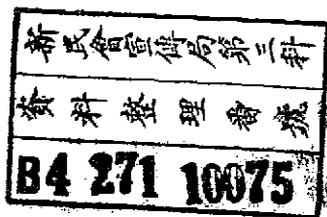


D
446.89
765

20143

海軍部海軍編譯處

以會



序 言

琦歷在海軍學校教授航海學與算學垂四十年所用課本皆英文原書欲求中文譯本非特航海學無處可覓即高等算學亦甚不完全每擬編譯一二以供未讀英文者之研究苦無暇晷近適教務已卸奉部檄在編譯處編纂航海一書爰竭駑力將最近出版英文航海教科書參互輯譯分爲駕駛天文兩部凡學者讀過弧三角後便易了解惟此爲初次譯本對於各種名詞殊鮮依據恐有不盡妥適之處幸垂察焉

民國十九年四月海軍部海軍編譯處馮琦謹識

航 海 學

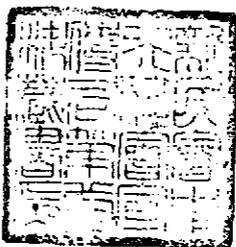
駕

駛

部



3 0606 2419 8



航海學

駕駛部目錄

第一編

定義(Definitions); 羅經儀(Compass); 羅經差(Compass Errors); 風壓差(Leeway); 航向校正法(Correction of Courses); 練習題(Exercise);

第二編

測程儀(Logs); 連續指程儀(Patent Log); 砂線計程儀(Sand-glass, Log-ship, Log-Line); 測深儀(Lead Line); 量水錘(Hand Lead); 機械測深儀(Sounding Machine); 測船位法(Fixing Positions); 練習題

第三編

駕駛法(The Sailings); 平面駕駛(Plane Sailing); 橫距(Departure); 題解(Worked Examples); 折航駕駛(Traverse Sailing); 題解; 抵流駕駛(Current Sailing); 題解; 平行駕駛(Parallel Sailing); 平赤

弧(Meridian Distance); 公式證(Proof of Formula);
題解; 中緯駕駛(Middle Latitude Sailing); 公式
證; 題解; 練習題

第四編

墨克忒氏海圖 (Mercator's Chart); 墨氏緯差
(Meridional Diff. of Lat.); 墨氏緯線(Meridional
Parts); 墨氏海圖畫法及其用法(Construction and
Use of Mercator's chart); 墨克忒駕駛(Mercator
Sailing); 公式證; 題解; 航行日記計算(Day's
Work); 題解; 練習題

第五編

大圈駕駛(Great-circle Sailing); 最短航程(Shor-
test Distance); 頂點(Vertex); 應用各公式(For-
mulae Used); 各點地位(Succession of Points);
題解; 大圈平行合併駕駛(Composite Sailing); 題
解; 練習題

航海學駕駛部

第一編 定 義

航海學 (Navigation) 乃航行海上，指導航向，與測算船位之學也。航海分爲二術，一曰駕駛，一曰航用天文。

駕駛 (Dead Reckoning) 係用羅經以指方向，用計程儀以記航程，由此而算船位之經緯度。

航用天文 (Nautical Astronomy) 係用天文儀器以測天象，而求所在地之經緯度，暨羅經差等。

地軸 (Axis of Earth) 乃地球南北之直徑，爲其自西而東旋轉之樞軸。

地極 (Poles of Earth) 卽地軸之兩端，爲南北二極。

赤道 (The Equator) 爲地球上之大圈，距二極各九十度。

子午線 (Meridian) 乃通過地之兩極之大圈，其與赤道互交成直角。

第一子午線 (Prime Meridian) 爲計算經度起始之子午線。吾人向用格林尼區 (Greenwich) 之子午線爲首



線。

經度(Longitude) 某地之經度，乃赤道之弧度，介於第一子午線與該地之子午線之間。按赤道共分為三百六十度，每度分為六十分，即六十哩(每哩合6080呎)如該地在第一子午線之東曰東經，在西曰西經，各自零度而計至百八十度。

緯度(Latitude) 某地之緯度，乃子午線之弧度，介於該地與赤道之間。如該地在赤道之北為北緯，在南為南緯，各自零度而計至九十度。

平赤圈(Parallels of Latitude) 乃地球上之小圈，其面與赤道之面平行。

經差(Diff. of Long.) 乃赤道之弧，介於兩地之子午線之間。

緯差(Diff. of Lat.) 乃子午線之弧，介於兩地之平赤圈之間。

例題一 設某船自北緯3度42分起行，至南緯2度50分，求其緯差若干。

起緯3度42分北

到緯2 50 南

緯差6度32分南

= 392分南

例題二 設某船自南緯42度30分啓程，計行向北緯差342分，求其到緯若干。

60| 342分北

緯差5度42分北

起緯42 30 南

到緯36度48分南

例題三 設某船自西經38度42分出發，計行向西經差384.5分，求其到經幾何。

60| 384.5分

起經38度42分西

經差6度24.5分西

經差 6 24.5 西

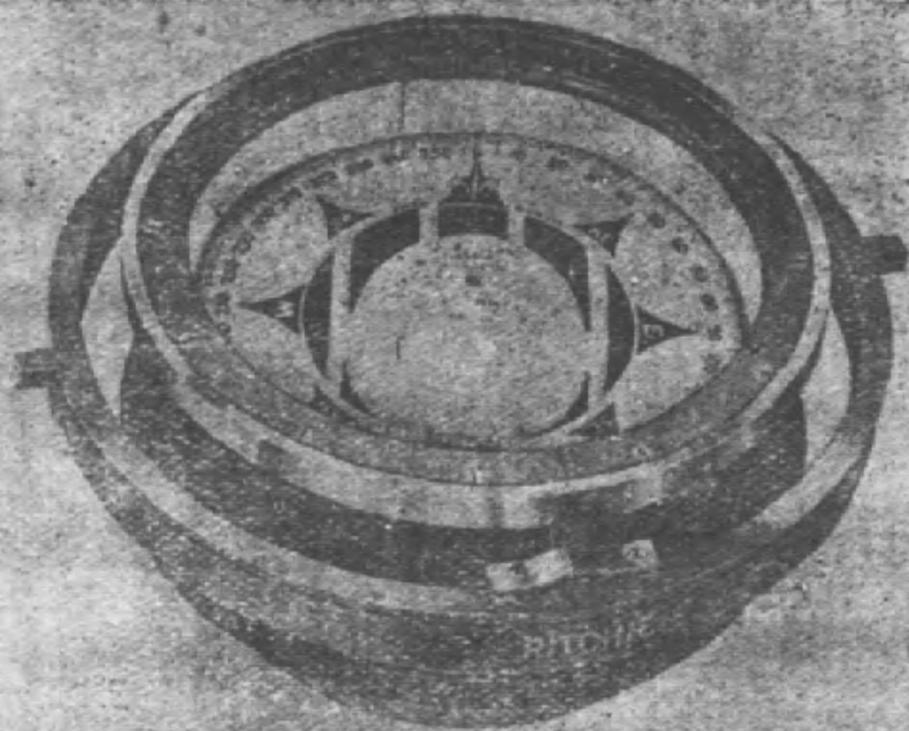
到經45度 6.5分西

航線(Rhumb Line)乃地球面之曲線，其與穿過該線各子午線，交成相等之角也。

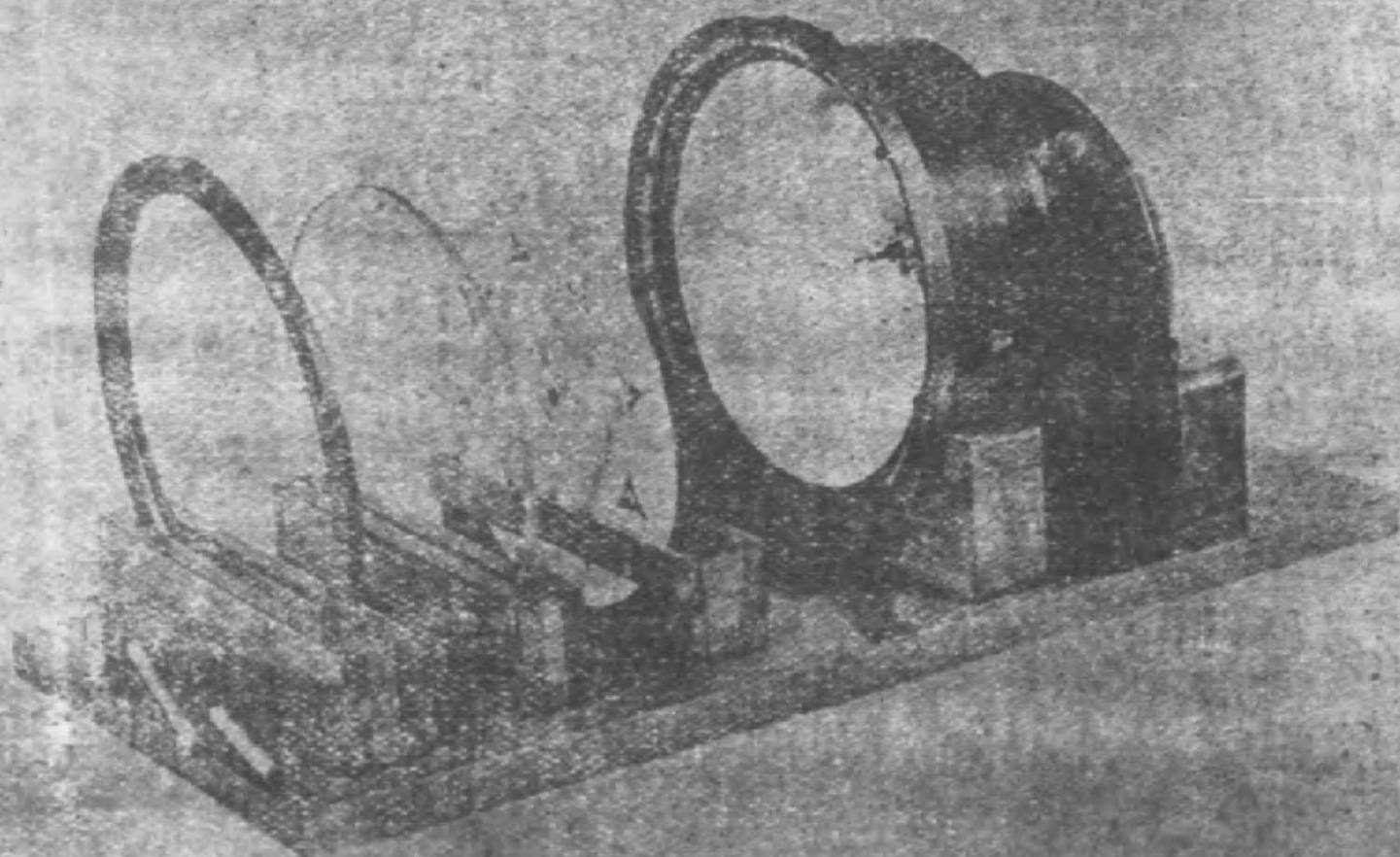
航向(The Course)爲航線與子午線互交之角。

航程(The Distance)即介於兩地間之航線，應以浬計之。

羅經儀



羅經裝置圖



羅經拆卸圖

羅經爲指示方向之儀器，航海及平面測量，無不用之，其最要之部爲(1)羅經針(2)羅經面(3)羅經盆。

羅經針(Needle)乃一最純之鋼針，經過電磁摩擦而成磁針者，或數條磁針，平行排列，置諸羅經面之下。

羅經面(Card)卽一圓形紙板，其周畫分32字(Points)又分360度。面之中心有一軸帽，內嵌寶石，以便盆內軸針旋轉無阻。

羅經面卽以代地平，全周先分四部，每部再分八字，計共32字。其第一部爲北，北迤東，北東北，東北迤北，東北 東北迤東，東北東，東迤北。第二部爲東，東迤南，東南東，東南迤東，東南，東南迤南，南東南，南迤東。第三部爲南，南迤西，南西南，西南迤南，西南，西南迤西，西南西，西迤南。第四部爲西，西迤北，西北西，西北迤西，西北，西北迤北，北西北，北迤西。其正北一字，有一特別記號。其南北直線，應與羅經針平行，毫無差悞。

羅經盆(Bowl)係盛羅經面之半圓銅盆，盆底沉重，盆面蓋以玻璃，中心立以軸針，以支羅經面。盆面直徑兩端，凸出兩樞，鑲諸銅環之上。環之橫徑兩端，亦有兩

樞，置諸架上。似此船雖欹側俯仰，盆面仍得常平，是謂常平架 (Gimbal)。盆之裏面前向正中，畫一垂直線，稱曰基線 (Lubber Line)，正對船首，垂直於船之龍骨。由是欲知船首之方向，祇視基線所指羅經面之字也。

羅經差

磁針指北一端，漆以紅色，指南一端，漆以藍色。該針不能與地面常平。凡在北緯，紅端下垂，若在南緯，藍端下垂，且磁極之與地極，兩位略有不同，故磁針方向與真方向亦異。凡鐵皆能吸引磁針，致船之構造與所裝之貨，均可感動磁針，故船上羅經所指之方向，與磁針所指之方向又異也。

垂角 (Dip) 乃磁針之軸與地平互交之角。其垂度隨地而異，如在赤道則無此角，惟愈近二極此角愈大。

偏差 (Variation) 乃磁氣子午線與真子午線相交之角。其偏度各地不同，均載在各海圖之上。惟隨時微異耳。磁針之紅端，偏在真北之右者曰東偏，在真北之左者曰西偏。

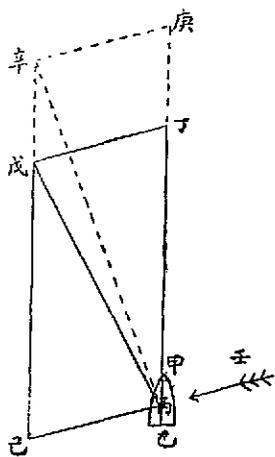
自差 (Deviation) 乃羅經針之南北線與磁氣之南北線

互交之角。其差度隨船首方向而異。每具羅經各有一表，載明船向某字，自差若干。惟該差隨時隨地而變更，故宜時常測尋，其法詳諸天文部。

羅經差乃偏差與自差之和。

風壓差

航行時，設風吹向船之首尾線，則航線自與船向無異。惟若風由旁面而來，航線即偏於下風 (Leeside)。航跡與船之首尾線互交之角，稱為風壓差。



如圖。設甲乙為船，向乙庚線行駛，丙丁為其速率。壬為風向，丙己為風之速率，按力學原理，平行四邊形之徑丙戊，乃該船之航線，雖航首仍續與丙丁同向也。甲丙戊之角即為風壓差。今設航之速率，由丙丁增至丙庚，而風力仍舊，則丙辛為該航之航線，而甲丙辛之角較小於甲丙戊之角。

是航行愈速，風壓差愈小耳。

航向校正法

航向有三種，即羅經航向，磁氣航向，與真航向。

羅經航向 (Compass Course) 乃羅經針之軸與航跡互交之角。內有自差與偏差。

磁氣航向 (Magnetic Course) 乃磁氣之南北線與航跡互交之角。內祇有偏差。

真航向 (True Course) 乃真南北線與航跡互交之角。

羅經航向，或加或減自差與偏差後，祇得船首之真方向。須再加減風壓差，方得船之真航向。

由羅經航向求真航向

規則。自差與偏差，偏東者爲東。偏西者爲西，風吹之壓差可以其方向而定加減，東西同名則加，異名互減，均可由圖計算之（以免學者之知其然而不知所以然。故近邇航向校正悉以圖算並用）。

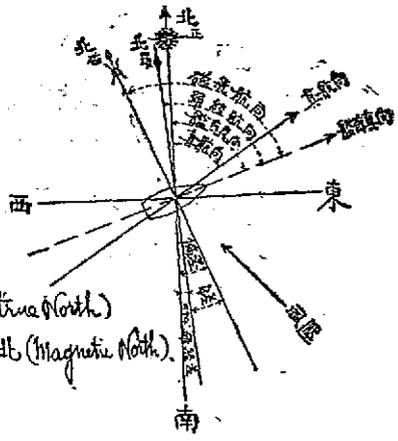
例題一 設羅經航向爲東迤北 $1\frac{1}{4}$ 北，偏差23度16分西，自差17度52分東，風自東南來，壓差 $1\frac{1}{4}$ 字，求真航向。

$$\text{東迤北 } 1\frac{1}{4}\text{北} = \text{北 } 6\frac{3}{4}\text{字東} = \text{北 } 75\text{度 } 56\text{分東}$$

偏差 ----- 23 度 16 分 西
 自差 ----- 17 52 東
 羅經差 ----- 5 24 西
 羅經航向 ----- 北 75 56 東
 船首真向 ----- 北 70 32 東
 風壓差 ----- 14 4 東南
 真航向 ----- 北 56 28 東

注意：北_正北_羅北_磁即正北 (true North)

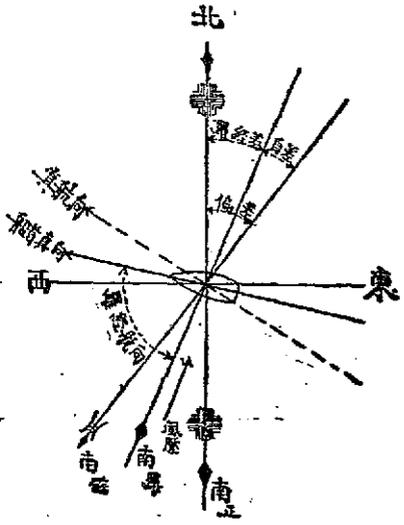
羅經北 (Compass North) 磁北 (Magnetic North)



例題二 設羅經航向為西迤南，偏差 $2\frac{1}{4}$ 字東，自差13度50分西，風向為南迤西，風壓差 $1\frac{3}{4}$ 字。求真航向。

西迤南 = 南7字西 = 南78度45分西

偏差 ----- 36 度 34 分 東
 自差 ----- 13 50 西
 羅經差 ----- 22 44 東
 羅經航向 ----- 南 78 45 西
 船首真向 ----- 南 101 29 西
 即 ----- 北 78 31 西
 風壓 ----- 19 41
 真航向 ----- 北 58 50 西

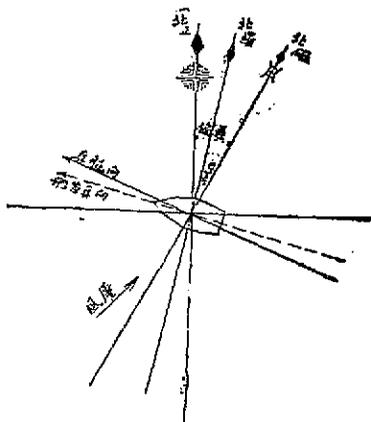


由真航向求羅經航向

規則 偏差與自差爲東爲西，規則同上。惟加減風壓差與羅經差，東西異名則加，同名互減。

例題 設到一埠，航行真向應西北西。知偏差爲 $2\frac{1}{2}$ 字東，自差爲15度45分西，風吹船左，壓差 $3\frac{1}{4}$ 字。求羅經航向。

	度 分
真航向	北 67 30 西
風壓	8 26
船首真向	北 75 58 西
偏差	28 8 東
磁航向	北 104 4 西
自差	15 45 西
羅經航向	北 88 19 西



練習題

1. 將下列各數改爲湮數：

(1) 127度14分15秒 答 7634.25

(2) 57° 31' 30" 3451.5

(3) 1 0 48 60.8

(4) 20 40 20.7

2. 將下列哩數改爲度分秒:

(1) 3451.5 哩 答 57 度 31 分 30 秒

(2) 2916 48 36 0

(3) 50.7 50 42

(4) 120.45 2 0 27

3. 上海在北緯 31 度 13 分 20 秒, 其與赤道距離多少哩?

答 1873.3 哩

4. 赤道上某地在西經 78 度 45 分 12 秒, 其與格林子午線
距離多少哩? 答 4725.2 哩

5. 倫敦在北緯 51 度 31 分 48 秒, 羅馬在北緯 41 度 54 分 6 秒,
該兩地之緯差有多少哩? 答 577.7 哩

6. 某船自南緯 32 度 3 分 18 秒出發, 駛至北緯 1 度 7 分。求其
航行之緯差。 答 1990.3 哩北

7. 求下列各兩地之經差:

(1) 甲在西經 4 度 45 分 12 秒, 乙在西經 58 度 22 分 0 秒。

(2) 甲在東經 5 度 36 分 30 秒, 乙在西經 0 度 23 分 0 秒。

(3) 甲在東經 174 度 47 分, 乙在西經 60 度 57 分。

答(1)53度36分48秒西。(2)5度59分30秒西。(3)124度16分東。

8.某船自好望角(南緯34度22分,東經18度29分)駛至和恩角(南緯55度59分,西經67度16分)。求該船航行之緯差與經差若干哩,並其大約航向。

答1297哩南,5145哩西,西南方向。

9.(羅經面之圈周,分作32字,則每字應合11度15分。例如北迤東=北11度15分東;西北迤北=北33度45分西;東南 $\frac{1}{2}$ 東=南4 $\frac{1}{2}$ 字東=南50度37分30秒東)將下列各方向,改爲南北線之角度:

(1)東北迤北,(2)東南東,(3)南迤西 $\frac{1}{4}$ 西,(4)西迤南 $\frac{3}{4}$ 南。

答(1)北33度45分東,(2)南67度30分東,(3)南14度3分45秒西,(4)南70度18分45秒西。

10.將下列各羅經航向,改爲真航向:

羅經航向 自差 偏差 風向 風壓差

(1)西南迤南,4度55分西,2 $\frac{1}{2}$ 字東,東南迤南,1 $\frac{1}{4}$ 字

(2) 北, 2度15分西,31度50分東,西北西,11度15分

(3) 東迤南, 14度38分東, 24度30分東, 南迤東, $1\frac{1}{2}$ 字
 答(1) 南71度2分西, (2) 北40度50分東, (3) 南56度30
 分東。

11. 將下列各航行真向, 改爲羅經航向:

真航向	自差	偏差	風向	風壓差
(1) 西北 $\frac{3}{4}$ 西, 11度55分西, 25度10分西, 左舷, $\frac{1}{4}$ 字				
(2) 東, 16度40分東, $\frac{3}{4}$ 字西, 右舷, $\frac{1}{4}$ 字				
(3) 東迤南 $\frac{1}{2}$ 南, 17度40分東, 21度50分東, 左舷, $\frac{1}{2}$ 字				

答(1) 北20度7分西, (2) 北84度37分東, (3) 北61度45
 分東。

第二編

測程儀

測程儀乃測算航行速率之儀器。計有兩種, 一曰連續指
 程儀, 一曰秒線計程儀。普通船舶皆用前者, 帆船及
 速率較緩之汽船則用後者。

連續指程儀

此儀種類繁多, 構造略同, 有三要部如下:

(1) 螺旋機 (Rotator) 即旋轉於水中之銅質輪葉，長約尺餘，上端繫有二尺長之索，索之他端，繫一卵形空筒，當投此機入水時，空筒握在手中。

(2) 旋轉繩 (Rotator Line) 係麻棉合織而成，質軟而韌，長約四十拓 (Fathom = 六呎)，其下端連於空筒，上端有銅鈎，鈎於指程表後面之銅環。

(3) 指程表 (Register) 當船行時，水力壓在螺旋機之輪葉，葉連輪軸旋轉，由繩達於表內之齒輪，是以表面之針隨之而動，指示船行速率。表外有支腕，嵌於表座，此座釘在船尾或舷之上。

用法 此儀須在海外航行時用之。用時先將該表嵌入座內，揭開表面之玻璃蓋，撥各指針對準零點，隨將旋轉繩鈎於表後環上，後將此繩整順，握於左手，而右手持螺旋機用力投諸水中，隨將左手之繩，逐漸放出。當船停止或後退及進港之前，須將此機收入船內。

砂線計程儀

此儀共有三件，同時併用，詳述如下：

(1) 砂時計 (Sand Glass) 爲一鼓形之玻璃管，中貯細砂。若將其倒轉，砂即由上節，漸漏落入下節，以計秒

時。普通有14秒(Short Glass)與28秒(Long Glass)兩種,速率較大之船,多用前者。

(2)扇形板(Log Ship) 卽一扇形木板,其弧邊有溝隙,以鉛填之,使其沉重,故此板投於水面時,便能直立。板之三隅,各繫股綫,下面二綫,連於計程線,頂隅一綫,末有木栓,以備用時,插入計程線上木管之內。

(3)計程線(Log Line) 其前段爲游線(Stray Line) 約長十餘柘,下端連諸板之股綫,上端繫一白布符號,卽爲起計航程之零點。由此點始,計程線分爲多節,每節代一湮(如用14秒時計,每節應長23.6呎) 每半節俱有一麻結符號。其第一節用一革結,第二第三等節,則用二結三結等麻線,以作符號。未用該線時,須將全線捲在絡車(Reel)之上。

用法 用時須以三人行之。一人執砂時計,一人高舉絡車,一人先將板上所繫之木栓插入木管中,隨將左手握游線,口呼「預備」,右手卽將扇形板遠擲於水,徐徐放出游線。迨其白布符號通出手中時,卽呼「倒轉」,此時執時計者急將該砂管倒轉,注視管內,一俟細砂漏盡,卽喊「停止」,放線者速卽捉住該線,而驗其符

號，即知船之速率。一面將線拖淨，使木銓脫出，板遂倒平，便於收回也。計程線須時常檢驗，而改正其符號。

測深儀

測深儀乃用以探水深若干，及水底何質之器具。計有二種，一爲量水錘，一爲機械測深儀。

量水錘係一鉛質長錘，重自七磅至十四磅不等。錘底有穴，內裝脂臘，備驗水底之質。錘繩乃用細麻織成，長約三十拓。由錘底而上，記有各種符號如下：

2拓，裂皮二條； 3拓，裂皮三條； 5拓，白布一條；
7拓，紅布一條； 10拓，皮一塊內有一孔； 13拓，與3拓同； 15拓，與5拓同； 17拓，與7拓同； 20拓，麻繩二結； 25拓，麻繩一結； 30拓，麻繩三結。繩上拓數凡有記載者，則曰符號 (Marks)，無記載者，如1拓4拓等等，則謂估計 (Deepes)。至於半拓及四分之一等拓，亦可約略計之。

用法 船之前舷，近駕駛橋下，伸出一板，上圍繩欄與膝蔽 (Apron)，測者立於其上，以左手執繩，右手持距錘十餘尺處之槓欂式木栓，將錘順船側搖擺幾次，俟

錘向前時，右手放釋，繩即由左手順序溜出。迨船前進至錘達海底之處，則繩直垂，測者祇視水面在何符號，即知水深幾拓，立可報告駕駛員也。若欲測知海底何質，祇將脂臘塞於錘底穴內，當錘觸水底時，即有標本粘於錘底，驗之，若果與海圖上所載相同，即可決定船位無差錯耳。

機械測深儀乃利用水之壓力，以測海深之儀器。該儀種類不一，其要部大概如下：

- (1) 沉錘 (Sinker) 係一鍍鉛長式鐵錘，長約三尺，重約二十二磅，底亦有穴，備裝脂臘。
- (2) 量深管 (Glass Gauge) 係一玻璃管，長約二尺，上端閉塞，下端開口。管面刻有自五拓至百拓之數目，管外有銅質護套，套之上端亦閉，下端有二小孔。當管投入水時，藉水之壓力，水漸由孔湧入管中，下沉愈深，水力愈大。故錘離海面多少拓，管中之水即指若干拓。
- (3) 錘纜 (Flexible Steel Wire) 係六根鍍鉛鋼線合組而成，長約三百拓。
- (4) 鼓形輪 (Wire Drum) 爲一鐵製之鼓形滑輪，以供錘纜盤挽其上。輪有橫軸，支於鐵架。軸之兩端，各有柄

套，備插把柄，爲旋轉鼓輪之用。輪之兩面，又有停輪桿，以便停止其轉動也。

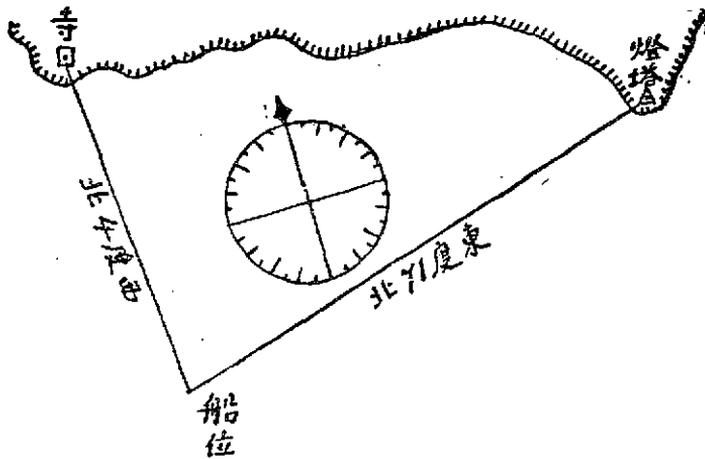
用法 先以停輪桿，遏制鼓輪之旋轉，再繫量深管於沉錘上部之鋼纜上。後將錘纜，安於伸出船尾之引綫轆轤之槽中，並將該錘連管，懸於錘纜之下端，繼即脫去停輪桿，轉動把柄，而沉錘與管，立即帶纜滑出。迨錘沉觸海底，纜忽覺鬆，遂即反轉把柄，將纜捲入，挽於鼓輪之上，收起量深管，以驗水深若干拓數。

測船位法

凡航行時，遇能遠瞭岸上物體，如山峯，燈塔等，海圖上有所記載者，即可以之爲標識，而測船位。其法不一，茲將方向交叉法 (Cross Bearings) 詳述如下：

用標準羅經，接連觀測兩物體之方向，並記明船向，隨將該兩方向，加減以自差，改爲磁氣方向。後用平行尺，依此兩方向，先後放在圖內羅經上，再將此尺推至該兩物體之標識上，而畫兩直線於尺旁。此兩線交叉之點，即爲觀測時之船位。

例題 設有一寺，其羅經方向，爲北10度西，又一燈塔，向北65度東。知自差爲6度東。求海圖上之船位。



練習題

1. 求每哩合若干呎。

$$\text{地球之周} = 360 \text{度} = 360 \times 60 \text{哩} = 21600 \text{哩}$$

$$\text{地球之平均半徑} = 20888761.5 \text{呎}$$

$$\text{是地球之周} = 2 \times 3.14159 \times 20888761.5 \text{呎}$$

$$\text{故} 21600 \text{哩} = 2 \times 3.14159 \times 20888761.5 \text{呎}$$

$$\text{即 } 1 \text{哩} = 6076.3 \text{呎。}$$

設甲為計程線每結之呎數

乙為秒時計之秒數

5. 則 $\frac{\text{甲}}{6080} = \frac{\text{乙}}{3600}$ 故甲 = $\frac{9080 \times \text{乙}}{3600}$ 呎。

3. 如用14秒之砂時計，求計程線之每結長若干呎。

答23呎 $7\frac{3}{4}$ 吋。

4. 設將該砂漏與船錶校對，快 $\frac{1}{2}$ 秒。該線之每結應改爲幾呎。 答22呎9.6吋。

5. 如用28秒之砂時計，但校對後，知該時計慢 $\frac{1}{2}$ 秒。該線之每結應改爲若干呎。 答48呎1.6吋。

第三編

駕駛法

前編已言，按羅經與計程儀所指示，即知航向與航程並言觀測岸上標識，在海圖上即可畫定船位，今特詳論，若航行之前，先測船位，知其經緯度，應用何法，可測其每日航行，無論何時，船位之經緯度。其法有七如下：

(1) 平面駕駛，(2) 折航駕駛，(3) 抵流駕駛，(4) 平行駕駛，(5) 中緯駕駛，(6) 墨克忒氏駕駛，(7) 大圈駕駛。

凡屬於駕駛各問題，不外二種

(1) 已知航向與航程，及其起點之經緯度，求其到點之經緯度。

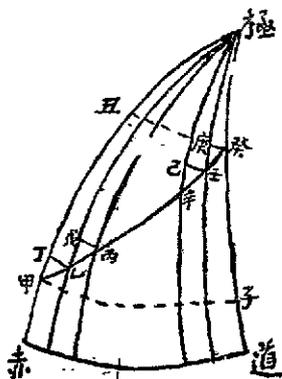
(2) 已知起點與到點之經緯度，求航向與航程。

平面駕駛

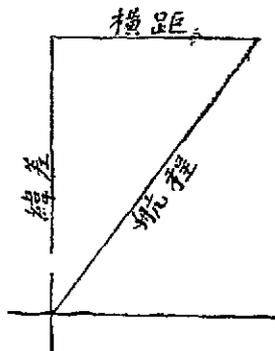
平面駕駛乃假定地為平面，而航程，緯差，與橫距（詳後）各曲線，皆當作直線，成一平面直角之三角形也。

如後圖。設甲癸為航線，甲為起點，癸為到點。設將該航線分為

多段，並由每分點畫一子午線，及平赤弧，如乙丁，丙戊，



....., 壬己, 癸庚等, 茲因此航線儘可分作無數多段, 則每段短弧與其相屬之緯差, 橫距, 皆與直線無異, 而成一平面直角之三角形。且乙丁, 丙戊,; 壬己, 癸庚, 相加之總數, 即為由甲至癸之橫距也。



橫距乃航行兩地之間，而計其向東或向西，橫行若干哩之總數。

今按三角法。

$$\text{乙丁} = \text{甲乙} \times \text{乙甲丁正弦} = \text{甲乙} \times \text{航向正弦}$$

$$\text{丙戊} = \text{乙丙} \times \text{丙乙戊正弦} = \text{乙丙} \times \text{航向正弦}$$

.....

$$\text{壬己} = \text{辛壬} \times \text{壬辛己正弦} = \text{辛壬} \times \text{航向正弦}$$

$$\text{癸庚} = \text{壬癸} \times \text{癸壬庚正弦} = \text{壬癸} \times \text{航向正弦}$$

是乙丁 + 丙戊 + + 癸庚

$$= (\text{甲乙} + \text{乙丙} + \dots + \text{壬癸}) \times \text{航向正弦}$$

此即 橫距 = 航程 × 航向正弦 (1)

又在同上三角中。

$$\text{甲丁} = \text{甲乙} \times \text{乙甲丁餘弦} = \text{甲乙} \times \text{航向餘弦}$$

$$\text{乙戊} = \text{乙丙} \times \text{丙乙戊餘弦} = \text{乙丙} \times \text{航向餘弦}$$

.....

$$\text{辛己} = \text{辛壬} \times \text{壬辛己餘弦} = \text{辛壬} \times \text{航向餘弦}$$

$$\text{壬庚} = \text{壬癸} \times \text{癸壬庚餘弦} = \text{壬癸} \times \text{航向餘弦}$$

是甲丁 + 乙戊 + + 壬庚

$$= (\text{甲乙} + \text{乙丙} + \dots + \text{壬癸}) \times \text{航向餘弦}$$

此即 $\text{緯差} = \text{航程} \times \text{航向餘弦} \dots \dots \dots (2)$

又照上法可證

$$\text{橫距} = \text{緯差} \times \text{航向正切}$$

此即 $\text{航向正切} = \frac{\text{橫距}}{\text{緯差}} \dots \dots \dots (3)$

注意凡屬於駕駛各問題，皆可用公式計算，與繪圖量計二法以解之。

例題一 設有一船，由某處在西北向間行駛35浬，後知緯差為30浬。求其航向與橫距。

用公式 $\text{航向餘弦} = \frac{\text{緯差}}{\text{航程}}$ ， $\text{橫距} = \text{航程} \times \text{航向正弦}$ 。

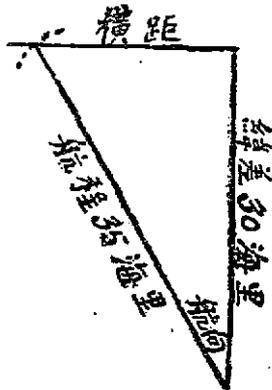
用對數，

$$\begin{array}{r} 1.477121 \\ -1.544068 \\ \hline 9.933053 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.544068 \\ +9.711839 \\ \hline 1.255907 \end{array}$$

航向 = 北31度西

橫距 = 18浬



例題二 由北緯36度6分45秒，一船向南70度西，行駛125浬。求其到點之緯度，與其航行之橫距。

$\text{緯差} = \text{航程} \times \text{航向餘弦}$ 。 $\text{橫距} = \text{航程} \times \text{航向正弦}$ 。

航程對數 = 2.096910

航程對數 = 2.096910

餘弦 , , , = 9.534052

正弦 , , , = 9.972986

緯差 , , , = 1.630962

橫距 , , , = 2.069896

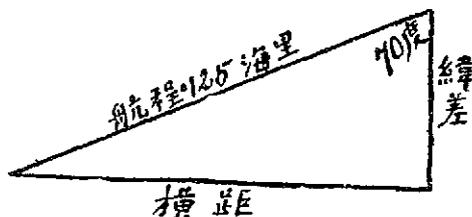
緯差 = 42.75 哩

故橫距 = 117.4 哩

= 42分45秒南

起緯 = 36度6分45秒北

故到緯 = 35度23分0秒北



折航駕駛

折航駕駛乃因航行時，遇有島嶼障礙，不能直向目的地而駛，不得已分次折向航行。後合計其各向之緯差與橫距，以求其直接之航向與航程。

其法先將每次之航向與航程，求其緯差與橫距，謄入表中，分行而列，例如航向為西北迤北，則緯差應列在北字行內，橫距列在西字行內，後將南北兩行相加之

緯差，由大減小，即總緯差，應南或北，與大者同。再用同法，以求總橫距。既得此總緯差與總橫距，即可用平面駛駕法，而求直接之航向與航程也。

折航表

茲因欲使計算者，於每次航向，求緯差與橫距便利起見，故航海對數表內，特製一種折航表(Traverse Table)以1度，2度，……至45度為航向，以1, 2, 3, ……至600哩為航程，用平面駕駛法，計其各緯差與橫距，而列入表內，今因每角之正弦，等於其餘角之餘是每航向角度之緯差，等於該向之餘角度之橫距。故，此表祇計至45度而止，緣46度之緯差，即44度之橫距。是以表內每頁左列角度由上而下，其右即列各餘角度，由下而上。每行上騰緯差，下騰橫距。凡航向在45度之外，吾人覓緯差與橫距，須視該表之下面也。再航向亦有以字計者，是以該表多分二節，可省改字為度之煩耳。

例題一 設於24時內，航行東南40哩，東北28哩，西南迤西52哩，西北迤西30哩，南東南36哩，東南迤東68哩。求其總緯差與橫距，並其直接之航向與航程。

航 向	航程	緯 差		橫 距	
		北	南	東	西
南 4 字 東	40 浬	—	28.3	28.3	—
北 4 ,, 東	28 ,,	19.8	—	19.8	—
南 5 ,, 西	52 ,,	—	28.9	—	43.2
北 5 ,, 西	30 ,,	16.7	—	—	24.9
南 2 ,, 東	36 ,,	—	33.3	13.8	—
南 5 ,, 東	58 ,,	—	32.2	48.2	—

36.5 122.7 110.1 68.1

36.5 68.1

總緯差 = 86.2 42.0 = 總橫距

公武 航向正切 = $\frac{\text{橫距}}{\text{緯差}}$ 航程 = 橫距 \times 航向餘割

對數 1.623249 1.623249

1.935507 0.358417

9.687742 1.981666

故航向 = 南 25 度 59 分 東 航程 = 95.87 浬

例題二 設有一船,由北緯4度10分啓程,欲赴一島,在

東北迤北196哩。該船計行如下。東北 $\frac{1}{2}$ 東75哩，東迤南 $\frac{3}{4}$ 南42哩，北東北 $\frac{1}{4}$ 東52哩，北迤西34哩，東迤北 $\frac{1}{2}$ 北49哩。求該船之到點緯度，與赴該島之航向與航程。

航 向	航程	緯 差		橫 距	
		北	南	東	西
北 $4\frac{1}{2}$ 東	75哩	47.6	—	58.0	—
南 $6\frac{1}{4}$ 東	42,,	—	14.1	39.5	—
北 $2\frac{1}{4}$ 東	52,,	47.0	—	22.2	—
北 1 西	34,,	33.3	—	—	6.6
北 $6\frac{1}{2}$ 東	49,,	14.2	—	46.9	—

142.1

14.1

緯差128.0分北

=2度8分北

起緯 = 4 10 北

故到緯 = 6度18分北

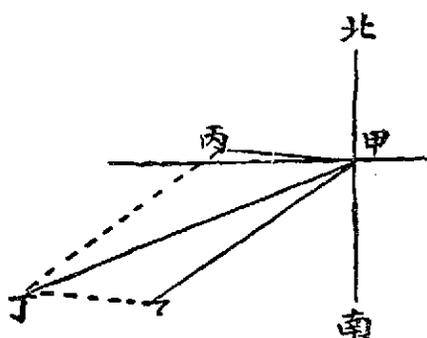
今知該島距起點北3字東，196浬，用折航表，得該島與起點之緯差 = 163分北，橫距 = 108.9分東。但起點與到點之緯差 = 128分北，橫距1600分東，是到點與該島之緯差 = 35分北，橫距51.1分西。

再由折航表，用緯差35分北，橫距51.1分西，尋得由到點駛赴該島之航向 = 北 $55\frac{1}{2}$ 度西，航程 = 62浬。

抵流駕駛

抵流駕駛乃因抵制海流與潮流，應須糾正航向之法。水流方向與風吹方向，名稱相反。所謂水流某向者，乃指水向某處而流也。

設知航向與航程，並知海流方向與其速率，可用折航駕駛法，求該船之結果航向與航程。



例題一 設航向爲西南迤西，航程爲50浬。海流向西迤北，共流23浬。求其真航向與航程。

如圖。甲爲船之起點，航行至乙點。設

甲丙以代海流。按力學理，平行方形之對角線甲丁，當爲船之結果航向與航程。

今用折航表解之如下：

航 向	航程	緯 差		橫 距	
		北	南	東	西
南 5 字西	50 哩	—	27.8	—	41.6
北 7 字西	23 哩	4.5	—	—	22.6

27.8 64.2

4.5

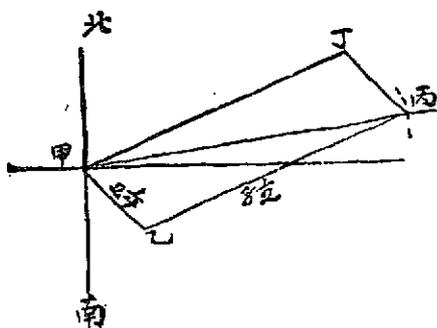
23.3

再由折航表，用緯差23.3南，橫距64.2西，得

真航向 = 南70度西 真航程 = 68.2 哩

例題二 今有一船，每時可行 $8\frac{1}{2}$ 哩。欲向東 $\frac{3}{4}$ 北行駛，但遇海流，其向爲東南 $\frac{3}{4}$ 南，速率爲每時 $2\frac{1}{4}$ 哩。求該船應駛何向，以抵海流，並求其結果速率幾何。

如圖。設甲乙爲海流，東南 $\frac{3}{4}$ 南， $2\frac{1}{4}$ 哩，甲丙爲目的航向，東 $\frac{3}{4}$ 北。今以乙爲中心，以 $8\frac{1}{2}$ 哩爲半徑，畫



一弧與甲丙交叉一點，設為丙點，完成此平行方形甲乙丙丁，則甲丁當為應駛之航向，甲丙即為航行之結果速率也。

今在甲丙丁三角中，知甲丁 = $8\frac{1}{2}$ ，丙丁 = $2\frac{1}{4}$ ，並知
 甲丙丁角 = 乙甲丙角 = $(4\frac{3}{4} + \frac{3}{4})$ 字 = $5\frac{1}{2}$ 字 = 61
 度 $52\frac{1}{2}$ 分

應用兩公式如下：

$$\text{丙甲丁正弦} = \frac{2.25}{8.5} \times \text{甲丙丁正弦}, \text{甲丙} = 8.5 \times \frac{\text{丁角正弦}}{\text{甲丙丁正弦}}$$

用對數，	0.352183	丁角 = 180度 - (甲 + 丙)
	<u>0.929419</u>	= 180度 - (61度 $52\frac{1}{2}$ 分
	9.422764	+ 13度30分) = 104度
	<u>9.945430</u>	$37\frac{1}{2}$ 分
	<u>9.368194</u>	用對數， 0.929419
則丙甲丁角 =	13度30分	9.985696
但北甲丙角 =	<u>81. 33 分</u>	<u>0.054570</u>

故北甲丁角 = 68度3分 0.969688
 是以應駛航向 = 北68度4分東 故結果速率 = 9.33 哩

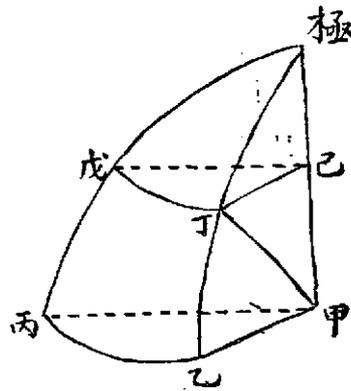
平行駕駛

綜觀以上各種駕駛，皆未提及何法，以求航行之經差，致無從尋求船位之經度。今特先論介於兩子午線之間，赤道之弧與平赤圈之弧，有何關係。

平行駕駛乃向正東或正西航行，求其經差之法。
 平赤弧乃平赤圈之弧，介於同緯度兩地之間。

如圖。設甲極丙乙為地體

之一部。甲為其中心，乙丙為赤道之弧，丁戊為平赤弧，兩者俱介於極丙，極乙兩子午線之間。設丁戊己為平赤弧之面，與地軸極甲，交



叉在己點。是甲乙丙與己丁戊為平行之兩平面，並與極甲交成直角。故己丁與甲乙平行，己戊與甲丙平行，即丁己戊角 = 乙甲丙角，是以

$$\frac{\text{丁戊弧}}{\text{乙丙弧}} = \frac{\text{己丁}}{\text{甲乙}} = \frac{\text{己丁}}{\text{甲丁}} = \text{己甲丁正弦} = \text{乙甲丁餘弦}$$

故得公式， 平赤弧 = 經差 × 緯度餘弦

例題一 某船由北緯50度4分，西經5度44分45秒，向西航行50哩。求其到點之經度。

(1) 用公式

$$\text{經差} = \text{平赤弧} \times \text{緯度正割}$$

$$\text{平赤弧} = 50 \text{ 哩,}$$

$$\text{對數} = 1.698970$$

$$\text{緯度} = \underline{50 \text{ 度 } 4 \text{ 分}}$$

$$\text{正割對數} = \underline{0.192535}$$

$$\text{故經差} = 77.89 \text{ 分}$$

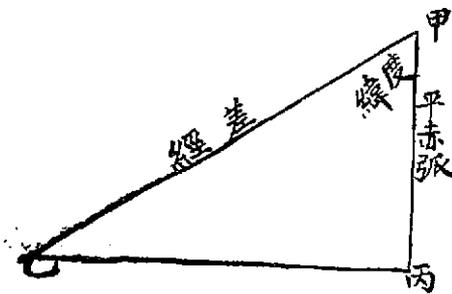
$$\text{對數} = \underline{1.891505}$$

$$= 1 \text{ 度 } 17 \text{ 分 } 53 \text{ 秒 西}$$

$$\text{但起經} = \underline{5 \quad 44 \quad 45 \quad \text{西}}$$

$$\text{是以到經} = \underline{7 \text{ 度 } 2 \text{ 分 } 38 \text{ 秒 西}}$$

(2) 用圖畫



先畫一直線甲丙 = 50 哩，任何比例，以代平赤弧。再由甲點畫丙甲乙角 = 50 度 4 分，以代緯度，後由丙點畫一直線正

交於甲丙，而與甲乙相交在乙點，則甲乙 = 甲丙 ×

丙甲乙正割 = 平赤弧 × 緯度正割

故甲乙即所求之經差。

今照甲丙之比例尺量之，得經差 = 78 哩，即 1 度 18 分。

(3) 用折航表

在該表中，以緯度 50 度為航向，平赤弧 50 分為緯差，尋

此行上之航程為 78 分，即經差也。緣航程 = 緯差 × 航

向正割，而經差 = 平赤弧 × 緯度正割，故用此法。

例題二 某船由西經 5 度 21 分，向西行駛 160 哩，知其到
點之經度為 8 度 39 分西。求其緯度。

起經 = 5 度 21 分西

到經 = 8 39 西

經差 = 3 18

= 198 哩西

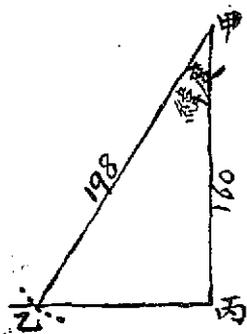
緯度餘弦 = $\frac{160}{198}$

2.204120

2.296775

9.907345

故緯度 = 36 度 6 $\frac{2}{3}$ 分北或南

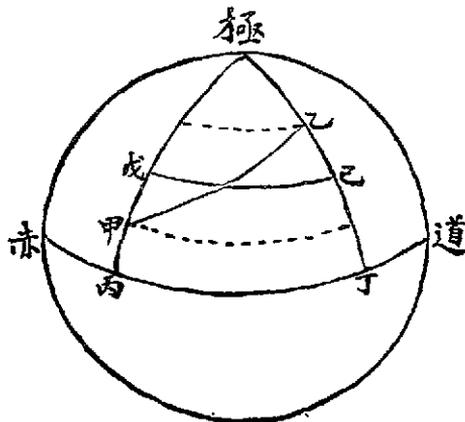


此題若用圖畫法，先畫甲丙 = 160，再以甲為中心，以198為半徑，畫一弧，與垂線乙丙，交在乙點。後量其角乙甲丙為36度，即緯度也。

若用折航表，當在航程198之行內，尋緯差160.0，其相對之航向36度，即所求之緯度。

中緯駕駛

參觀平面駕駛圖，即知由甲至癸之橫距，其長短當介於甲子與癸丑兩弧之間。今特擅定起點與到點兩緯，均分而得中緯之平赤弧為橫距，是謂中緯駕駛。如圖。設甲與乙為不同緯之兩地，



貫該兩地畫兩子午線極甲丙與極乙丁，交於赤道在丙與丁二點。甲丙即甲之緯度，乙丁即乙之緯度，二緯均分，而得丙戊或丁己，即為甲與乙之中緯，而丙丁為由甲至乙經差，戊己為由甲至乙之橫距也。

今求各公式如下：按平行駕駛法，

$$\text{戊己} = \text{丙丁} \times \text{丙戊餘弦}$$

$$\text{是橫距} = \text{經差} \times \text{中緯餘弦} \dots\dots\dots (1)$$

又按平面駕駛法，

$$\text{航向正切} = \frac{\text{橫距}}{\text{緯差}} = \frac{\text{經差} \times \text{中緯餘弦}}{\text{緯差}} \dots\dots\dots (2)$$

茲因 $\text{橫距} = \text{航程} \times \text{航向正弦}$

故 $\text{經差} = \text{航程} \times \text{航向正弦} = \text{中緯正割} \dots\dots (3)$

注意以上擅定中緯之法，不盡準確，故有時須用後編之墨克忒氏駕駛，勿用中緯駕駛，例如

- (1) 緯度太高也。緣角度大時，微有差異，其餘弦變更甚速，則影響及於橫距。
- (2) 緯差太鉅也。緣兩緯相差愈多，則代橫距之真弧，離其中緯愈遠。
- (3) 兩地在赤道之南北兩處也。緣此時中緯距離赤道，較諸真弧之距離太近。

例題一 某船由北緯50度19分，西經4度13分，駛至北緯48度28分30秒，西經5度3分12秒。求其航向與航程。

緯 差	中 緯	經 差
50度19分○秒北	50度19分○秒北	4度13分○秒西
<u>48 28 30</u>	<u>48 28 30</u>	<u>5 3 12</u>
1度50分30秒南	2 <u>98 47 30</u>	<u>0度50分12秒西</u>
60	<u>49度23分45秒</u>	<u>50.2浬</u>
<u>110.5浬</u>		

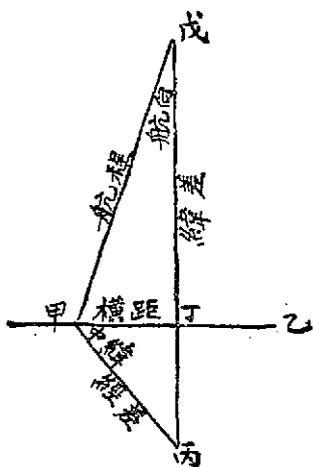
航向正切 = $\frac{\text{經差} \times \text{中緯餘弦}}{\text{緯差}}$ ，航程 = 緯差 × 航向正割

用對數	1.700704	2.043362
	9.813468	0.018199
	<u>7.956638</u>	
	<u>9.470810</u>	<u>2.061561</u>

故航向 = 南16度28分15秒西 航程 = 115.2浬

中緯駕駛題，亦可用圖畫以解之，其法詳下：

如圖。先畫橫線甲乙，並由甲點畫乙甲丙角 = 49度24分，以代中緯，再量甲丙 = 50.2浬，以代經差。後由丙點畫丙丁線垂直於甲乙，並引伸丙丁至戊點，再量丁戊 = 110.5浬，以代緯差。接連甲戊，則丁戊甲角當為航向，量之得南16½度西，戊甲當為航程，量之得115浬



再由上圖觀之，便知本題亦

可用折航表解之如下：

設以中緯 49 度 24 分爲航向，經差 50.2 爲航程，得緯差 32.6，此即本題之橫距。

今用橫距 32.6，緯差 110.5，

由該表得航向南 16 ½ 度

西，航程 115 哩

例題二 某船自北緯 50 度 19

分，西經 4 度 13 分，向南 16 度 28 分 15 秒西，行駛 115.2 哩。求其到點之經緯度。

用兩公式如下：

$$\text{緯差} = \text{航程} \times \text{航向餘弦}$$

$$2.061561$$

$$9.981801$$

$$\underline{2.043362}$$

$$\text{緯差} = 110.5 \text{ 分}$$

$$= 1 \text{ 度 } 50 \text{ 分 } 50 \text{ 秒南}$$

$$\text{起緯} = \underline{50 \quad 19 \quad 0 \quad \text{北}}$$

$$\text{故到緯} = \underline{48 \text{ 度 } 28 \text{ 分 } 30 \text{ 秒北}}$$

$$2 \quad \underline{98 \text{ 度 } 47 \text{ 分 } 30 \text{ 秒}}$$

$$\text{中緯} = \underline{49 \quad 23 \quad 45}$$

$$\text{經差} = \text{緯差} \times \text{航向正切} \times \text{中緯正割}$$

$$2.043362$$

$$9.470310$$

$$\underline{0.186532}$$

$$1.700704$$

$$\text{經差} = 50.2 \text{ 分}$$

$$= 0 \text{ 度 } 50 \text{ 分 } 12 \text{ 秒西}$$

$$\text{起經} = \underline{4 \quad 13 \quad 0 \quad \text{西}}$$

$$\text{故到經} = \underline{5 \text{ 度 } 3 \text{ 分 } 12 \text{ 秒西}}$$

(註)是題亦可用圖畫與折航表以演之，法同前題。

練習題

1. 由北緯32度22分,某船向東南東行駛 205 哩。求其到點之緯度。 答31度3 $\frac{1}{2}$ 分北。
2. 某船向東南迤南航行,知其橫距爲24哩。求其航程與緯差各幾何。 答43.2哩,35.9哩。
3. 某船由南緯35度20分,航行58哩。其羅經航向爲西北迤北,偏差36度34分東,自差 $\frac{1}{4}$ 字西。求其航行之橫距與到點之緯度。 答0,34度22分南。
4. 一船向西北間行駛,其橫距等於緯差三分之一。設其羅經總差爲2 $\frac{1}{2}$ 字東,求該船之羅經航向。 答北49度22分西。
5. 某船由北緯37度48分,向北西北航行,其速率爲每時8 $\frac{1}{2}$ 哩。求其到北緯40度41分時,需多少鐘點。
答22.0。
6. 自昨午起,本船航行如下: (1)南西南20哩, (2)西16哩, (3)西北西28哩, (4)南東南32哩, (5)東北東14哩, (6)西南36哩, 求其總緯差與橫距, 暨其直接之航向與航程。 答南45度西,71.75哩,50.7分,50.8分。
7. 甲乙二船,同時離開一港,在北緯31度31分,兩日後

該二船復相遇於某處。該二船航行如下：(甲)北東北96浬，西南西96浬，東南東96浬，北西北96浬。(乙)北西北96浬，東南東96浬，西南西96浬，北東北96浬。求其到點之緯度，及每船行駛之直接航向與航程。

答北緯33度15分，北，104浬。

8. 折航表如何計法？設航向為60度，航程為100浬。用數學法，求該緯差與橫距。 答50浬，86.6浬。
9. 在二十四時內，某船向東北航行100浬。遇水流向東進南，每時流1浬。求該船之實在航向與航程
答北60度49分東，128.2浬。
10. 某船之速率，每時6.5浬。欲赴一港在東南向20浬。知海流東北進東每時3浬。該船應駛何向，以抵海流？船到港時需時幾何？ 答南18度5分東，3.13時。
11. 某處在北緯50度22分25秒，茲因地球繞軸旋轉，求該處每時旋轉速率幾何。 答574浬。
12. 本船平行駕駛38浬，測得經差為1度，求船在緯度若干。 答50度42分12秒。
13. 某艦由北緯33度，西經71度38分，向西航行93浬。求該艦到點之經度。 答73度28分53秒西。

以下三題，用中緯駕駛公式，與圖畫二法，以演之。

14. 某船由南緯22度20分，西經90度40分，向北32度50分東，行駛256浬。求該船到點之經緯度。 答18度44分54秒南，88度11分46秒西。

15. 甲港在南緯26度6分，西經109度17分，乙港在赤道上，西經92度0分，由甲至乙，應駛羅經何向，航程計有幾何。羅經偏差1字東，自差3度西。 答北24度東，1863.6浬。

16. 某船由北緯，向南33度15分東駕駛。迨後計其航行之橫距爲564浬，經差爲786浬。求該船起點與到點之兩緯度。 答51度19分北，36度58 $\frac{1}{2}$ 分北。

第四編

墨克忒氏海圖

海圖乃代地面之一部。惟球面畫在平面之上，各弧灣曲，殊不足以供航海者之用。一五六九年墨克忒氏發明斯圖，其法將各子午線，皆畫作互相平行之直線。因此則兩線間之平赤弧，無論在何緯度，皆變與經差

相等。是緯度愈高，平赤弧之增長愈甚。

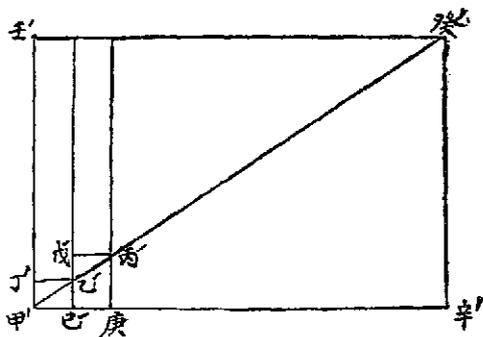
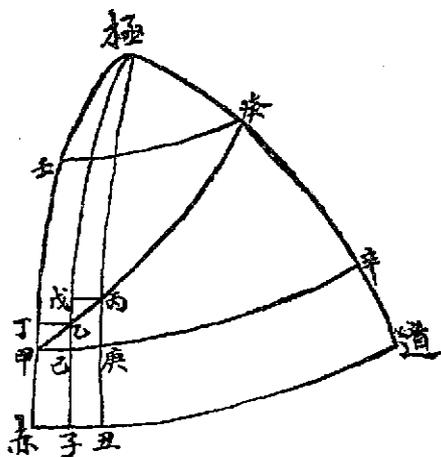
墨氏則將緯線之每度每分，照該弧之增長，同一比例而增長之。由是圖上任何一處，能與其所代地面之一部，縱橫比例，無不符合也。

航線本一曲線，與各子午線交

成相等之角。今畫在墨氏海圖之上，祇一直線，此與航行者莫大之便利。

如前二圖，上圖係代地球之一部，介於極與赤道之間。

甲與癸為不同緯之兩點。穿過該兩點之子午線為極



赤與極道。該兩線間之平赤弧，在甲緯者爲甲辛，在癸緯者爲壬癸。由甲至癸之航線爲甲癸之弧。設畫各子午線如極子，極丑等與極赤相距甚近，並與航線交在乙丙等點，又由各該點畫平赤弧如乙丁，丙戊等。

今若擴展該部於平面上，如下圖，先畫甲'辛'以代平赤弧甲辛，但其長則等於赤道之弧，即甲與癸之經差也。再量甲'己'，己'庚'，庚'辛'相等於赤子，子丑，丑道各弧線。並由甲'，己'，庚'，辛'各點，畫各垂線於甲'辛'以代甲壬等諸子午線。茲因甲己增長爲甲'己'，甲丁亦應照同樣比例增長爲甲'丁'。今設畫丁'乙'與甲'辛'平行，則甲'己'乙'丁'與甲己乙丁縱橫比例，自相符合。是甲'乙'直線，確代航線之首段甲乙，並丁'甲'乙'角即爲真航向丁甲乙。

按同法增長乙'戊'爲乙'戊'，即照乙點之平赤弧增長爲子丑之同比例，並畫丙'戊'與甲'辛'平行，則乙'丙'直線，確代航線之次段乙丙，並戊'乙'丙'角等於戊乙丙角，即爲航向，且甲'乙'與乙'丙'係一相連之直線耳。

再按同法推至其餘各段，即可證明甲'癸'直線確代甲癸航線，並與各子午線相交之角，等於真航向。惟甲'癸'

之長自過於甲癸之長。

如前圖，甲'壬'係緯差甲壬所伸長者，稱曰墨氏緯差。

墨氏緯差 (Meridional Diff of Lat.) 乃墨氏海圖中，代
兩地真航差之線，以湮計也。

墨氏緯線 (Meridional Parts) 乃墨氏海圖中，代某地緯
度之線，以湮計也。

按平行駕駛公式，經差 = 平赤弧 × 緯度正割。然墨氏海
圖上兩子午線之距離，皆伸長與其經差相等。今欲海
圖上每部，與其所代地球上之部，縱橫比例相等，則緯
線亦當照該比例伸長。是以墨氏緯線計法如下：

在地緯1分之處，墨氏緯線1分 = 1分 × 1分之正割

， ， 2分 ， ， ， ， 1分 = 1分 × 2分 ， ，

， ， 3分 ， ， ， ， 1分 = 1分 × 3分 ， ，

• • • • •

， ， 1度 ， ， ， ， 1分 = 1分 × 1度 ， ，

• • • • •

， ， 甲度 ， ， ， ， 1分 = 1分 × 甲度 ， ，

故墨氏緯線，代地緯甲度者 = (1分正割 + 2分正割 + 3
分正割 + • • • • + 甲度正割) × 赤道上之1分。

航海對數表中，俱列有墨氏緯線表，以備繪畫海圖以及駕駛之用。由0度1分計至89度59分止。觀之即知緯度愈高，緯線增長愈速。至90度緯線即無限之長。故高度之地，不能畫在墨氏海圖。

例題 由北緯42度10分，至北緯50度48分，求其墨氏緯差之長。

用該表，起點墨氏緯線 = 2795.2 浬北

到 ,, ,, ,, = 3549.8 浬北

故墨氏緯差 = 754.6 浬北

墨氏海圖畫法及其用法

此法宜演一題以詳明之如下：

例題 畫一墨氏海圖，由北緯50度至北緯54度，由西經135度至西經139度。圓尺要以.7吋代經度之一度。再某船起點，由甲乙二點交叉方向定之。甲在50度31分北，135度33分西，向東南，乙在50度43分北，135度26分西，向東北東。該船行駛如下，西北西55浬，西南西70浬，東北迤北104浬。試在此圖，先定船位，並畫各航向與航程。再由圖中，求該船到點之經緯度，暨其直

接航向與航程。

- (1) 先畫圖尺，每段長7吋以代經度之一度，標以1,2,3,4, . . . 等段。再將外一段分作十小段，每小段即代經度之6漚。
- (2) 在圖紙下邊，畫一線子丑。在此線上，由子點起，量寅卯辰丑各段，每段長7吋。後由各分點畫諸直線垂直於子丑，此即本圖上各子午線。並標各分點以135,136,137,138,139各經度。
- (3) 在另紙上，將圖中所需之各緯度，按序直列，再由墨氏緯線表，尋各緯度相等之緯線，將其謄入如下。並計各緯線之差：

緯度50度墨氏緯線 = 3458

,, 51 ,, ,, ,, = 3552, 緯差 = 94

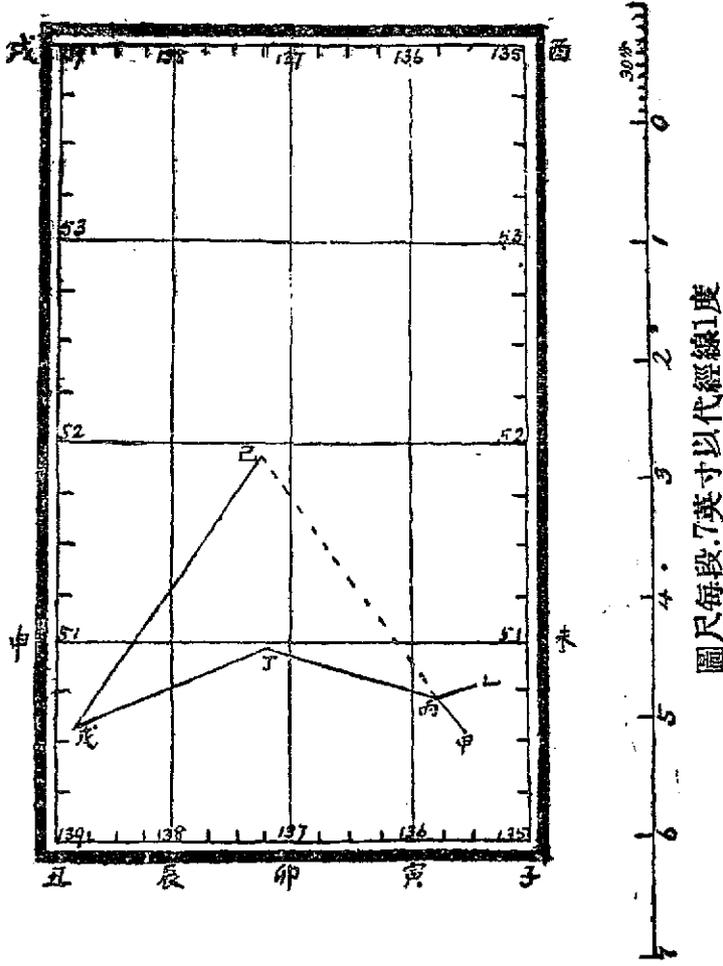
,, 52 ,, ,, ,, = 3648, ,, = 96

,, 53 ,, ,, ,, = 3747, ,, = 99

,, 54 ,, ,, ,, = 3847, ,, = 100

後以兩脚規由圖尺量出94漚，約即一段零十分之六。即將此數畫入兩旁子午線上，如子未與丑申，並接連申未。設子丑係代50度之平赤線，申未即代51度之平

墨 克 忒 氏 海 圖



赤線也。今用同法由未與申，再向北量96裡，即得52度之平赤線，繼續量99裡與100裡，則得53度與54度之平赤線。末後將每經度與每緯度，平分爲四或爲六小段，每小段即代15或10裡。

(4) 該圖已如上述諸節繪就矣。今在圖中先定甲點，由圖旁分度子午線上，尋北緯50度31分，將平行尺放在此處並與平赤線平行，即在尺旁近經度處畫一細線，再由圖底分度平赤線上，尋西經135度33分，亦將平行尺放在此處並與子午線平行，在尺旁再畫一細線。兩細線交叉之點即爲甲。用同法再定乙點。

(5) 如圖中未畫羅經，則用分度規代之。先將規之中心，放在任何子午線與平赤線相交之點，規之中線，即放在該子午線之上。再由規周尋北45度西之處，即在此處畫一細點，並將平行尺放在此點與規之中心點相連之線，繼推此尺至甲點，而畫一線甲丙。用同法再畫一線乙丙。此兩線交叉之丙點，即船之起點。今就此圖尋得起點在北緯50度38分；西經135度46分。

(6) 做照上法，由丙點畫丙丁爲航向西北西，並在分度子午線上，與丙丁最近之處，量出55裡，爲由丙至丁

之航程。再用同法，畫丁戊爲西南西70浬，戊己爲東北迤北104浬。得己點，即船之到點，在北緯51度59分，西經137度18分。並得由丙至己之直接航向爲北35度西，航程爲99浬。

墨克忒氏駕駛

墨克忒氏駕駛，乃根據墨氏海圖製造之理，而爲駕駛中最確之法。

按該圖因將橫距伸長與經差相等，故亦將真緯差照同比例伸長爲墨氏緯差。是以

$$\frac{\text{經差}}{\text{墨氏緯差}} = \frac{\text{橫距}}{\text{真緯差}}, \quad \text{但} \frac{\text{橫距}}{\text{真緯差}} = \text{航向正切}$$

$$\text{故} \quad \text{航向正切} = \frac{\text{經差}}{\text{墨氏緯差}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{或即} \quad \text{經差} = \text{墨氏緯差} \times \text{航向正切} \dots \dots (2)$$

$$\text{照平面駕駛, 航程} = \text{真緯差} \times \text{航向正切} \dots \dots (3)$$

以上三公式，足供墨氏駕駛演算各題之用。

例題一 某船自北緯39度25分，西經9度30.7分，駛至北緯33度5分，西經16度19.5分。求其航向與航程。

起緯39度25分北	墨氏緯線2564	起經9度30.7分西
到緯 <u>33.5</u> 北	∴ ∴ <u>2094</u>	到經 <u>16.195</u> 西
6 20	∴ 緯差 <u>470</u>	6 49
<u>60</u>		<u>60</u>

真緯差380 漚南

經差409 漚西

用公式, 航向正切 = $\frac{\text{經差}}{\text{墨氏緯差}}$, 航程 = 真緯差 × 航向正割

用對數

2.611723

0.122418

2.672098

2.579784

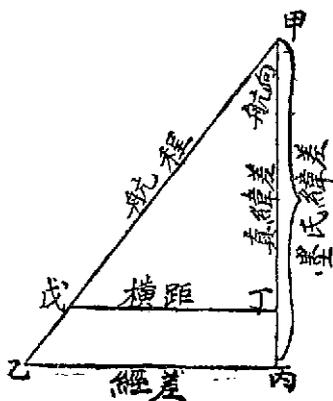
9.939625

2.702202

故航向 = 南41度1.8分西

航程 = 503.7 漚

是題亦可用圖畫以演之, 其法如下。



先畫甲丙與乙丙兩線, 交成直角, 以代子午線與赤道之一部。用任何比例尺, 量經差409漚為丙乙, 並量墨氏緯差470漚為丙甲, 接連甲乙, 即得丙甲乙角為航向, 以分度規量之, 得南41度西。今再由甲點量甲

丁等於真緯差 380 哩，並由丁點畫丁戊與丙乙平行，則丁戊即代橫距，甲戊即代航程。以該比例尺量之，得航程為 504 哩

由上圖推之，此題亦可用折航表演之如下法：

在該表內，以經差與墨氏緯差，代橫距與真緯差。惟因本題該兩數太鉅，宜先以 10 除之，即言以 40.9 為橫距，以 47 為真緯差，得航向為南 41 度西，此得數與上法同。今在同航向之行內，尋真緯差 38.0，得航程 50.4，須以 10 乘之，乃得本題之航程為 504 哩，亦與上法同。

例題二 某船自北緯 51 度 26 分，西經 9 度 29 分，向西南 $\frac{1}{2}$ 南，行駛 950 哩。求其到點之經緯度。

用公式， 真緯差 = 航程 \times 航向餘弦

航程 950 哩，	對數 2.977724
航向 $3\frac{1}{2}$ 字，餘弦	,, <u>9.888185</u>
得緯差 734.4 分	,, <u>2.865909</u>
= 12 度 14 分 南	
起緯 = <u>51° 26' 北</u>	墨氏緯線 3594
故到緯 = <u>39° 12' 北</u>	,, ,, <u>2547</u>
	,, 緯差 <u>1047</u>

用公式 經差 = 墨氏緯差 × 航向正切

用對數 3.019947 起經 = 9 度 29 分 西

9.914173 經差 = 14 " 19 " 西

859.3 分 2.934120 故到經 = 23 " 48 " 西

是題自亦可用圖畫與折航表二法以演之。

航行日記計算

航行日記計算，乃航行者每日正午，應將船之到點經緯度，暨前二十四時內所駛之直接航向與航程，以及此後欲到目的地，應駛航向與航程，逐一計算也。

航行日記 (Log Book) 係一格式印簿，騰載二十四時中所駛各航向與速率，並羅經差，海流，風向，氣候，以及正午所計之經緯度，與所駛之直接航向航程，暨途中所遇船隻與所見燈塔島嶼等方向，均記載之。

該日記計法，宜演一題，以詳明之如下。

例題 某日正午，某船至某處，用羅經測一島在西地北向，距 11 哩。島之緯度為 46 度 40 分北，經度為 53 度 7 分西。羅經自差為 17 度東。該船由是航行如下表所記載。求其次日正午到點之緯度與經度，暨其所駛之直接航向與航程。

航 行 日 記

時間	航 向	航程	風 向	風壓	自 差	備 註	
1	東南東	3.3	正 南	7度	13度東		
2		8.0					
3		8.0					
4		7.9					
5	東南	6.0	南西南	8度	5度東		羅經偏差 30度西
6		6.4					
7		6.3					
8	6.9	東南迤南	西南迤南	6度	2 $\frac{1}{2}$ 度東		
9	3.7						
10	3.4						
11	8.0						
12	3.7				半夜		
1	南迤西	6.0	東南迤東	8度	8 $\frac{1}{2}$ 度西		
2		6.3					
3		6.5					
4		6.9					
5	東北迤東	3.0	,,	6度	18度東		末八時船 遇潮流其 磁向爲西 南西,速 率每時2 浬
6		9.0					
7		7.0					
8	7.8	西 南	,,	—	9 $\frac{1}{2}$ 度西		
9	8.7						
10	8.9						
11	8.8						
12	8.4						

起程航向 度分	第一航向 度分	第二航向 度分	第三航向 度分
偏差30 0西	30 0西	30 0西	30 0西
<u>自差17 0東</u>	<u>13 0東</u>	<u>5 0東</u>	<u>245東</u>
羅經差13 0西	17 0西	25 0西	2715西
羅經向南 <u>5745東</u>	南 <u>6730東</u>	南 <u>45 0東</u>	南 <u>3345東</u>
真航向南9145東	南8430東	南70 0東	南61 0東
= 北8815東	風壓 <u>7</u>	<u>8</u>	<u>6</u>
航程 = 11 浬	南9130東	南78 0東	南67 0東
	= 北8830東	航程 = 25.6 浬	33.8 浬
	航程 = 32.2 浬		

第四航向 度分	第五航向 度分	第六航向 度分	海流向 度分
偏差30 0西	30 0西	30 0西	30 0西
自差 <u>830西</u>	<u>18 0東</u>	<u>915西</u>	<u>0 0</u>
羅經差3830西	12 0西	3915西	30 0西
羅經向南 <u>1115西</u>	北 <u>5615東</u>	南 <u>45 0西</u>	南 <u>6730西</u>
船首向南2715東	北4415東	南 545西	南3730西
風壓 <u>8 0</u>	<u>6</u>	<u>0 0</u>	<u>0 0</u>

真航向南1915東 北3815東 南5 45西 南3730西

航程 = 25.7浬 31.8浬 34.8浬 22浬

航 向	航程	緯 差		備 距	
		北	南	東	西
北88 度東	11.0	.4	—	11.0	—
北88 $\frac{1}{2}$,, 東	32.2	.6	—	32.2	—
南78 ,, 東	25.6	—	5.3	25.0	—
南67 ,, 東	33.8	—	13.2	31.1	—
南19 ,, 東	25.7	—	24.3	8.4	—
北38 ,, 東	31.8	25.0	—	19.6	—
南 6 ,, 西	34.8	—	34.6	—	3.7
南37 $\frac{1}{2}$,, 西	22.0	—	17.3	—	13.5

26.0 94.7 127.3 17.2

26.0 17.2

度分

緯差 = 68.7 110.1 = 橫距

起緯 = 46 40北

按中緯駕駛法,用折航表,

緯差 = 1 8.7南

得經差 = 158.5分 = 2度38.5分

故到緯 = 45 31.3北

起經 = 53度 7分西

2 | 9111.3

經差 = 2 38.5東

中緯 = 46 5.6

故到經 = 50 28.5西

再用折航表,得直接之航向 = 南58度東, 航程 = 130浬

練習題

1. 畫一墨克忒氏海圖，以1.6吋代經度之一度。由南緯53度至南緯58度，由東經22度至東經27度。並在圖上畫甲乙二小島，甲在南緯54度18分，東經23度14分，乙在南緯54度34分，東經23度26分。某船起點在甲之南西南 $\frac{1}{2}$ 西磁向，在乙之西 $\frac{1}{4}$ 南磁向。該船用羅經航向行駛如下(1)北東北110浬，(2)南迪東38浬，(3)西北50浬。羅經偏差為 $1\frac{1}{2}$ 字東，自差(1)8度35分東(2)4度20分東(3)10度西。在此圖中先畫船之起點，次畫各航線，後用量度法，求該船到點之經緯度。

答南緯53度14分，東經24度 $10\frac{1}{2}$ 分。

2. 用1.3吋以代每經度，畫一墨氏海圖，由北緯50度至北緯54度，由西經10度至西經14度。某船起點由甲乙二點交叉方向定之。甲在北緯52度8分，西經10度15分，羅經向為南東南。乙在北緯52度15分，西經10度10分，羅經向為東迪北。是時自差6度西。該船行駛如下。

羅經航向	航程	羅經自差	偏差
西南迪南	100浬	6度10分西	2字西
西北西	53,,	6,, 50,, 西	,,

東北	75"	10" 0" 東	2字西
西北迤北	90哩	3度20分西	,,
北東北	80,,	7,, 30,, 東	,,

在此圖中，先定船之起點，並畫各真航向與航程。後求該船到點之經緯度，並其直接航向與航程。 答北緯53度32 $\frac{1}{2}$ 分，西經12度40 $\frac{1}{2}$ 分，北46度西，118.5哩
以下四題，用墨氏公式並圖畫二法，以演之。

3. 甲在南緯22度54分，西經43度6分。乙在北緯8度30分，西經13度18分。求由甲至乙之真航向與航程。

答北43度4分東，2578.8哩。

4. 某船欲由某港駛至某島，求其羅經航向與航程：

港在北緯37度44分 西經25度40分

島在北緯28,, 28,, 西經16,, 15,,

羅經之偏差為2 $\frac{1}{2}$ 字西，自差為2度20分西。

答南12度50分東，731哩。

5. 本艦由南緯15度55分，西經5度44分，向南39度27分東，行駛1120哩。求其到點之經緯度。

答南緯30度19分，東經7度8.5分。

6. 某艦由北緯50度10.9分，西經4度16分，向西南 $\frac{1}{4}$ 西

行駛。迨後知其經差爲620浬。求該艦到點之緯度與其航程。答北緯43度47分,571.5浬。

7.某日正午,本艦望見某島在北緯58度40分,西經5度,其羅經方向爲東南,距離15浬(羅經自差5度30分)西。厥後航行如下日記所載。求本艦次日正午到點之經緯度,暨其直接之航向與航程。

時間	航向	浬數	風向	風壓	自差	備註
1	西迤北	5.2	北	1½字	8度西	望經偏差2½字 西
2		4.5				
3		6.3				
4		5.8				
5		6.6				
6		3.9				
7	北東北	7.7	西北	2,,	4度東	昨夜
8		4.0				
9		5.3				
10		5.8				
11		7.2				
12		6.7				
1	西	5.6	北迤西	1,,	7度西	未四時有海流 其羅經方向爲 南每時流2浬
2		6.5				
3		6.4				
4		7.3				
5		4.5				
6	東南	4.0	西	0	9度東	
7		5.8				
8		4.7				
9		5.0				
10		6.2				
11		7.0				
12	6.0					

答北緯58度3½分,西經5度21分;南17度西,38浬。

8. 某日正午，某燈塔距某船9浬，其羅經方向爲東遊北，自差爲5度30分東，燈塔在南緯34度19分，東經115度6分。該船此後行駛如下。求其次日正午到點之經緯度，並其直接之航向與航程。

時間	航向	哩數	風向	風壓	自差	備註
1	西北西	5.6	北	½字	5度西	羅經偏差½字
2		6.9				
3		8.0				
4		6.4				
5		4.8				
6	南½東	4.4	東遊南	½,,	1度西	
7	東北	3.5	北西北	½,,	7度東	半夜
8		5.8				
9		6.9				
10		8.0				
11		8.5				
12	10.0					
1	西北	8.5	南	0	1度西	末三時遇水流每時2哩其羅經方向爲西南
2		7.0				
3		8.0				
4		9.5				
5		10.0				
6	12.0	南遊東	½,,	8度東		
7	11.5					
8	8.0					
9	7.5					
10	6.8					
11	6.0					
12	10.0					

答南緯34度0 $\frac{1}{2}$ 分，東經114度37分。北52 $\frac{1}{2}$ 度西，30 $\frac{1}{4}$ 浬。

第五編

大圈駕駛

球面大圈乃穿過球心之平面與球面互相截割之圈。

球面任何兩點，其距離最短之弧，乃介於該兩點間之大圈弧，（溫氏幾何第八本已詳證之）

大圈駕駛乃在大圈弧上駕駛之法。凡兩地相距甚遠，航行者宜用此法，以省航程。

大圈駕駛之航向，係航行之大圈弧與船位之子午線相交之角。按此角與以前各駕駛之航向不同，因其角度隨船位而變更。故欲保留航迹駛在大圈者，必須隨時用墨氏或中緯駕駛法，測算應駛之航向，連續更改之。大概行駛經差5度，改向一次。

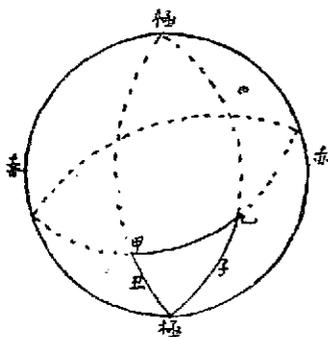
大圈駕駛之航程，係航行兩地間之大圈弧，以浬計也。

頂點(Vertex)乃大圈弧上緯度最高之點。

大圈駕駛所用之弧三角，即以該兩地之餘緯爲其兩邊，該兩地之經差爲其極角，該大圈弧爲其第三邊。今在此三角形中，可用下列各公式，以求

1. 由此地至彼地之首次航向。

2. 由此地至彼地之航程。
3. 頂點之經緯度。
4. 更改航向之各點地位。



如圖。設甲與乙爲地球上兩點。
先以大圈弧甲乙連接之，後
畫兩子午線穿過該兩點，即
得弧三角極甲乙。

(1) 求航向

在此三角中，因已知該兩地之
餘緯子與丑，並其經差甲極乙，

用訥白爾公式如下，即得甲與乙之兩角：

$$\frac{\text{甲} + \text{乙}}{2} \text{正切} = \frac{\frac{1}{2}(\text{子} - \text{丑}) \text{餘切}}{\frac{1}{2}(\text{子} + \text{丑}) \text{餘弦}} \times \frac{\text{極}}{2} \text{餘切},$$

$$\frac{\text{甲} - \text{乙}}{2} \text{正切} = \frac{\frac{1}{2}(\text{子} - \text{丑}) \text{正切}}{\frac{1}{2}(\text{子} + \text{丑}) \text{正切}} \times \frac{\text{極}}{2} \text{餘切}.$$

按該兩角即爲航向。在北緯者曰北，在南緯者曰南。至
於向東或向西，應視由此至彼之方向而定也。

例題 某船在大圈弧上航行，由甲點（南緯45度47分，
東經170度45分）至乙點（南緯12度4分，西經77度14
分）。求其航向由甲至乙，並由乙至甲。

甲緯45度47分，丑 = 44度13分 甲經 = 170度45分東

$$\begin{array}{ll}
 \text{乙緯}12\text{度 } 4\text{分}, \text{子} = \underline{77\text{度}56\text{分}} & \text{乙經} = \underline{77\text{度}14\text{分西}} \\
 \text{子} + \text{丑} = 122\text{度 } 9\text{分} & \text{經差} = 247\text{度}59\text{分西} \\
 \text{子} - \text{丑} = \underline{33\text{度}43\text{分}} & = \underline{112\text{度 } 1\text{分東}}
 \end{array}$$

用上列公式，

度分	對數	對數
$\frac{1}{2}(\text{子} - \text{丑}) = 1651 \frac{1}{2}$	餘弦, 9.980923	正弦, 9.462407
$\frac{1}{2}(\text{子} + \text{丑}) = 61 \ 4 \frac{1}{2}$	正割, 0.315456	餘割, 0.057866
$\frac{1}{2} \quad \text{極} = 56 \ 0 \frac{1}{2}$	餘切, 9.828851	餘切, 9.828851
$\frac{1}{2}(\text{甲} + \text{乙}) = 53 \ 9$	正切, 0.125230	正切, 9.349124
$\frac{1}{2}(\text{甲} - \text{乙}) = 1235$		

故甲 = 南6544東，即由甲至乙之航向

乙 = 南4034西，即由乙至甲之航向

(2) 求航程

照上圖在該三角中，今已知其各角並兩邊子與丑之度

數欲求其第三邊甲乙，可用覺士(Gauss)公式如下：

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{2}(\text{甲} + \text{乙}) \text{餘弦} \times \frac{\text{甲乙}}{2} \text{餘弦} = \frac{1}{2}(\text{子} + \text{丑}) \text{餘弦} \times \\
 & \frac{\text{極}}{2} \text{正弦}, \\
 \text{即 } & \frac{\text{甲乙}}{2} \text{餘弦} = \frac{1}{2}(\text{子} + \text{丑}) \text{餘弦} \times \frac{1}{2}(\text{甲} + \text{乙}) \text{正割} \times \\
 & \frac{\text{極}}{2} \text{正弦}
 \end{aligned}$$

例題同上 求由甲至乙之航程。

$$\frac{1}{2}(\text{子} + \text{丑}) = 61\text{度}4\frac{1}{2}\text{分}, \quad \text{餘弦對數} 9.684544$$

$$\frac{1}{2}(\text{甲} + \text{乙}) = 53\text{度}9\text{分} \quad \text{正割} \quad , \quad 0.222050$$

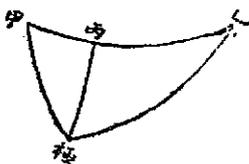
$$\frac{1}{2}\text{極} = \underline{56\text{度}0\frac{1}{2}\text{分}} \quad \text{正弦} \quad , \quad \underline{9.918617}$$

$$\frac{1}{2}\text{甲乙} = \underline{48\text{度}2\text{分}} \quad \text{餘弦} \quad , \quad \underline{9.825211}$$

$$\text{故甲乙} = 96\text{度}4\text{分} = \underline{5764\text{哩}}, \text{即航程}$$

(3) 求頂點之地位

今須先求該大圈之頂點經緯度，因欲測算更改航向各點之地位，並欲預知航行最高之緯度也。



如圖。設丙為大圈弧甲乙之頂點，極丙為其子午線。茲因丙為最高之點，極丙乃垂直于甲乙。今在此直角弧三角甲丙極中，已知甲之餘緯極甲，並由甲至乙之航向即甲角，欲求極丙即丙之餘緯，與甲極丙角即甲與丙之經差，可用公式如下。

$$\text{極丙正弦} = \text{極甲正弦} \times \text{極甲丙正弦}$$

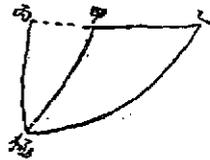
$$\text{此即頂點緯度餘弦} = \text{甲緯餘弦} \times \text{甲角正弦} \quad \cdot \cdot \quad (1)$$

$$\text{又} \quad \text{極甲餘弦} = \text{甲角餘切} \times \text{甲極丙餘切}$$

此即頂點經差餘切 = 甲緯正弦 × 甲角正切 · · (2)

按該頂點不盡在甲乙兩點之內。

設甲與乙二角，一鈍一銳，則頂點即在甲乙弧外。由是甲與丙之經差，係甲極丙之角。故當加於甲之經度時，須離乙點而計，方得丙之經度也。



例題同上 求甲乙大圈弧之頂點經緯度。

頂點緯度餘弦 = 甲緯餘弦 × 甲角正弦 · · (1)

頂點經差餘切 = 甲緯正弦 × 甲角正切 · · (2)

甲緯 = 45度47分，餘弦9.843466，正弦9.855342

甲角 = 65度44分，正弦9.959825，正切0.346000

餘弦9.803291，餘切0.201342

故頂點緯度 = 50度31分南 經差 = 32度10分東

甲經 = 170度45分東

故頂點經度 = 202度55分東

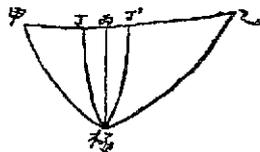
= 157度 5分西

(4) 求更改航向之各點地位，並應駛各航向與航程。

各點距離若干，值從頂點起算。緣子午線穿過頂點成一
直角，今若再畫各子午線穿過諸點，即得各直角弧三

角。且頂點兩邊有同樣之弧三角，俾解演此題，較爲簡易耳。惟若該頂點在甲乙弧外，則各點互離若干，俱應由甲至乙而計也。

如圖。設丁與丁'爲兩點，各距丙點經差5度，並畫子午線弧極丁與極丁'。今在此兩個弧三角中，已知極丙，即丙點之餘



緯，並知丙極丁角或丙極丁'角 = 距丙經差5度。今欲求丁與丁'之緯度，可用公式如下：

$$\text{丙極丁餘弦} = \text{極丙正切} \times \text{極丁餘切}$$

$$\text{此即 極丁正切} = \text{極丙正切} \times \text{丙極丁正割}$$

$$\text{故 丁緯與丁'緯餘切} = \text{頂緯餘切} \times \text{經差正割。}$$

今既得丁點與丁'點之經緯度，可用同法，並易5度爲10度，15度……，以得其他各點之地位也。

例題同上 求該弧甲乙中諸點之經緯度，互距經差爲5度，並求在諸點上應駛各航向與航程。

是題頂點已知在南緯50度31分，西經157度5分，今先求距頂經差5度之兩點，則其經一爲152度5分西，一爲147度5分西，欲求其緯，即用該公式

丁緯餘切 = 頂緯餘切 × 經差正割。

頂緯 = 50度31分， 餘切對數9.915847

經差 = 5度 0分 正割 ， 0.001656

故該兩點之緯 = 50度25分南 餘切 ， 9.917503

今用同法，推求距頂10度，15度，... 32度10分，...，

79度51分之各點經緯度，列表如下。再求各航向與航

程，照序列入表內。

由甲至乙 各選點	距頂之 經差		各點之 經度		各點之 緯度		用墨氏駕駛法	
	度	分	度	分	度	分	航 向	航程
甲 點	32	10	170	45	45	47		
第1點	30	0	172	55	46	26	南67	4東 100.1
第2點	25	0	177	55	47	44	南69	2東 218.0
第3點	20	0	177	5	48	45	南73	8東 210.2
第4點	15	0	172	5	49	32	南76	30東 201.3
第5點	10	0	167	5	50	5	南80	21東 196.9
第6點	5	0	162	5	50	25	南84	6東 194.6
第7點	0	0	157	5	50	31	南88	17東 200.3
第8點	5	0	152	5	50	25	北88	17東 200.3
第9點	10	0	147	5	50	5	北84	6東 194.6
第10點	15	0	142	5	49	32	北80	21東 196.9
第11點	20	0	137	5	48	45	北76	30東 201.3
第12點	25	0	132	5	47	44	北73	8東 210.2
第13點	30	0	127	5	46	26	北69	2東 218.0
第14點	35	0	122	5	44	50	北65	37東 232.5
第15點	40	0	117	5	42	55	北62	5東 245.0
第16點	45	0	112	5	40	38	北58	37東 263.0
第17點	50	0	107	5	37	58	北55	31東 282.6
第18點	55	0	102	5	34	51	北52	17東 305.7
第19點	60	0	97	5	31	15	北49	25東 332.0
第20點	65	0	92	5	27	9	北46	58東 360.5
第21點	70	0	87	5	22	33	北44	43東 388.4
第22點	75	0	82	5	17	26	北42	43東 417.8
乙 點	79	51	77	14	12	4	北41	19東 428.7

綜觀上表，即見各點，凡距頂點即第七點經差相等者，其緯度無不相同。故祇須先計前六點之緯度，便可照膽至第十三點，後再計至第二十二點也。既得各點經緯度之後，可用墨氏或中緯駕駛，甲甲點起，求每點至其次點，繼續更改各航向與航程，按序列入表內。本題設用墨氏駕駛法，求由甲至乙之直接航向與航程。應得北70度40分東，6113浬。惟該表所載各航程總加之，祇有5799浬。如是可省314浬。

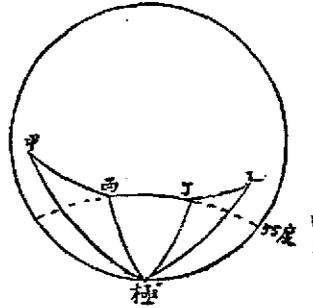
大圈平行合併駕駛

凡在大圈駕駛，設遇該圈頂點緯度過高，是處恐有浮冰等等危險，故宜用大圈平行合併駕駛。其法先審一最高緯度而宜航行者爲何度，後畫兩大圈弧各切該度之平赤線，並穿過甲點與乙點。此首尾兩大圈弧與中間之平赤弧，即爲應行之航路也。是法頗簡，緣子午線穿過該兩切點，與大圈弧交成直角。而在此直角之弧三角中，解決一切，自覺較易耳。今演一題，以詳明之。

例題 某船以55度南，爲緯度最高限制。欲由甲點（南緯45度54分，東經170度40分）至乙點（南緯49度7分，

西經75度34分)。用大圈平行合併駕駛，求在何經度該船駛入與駛出該平赤弧，並求大圈弧之首末兩航向，及全路之航程。

如圖。設丙丁爲南緯55度平赤弧，甲丙與乙丁爲兩大圈弧切于丙丁弧在丙與丁二點。故極丙甲及極丁乙皆直角也。



今在此直角弧三角甲極丙中，

$$\begin{aligned} \text{甲極丙餘弦} &= \text{極丙正切} \times \text{極甲餘切} \\ &= 55\text{度餘切} \times 45\text{度}54\text{分正切} \end{aligned}$$

用對數得甲極丙角，

$$\text{即丙點距甲點之經差} = 43\text{度}44\text{分東}$$

$$\text{但 甲點之經度} = \underline{170\text{度}40\text{分東}}$$

$$\begin{aligned} \text{故 丙 ,, ,,} &= 214\text{度}24\text{分東} \\ &= \underline{145\text{度}36\text{分西}} \end{aligned}$$

再在同三角中，極丙正弦 = 極甲正弦 × 甲角正割

$$\begin{aligned} \text{即 甲角正割} &= \text{極丙正弦} \times \text{極甲餘割} \\ &= 55\text{度餘弦} \times 45\text{度}54\text{分正割} \end{aligned}$$

用對數得甲角

即 首次航向 = 南55度30分東

又在同三角中，極甲餘弦 = 極丙餘弦 × 甲丙餘弦

即 甲丙餘弦 = 極甲餘弦 × 極丙正割
= 45度54分正弦 × 55度餘割

故 甲丙航程 = 28度45½分 = 1725.5 哩

今在乙極丁直角弧三角中，

乙極丁餘弦 = 極丁正切 × 極乙餘切
= 55度餘切 × 49度7分正切

即丁距乙之經差 = 36度 1分西

但 乙之經度 = 75度34分西

故 丁 , , , = 111度35分西

又 極丁正弦 = 極乙正弦 × 乙角正弦

即 乙角正弦 = 55度餘弦 × 49度7分正割

故 末次航向 = 北61度12分東

又 極乙餘弦 = 極丁餘弦 × 乙丁餘弦

即 乙丁餘弦 = 極乙餘弦 × 極丁正割
= 49度7分正弦 × 55度餘割

故 丁乙航程 = 22度38分 = 1358 哩

今知 丙之經度 = 145度36分西

丁 ,, ,, = 111度35分西

是丙與丁之經差 = 34度 1分 = 2041 哩

故 丙丁航程 = 丙丁經差 × 緯度餘弦

$$= 2041 \text{ 哩} \times 55 \text{ 度餘弦}$$

$$= \underline{1170.7 \text{ 哩}}$$

故 全路航程 = 甲丙 + 丙丁 + 丁乙

$$= 1725.5 + 1170.7 + 1358$$

$$= \underline{4254.2 \text{ 哩}}$$

(註) 是題若用墨氏駕駛法，由甲至乙之航程當為4625哩。若用大圈駕駛法，航程則僅4136哩，但其頂點須在南緯63度28分。今用大圈平行合併駕駛，較諸墨氏省却371哩，較諸大圈多行118哩。然最高緯度，祇至南緯55度為止，可避浮冰等危險，獲益良多也。

練習題

1. 甲在南緯20度10分，東經57度32分。乙在南緯42度54分，東經147度21分。求由甲至乙與由乙至甲之大圈弧首次航向。 答南48度56 $\frac{1}{2}$ 分東，南75度3 $\frac{1}{2}$ 分西。

2. 本艦在大圈弧上航行。由北緯35度15分，西經75度30分，至北緯49度58分，西經5度12分。求其首次與末次之航向並其航程。答北 $50\frac{1}{2}$ 度東，南78度 $\frac{1}{2}$ 東。3104 浬。
3. 甲在南緯37度2分，西經12度17分，乙在南緯6度47分，東經105度13分。求由甲至乙之大圈弧首次航向，與該弧之頂點經緯度。 答南67度11分東，南緯42度37分，東經22度38 $\frac{1}{2}$ 分。
4. 某艦由南緯55度58分，西經67度21分，在大圈弧上行駛至南緯7度57分，西經13度59分。求其航程若干。 答3813浬。
5. 甲乙兩地，同在北緯或南緯58度。其經差為100度。求由甲至乙，用平行駕駛與大圈駕駛，兩航程之差。 答305.5浬。

(駕駛部完)