減去。有的是加上一個助手守在海圖室的經線儀的旁邊，祇聽得測天的人一聲高喊“Mark”便同時記下經線儀上的時間。除此之外，則是測天者手執有一個另外的時計，作為取得經線儀上時間的媒介。這種作媒介用的錶可用兩三種不同的錶來產生同樣的效果，這在下節另有說明。本節的天文時錄取錶（Chronometer Watch）可算為這種媒介錶的一種，祇是價值較貴。

天文時錄取錶看上去極似一隻懷錶，但有一支長的秒針。用時非常簡單，原則是要把經線儀上所指的時間完全相同的照撥在這個錶上，撥時要注意秒針在零時必須是在一分鐘的開始處，因為如果秒針在零而分針是在半分或其他的部位，則所得的時間必混淆不清。這種錶一次把經線儀的時間錄取是可以保持幾個鐘頭不會產生什麼誤差，所以測天的人測取天體高度時祇須看這個天文時錄取錶，用不到作任何的換算便可以同樣得到經線儀上的時間了。圖六是天文時錄取錶。

實在一隻較好有長秒針的手錶已足可代替這種天文時錄取錶的工作，祇是如果手錶是屬於私產，多是不願這樣使它保持經線儀上的時間而已。



圖六 天文時錄取錶

四 其他時計

其他作媒介用的航海時計，上面提到的天文時錄取錶是求取經線儀時間用的媒介時計的一種，它的特別地方是要同樣撥到經線儀上所指的時間。此外還有一二種時計，可以作為求取經線儀上時間的媒介時計，祇是辦法不再是把時計撥到和經線儀相同，而是取時計和經線儀間的時間差，或乾脆用馬錶（Stop Watch）在測得天體高度的一刹那作為零值，此後的時間自經線儀中減去即可。

取得時計和經線儀間的時間差的辦法，可使用上節所說的天文時錄取錶或是一隻較好有長秒針的手錶，使用時錶上的時間是可以指在任何時間上，測天之前先把錶的時間自經線儀的時間減去，如以C表經線儀的時間，W表錶的時間，則這個差量便是C—W。由於經線儀具有高度精確性，錶在短暫的時間內也是不會產生什麼誤差（測天的時間至多是二三十分鐘而已），所以這個C—W的差量便是一個常數。測天在得到天體高度的一刹那同時把錶的時間記下來，而後加回那個常數C—W

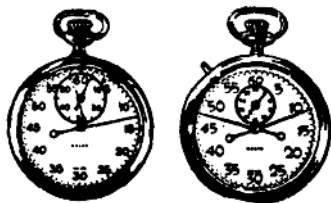
去，便是 $W + (C - W) = C$ ，這個 C 便是測得天體高度那一刹那的經線儀的時間了。美國航海測天的過程在習慣上都採用這個辦法。在美國出版的航海書本及 H. O 214 高度表上所舉的演算方位線的例子，計算 G. M. T. 的步驟都是如此。如某輪某日測天之前作經線儀與計時錶核對，得知經線儀為九時五十七分四十五秒時，錶為六時二十分十八秒，測天取得天體高度時錶指六時二十五分十秒，這可計算經線儀的時間如下：

C	9 ^h - 57 ^m - 45 ^s
W	6 - 20 - 18
C - W	3 - 37 - 27
W	6 - 25 - 10
C	10 ^h - 02 ^m - 37 ^s

如果再加上經線儀的誤差，便可得到 G. M. T.

使用馬錶做媒介計時。馬錶有單長針和雙長針的兩種如右圖七。

用單長針馬錶測天時，先按動馬錶上頂的頂鈕使長的秒針和小的分針都歸到原點零分零秒上，在取得第一個天體高度時即再按動上頂的頂鈕，馬錶開始。這是說取得第一個天體高度是在馬錶上的零分零秒開始。馬錶繼續行走，取得第二個天體高度時則



圖七·單針馬錶和雙針馬錶

記下馬錶上的分秒，取第三個天體高度又記下錶上的分秒，依次行之，直至要測取的天體全部完了，這時馬錶任它行走。然後取馬錶到海圖室與經線錶核對，按動頂鈕停止馬錶，而記下停錶時經線錶上所指的時間，由經線儀的時間減去錶上停止處所示的分秒，得數便是測得第一個天體高度時經線儀的時間，這個時間如再加上取得第二個天體高度時所記下錶上的分秒，便是測得第二個天體高度時的經線儀的時間，餘依此類推。

雙長針馬錶的長處是第一次按下錶上頂的頂鈕會使兩個長秒針和一個短分針一齊動作行走。馬錶上頂偏左另有一個小插鈕，按一下小插鈕兩個長針中的一針便會停下來，而另一針則繼續行走，這時可藉那支停止的針記下所經過的分秒。時間記完之後，再把插鈕按動，這時那支停止的針就馬上會趕上那支繼續行走的長針而運行。由於這種馬錶具有這樣的性能，便可在取得第一個天體高度時，按動上頂的頂

第二章 計 時 儀 器

鈕使錶自零分零秒起開始行動。取得第二個天體高度時則按動左方的插鈕，兩支秒針之一停止之處，便是測得第二天體時所跳去的時間。記下時間之後，再次按動插鈕，停止的長針再追上繼續行走的長針，在測得第三個天體高度時再把插鈕按動，一支長針又會停止，如此又可記下第三個天體測得時所跳去的時間。如此返復行之，非常便利，最後則仍是與單針馬錶一樣，與經線儀核對，按動上頂的頂鈕能使大小三針同時停止，與經線儀核對後，再按動頂鈕一次，大小三針就又同時歸回原點停止不動。

習 題 二

1. 經線儀何以較普通鐘錶更為準確？
2. 置藏經線儀的處所應如何選擇？
3. 核對經線儀的時間有那些方法？何者最為可靠？
4. 如何利用普通手錶作測天時取得經線儀時間的媒介？測天時自普通手錶的時間取得 G. M. T. 的時間其步驟如何？
5. 雙針馬錶如何使用？

第三章 導向儀器

航海離不了方向，能够控制方向才能隨心所欲無遠弗屆。航海所用的導向儀器是羅經儀，俗稱向盤或方位盤。羅經儀現時計有兩大類，即磁羅經（Magnetic Compass）和電羅經（Gyro Compass）兩種。

一、磁羅經

（一）磁羅經的構造

磁羅經（Magnetic Compass）據證明說是在古代由中國人所發明，而早時由阿刺伯人來中國經商轉為介紹到歐洲去。但自西方的書籍上又有磁鐵是發現在愛琴海岸叫麥格尼西亞（Magnesia）地方的記載，且說磁石原文 Magnet 一字即是起源於麥格尼西亞地名而來。但無論如何，一番改進研究是要歸功於歐西人。由於他們努力的結果，在十三世紀已有把羅經卡裝入卡盆（Bowl）使用的辦法，到近世因鐵壳船的發始，為應付船上鋼鐵對羅經所生的自差，更是精益求精，歐洲各國遍設研究改進磁羅經之公私機構，乃在十九世紀下半年有高度精確的卡爾文（Lord Kelvin）式的磁羅經問世。現代航海術雖已有電羅經之發明，優點遠非磁羅經可比，但磁羅經因具有不靠電源供給之獨立性，仍有高度存在之價值。

現時較大的船上所採用的磁羅經都不出卡爾文式的範圍，果有不同亦僅屬形式方面而已。

磁羅經的構造原理非常簡單，是藉地球上磁性吸引磁石的能力造成的。

地球的本身便是一塊大磁石，它的南北極亦在地球的南北極附近。約略的北磁極的位置是在北緯七十度西經九十七度，南磁極則是在南緯七十二度東經一百五十四度。這塊大磁石根據磁石的吸引性能便會去作用任何在它磁場以內的磁石。同種相斥，異種相吸，這樣一根磁棒被地球北磁極吸去的一端當是磁棒的南極，或稱指北極。為了易於辨別起見，磁學家是改以紅和藍的顏色代表磁極，北磁極命名為藍極，南磁極為紅極。如以地球當一塊大磁石來看，地球的北磁極部份便是藍色，而被它吸去磁棒的那一端的顏色當是紅色了。畫一個圖看，一支磁針在地球上各部位所表現的情況應該是圖八的樣子。

船上的磁羅經有一張羅經卡，卡的本身雖是代表一支磁針而由它依地球上的磁子午線的方向來指向，但為了高度的精確及效能，它是由數根較短的磁針平行排列