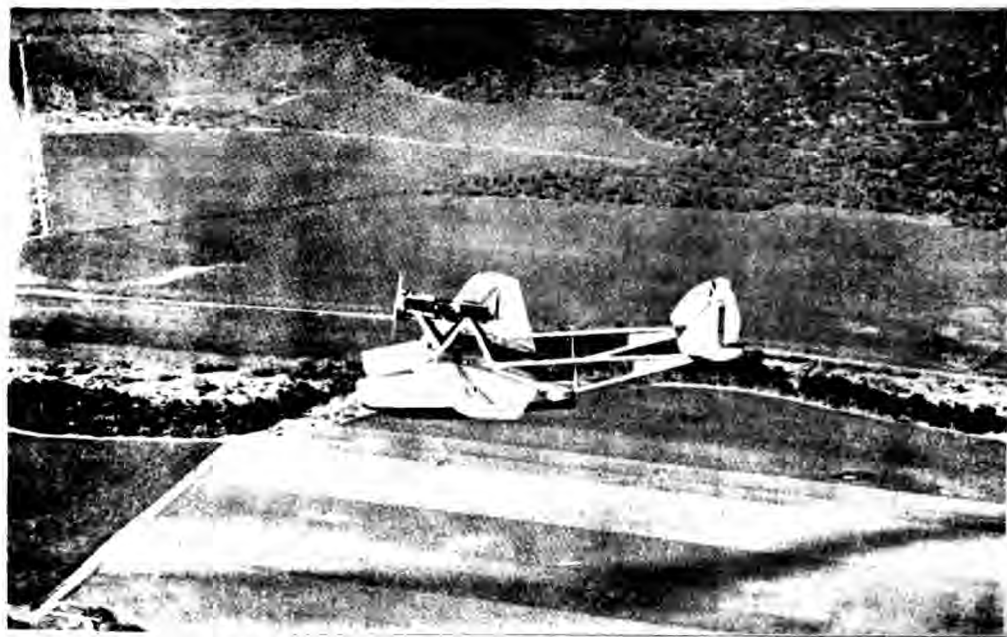




李老森先生惠贈





Commander François de Pinelo's Trans-Atlantic Plane
法蘭西斯可·比納多司令之橫渡大西洋飛機

航行學目次

第一編 駕駛法 Pilotage

第一章 緒論

第二章 地之球面

第一節 地球之形狀及其特性

第二節 經度及緯度

第三節 距離之計量

第四節 時之種類

第五節 距離與時間之關係

第六節 陸圖及水路圖

第七節 航空地圖

第三章 球面方位之定法

第一節 方向或方位

航行學目次

一

MG
V2
2

+12772



3 2173 4178 7

第二節 地 磁

第三節 羅盤種類

第四節 關於方位名詞之定義

第四章 磁差及羅差之訂正法

第一節 磁差(徧差)

第二節 羅差(自差)

第三節 磁差及羅差之訂正

第四節 磁差及羅差之習題

第五章 風力與航行之關係

第一節 速 度

第二節 圖解法及速度與合力之分解

第三節 徧航計算法

第四節 徧航角，軌跡(即風速與航向之合力)

第五節 航 向

第六節 風，速度，方向之計算法

第六章 航向航程計算器

第一節 航向航程計算器之說明

第二節 用計算器求航向法

第三節 用計算器求風向風速

第四節 習題

第七章 空中攔截法

第一節 空中攔截之原理

第二節 空中兩機相見之攔截法

第三節 空中攔截遠方敵機之計算法

第八章 限程及活動半徑（偵察範圍）

第一節 限程及活動半徑之基本原則

第二節 活動限程

第三節 飛回原地點之活動半徑

第四節 掉頭時間(飛回原地)

第五節 飛至另一地點之活動半徑

第二編 推測航行法

第九章 平面航行及球面航行(即航海術之七種推測航行)

第一節 各種航行之名詞

第二節 各種航行方法

第三節 平面航行

第四節 曲線航行

第五節 平行航行

第六節 中緯航行

第七節 麥克托航行

第八節 大圓弧航行

第九節 混合航行

第十章 推測位置

第一節 論推測位置

第二節 位置線及定位

第三節 推測航行之要點

第三編 天文推測航行法

本篇目的爲略述天文推測航行及其實際應用法，俾使讀者瞭解其範圍及其利益。

第十一章 觀察天體之航行法

第一節 天文航行之需要及應用

第二節 觀察天體之航行法

第三節 天體之定位

第四節 觀察天體以定方位

第十二章 位置圈天象方位角天體之初測高度及改正高度

第一節 位置圈

第二節 海蘭氏之修改位置圈法

第三節 天文之交叉方向

第四節 星之觀察

第五節 計算推測高度

第六節 時之計算法

第七節 天象方位角之計算法

第十三章 求位置圈之應用儀器

第一節 六分儀

第二節 航空器所用之六分儀

第三節 水泡六分儀 THE BUBBLE SEXTANT

第四節 計量高度之修正法

第五節 蒲氏位置圈計算器

第四編 航空儀器

第十四章

指示高度，速度，垂直變化，與地平線之相對位置，及航與時間之各種儀器。

第一節 航空儀器之功效

第二節 航空儀器之保管方法

第三節 空速指示器

第四節 高度表 THE ALTIMETER

第五節 傾斜儀 THE INCLINOMETER

第六節 轉灣指示器 THE TURN INDICATOR

第七節 傾側轉灣指示器 THE BANK & TURN INDICATOR

第八節 飛行儀 THE FLIGHT INDICATOR

第九節 直昇速率指示器 THE RATE OF CLIMB INDICATOR

第十節 航空器之時計 THE AIRCRAFT CLOCK

第十一節 地速偏航表 GROUND SPEED & DRIFF METER

第十二節 目標監視器 THE BEARING PLATE

第十五章 航空器之各種羅盤

第一節 磁針羅盤 MAGNETIC COMPASS

第二節 各種羅盤之裝置法

航 行 學 目 次

第三節 羅盤差發生之原因

第四節 地應羅盤

第五節 航空器羅盤之糾正法

第一篇 駕駛法 Pilotage

第一章 緒論

(a) 定義：「航海術」Navigation 及「駕駛術」者 PILOTAGE 乃為航海專語，航空書籍時有假借用之。航海術之本意為指航行技術而言，航行船舶從此港抵達彼港，并有於海洋推測船舶定位之能力。駕駛術者乃依據陸地形狀及線水測深法 Soundings 駕駛船舶安全抵埠之謂。

「航海術」駕駛術「近已成爲航空術語，雖有時互相混用之。近代氣艇及飛機具有遠距離航行之性能，限程增加。故飛航人員不僅爲航空器之駕駛者，同時亦須養成爲一健全之航行者。如國際之不着陸航行，或戰時担任工作航行，或飛航中途遭遇雲霧障礙，或於海洋面飛行，凡此種種，飛航員須應用航行者之各種技能及智識，以推測航空器之定位，而致抵達最後之目的及任務。

(b) 航行方法總括之分爲四類，茲述之如下：

(1) 駕駛法 Pilotage

(2) 推測航行法 Dead Reckoning

(3) 天文推測航行法 Astronomical Avigation



(4) 無線電航行法 Radio Aviation

(c) (1) 駕駛法。駕駛法者指飛行方向位置恆定不變，係由飛航員用地圖以作參攷或飛過認識之陸面，藉地形標誌而定位置之謂也。

(2) 推測航行法。推測航行法者係飛航員依據地速航向及時間用以推測航空器所在之位置及方向。地速者航空器每小時經過地面之速度。航向者航空器所飛之方向也。時間者航空器飛至某段航程所需之時間。

附註：以上二法飛行時常聯合用之。

(3) 天文推測航行法。天文推測航行法者觀測天象之關係位置，藉六分儀 Sextant 經緯儀 Chronometer 及特備圖表以定航空器所在之地位。研究天文推測須應用球面三角之各種定律及公式。

(4) 無線電航行法。無線電航行法者飛航員藉某處電台發出信號作直線飛行，以致抵達目的地。此種航行法現正在實驗期中。

(d) 地球所圍繞之大氣，時刻變化，風力強弱，密度濃薄常使大氣循環流動，故各種計算或預測甚難精確。海洋水面變化甚渺，而各種推測當較精確也。航行家關於大氣之種種推測，不過祇求其粗略大概情形，但以免去乘客不遭遇意外危險為限。航海家則必按數學方法精密計算以推測船隻位置，設稍有錯誤則有觸礁或擱淺之危險。若航行家推測精密，則使其航

道直接并迅速有時間經濟燃料節省之優點，故駕駛者必須具有航行學之知識及有使用航行所必需之儀器之經驗，方克臻此也。

(c) 航空與航海之利害比較。航空較航海有下述數端之利益：

(1) 雲霧天氣航空器可以昇至雲之上端按天文推測航行之。

(2) 徧航可觀測地物或水面隨時測定之，不需預有氣象或風流之報告。

航空較航海有下述數端不利之處：

(1) 風速變換愈大而徧航亦愈增加。

(2) 氣流循環情形，難以用精確圖解代表之。

(3) 航空是屬三向度 *Three Dimension* 而非二向度。

附註：以上三條各種航空器均可適用，惟下列四條則專指飛機而言。

(4) 不得使飛機在空中某點停止前進。

(5) 於觀測天象以推測航向時，不能使飛機安定平穩。

(6) 觀測與飛行有同時舉行之之需要。

(7) 推測位置時，其計算宜從迅速，以便於未飛過該地前，作航向之修正。

以上數點皆為航空較航海之不利處，由此可知航空一事實非易舉也。

(f) 航行學範圍頗廣，且甚為複雜，非學校內規定之短時間可以教授完畢。故關於天文推

測航行法本書祇涉及天文觀察法之門徑及其普通應用基本原則。讀者欲登堂入室作高深研究者，則他日高級訓練時專門研究之。

第二章 地之球面

第一節 地球之形狀及特性

第二節 緯度及經度

第三節 距離之計量

第四節 時之種類

第五節 距離與時間之關係

第六節 陸圖及水路圖 MAPS & CHARTS

第七節 航空地圖

第一節 地球之形狀及特性

(a) 凡研究駕駛法 *Pilotage* 及推測航行法 *Dead Reckoning* 者宜首先明瞭地球形狀及在地球表面上位置一點或一處所用之方法。地球爲一橢圓體狀之自轉物體。經過兩極之橢圓體狀線曰經線。與赤道平行之圓圈稱之曰緯線。美國計算赤道半徑爲 3959.31 法定哩 *Statute miles* 地極半徑爲 3949.87 法定哩。地球實爲橢圓體形，但爲航海計算便宜起見，可視爲球形。

(b) 地軸 *The Axis of the Earth* 即地球南北(兩極)之直徑，爲其自西向東旋轉之樞軸。地軸與地球自轉軌道常存有 $23^{\circ}27'$ 傾斜角度。在天文推測航行中地球自轉軌道則稱日黃道 *Melipic* 於論天文推測航行時，另詳述之。地軸之傾斜角度見第一圖 D。

(a) (1) 大圓圈 *Great Circle* 任何平面經過地球中心即切其面則稱之爲大圓圈。見第一圖 A。球面兩點之最短距離即大圓弧是也 *an arc of a Great Circle* 大圓弧由其對向之中心角量之。見第一圖 B 之 R E 弧。

(2) 小圓圈 *Small Circle* 任何平面不經過地球中心而切其面則稱之爲小圓圈。見第一圖 A。

(3) 赤道 *Equator* 見第一圖。赤道者爲與地軸成正角之大圈，赤道上各點，對兩極成相等之距離，並平分地球爲二部，即南半球北半球是也。

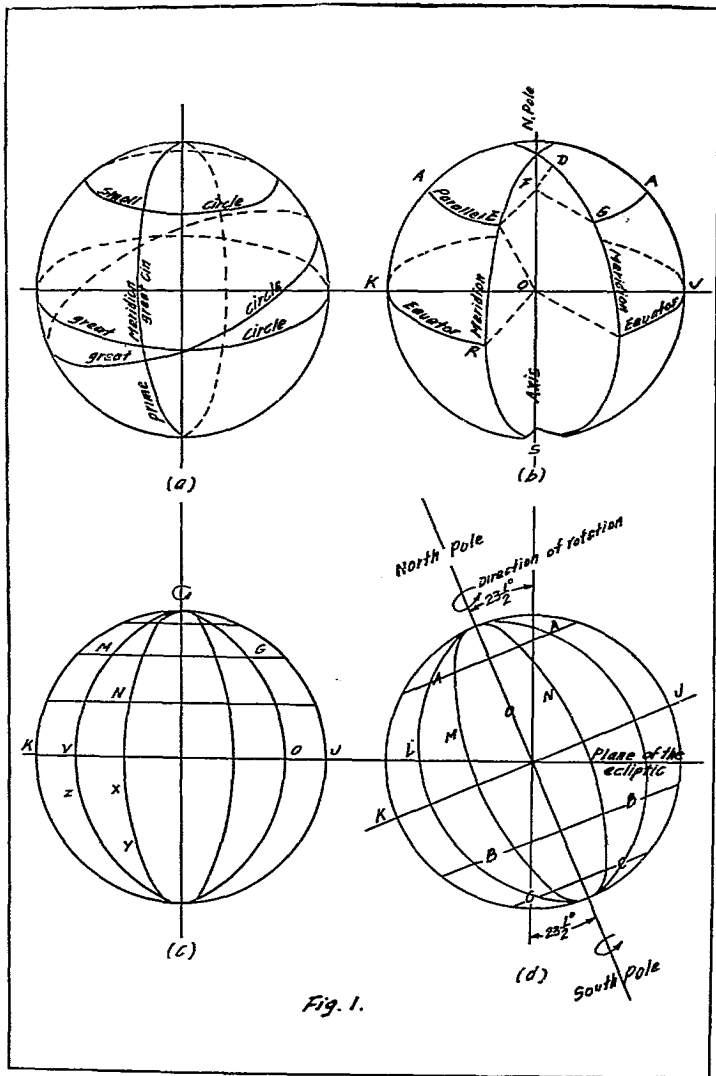


Fig. 1.

Fig. 1. 第一圖

A :	Small circle	=	小圓圈
	Great circle	=	大圓圈
	Prime mer.	=	標準經綫
B :	S. pole	=	南極
	Axis	=	地軸
	Equator	=	赤道
	Parallel	=	平行小圓圈
	Mer.	=	經綫
D :	N. pole	=	北極
	Direction of rotation	=	地球自轉之方向
	Plane of the ecliptic	=	黃道之平面

第二節 緯度及經度 LATITUDE & LONGITUDE

(a) 地球表面之某點，精確量法皆以座標 System of Coordinates 計算之。並規定地球某處爲始點。故地球遂有許多經線（即大圓圈如 LMN）及平行之緯線（小圓圈如 ABC），以計算地區之位置及方向。

(b) 設 M 點（第一圖 C）不以經線緯線爲標準，頗難計算 M 點在地球上之位置。或者祇可泛說 M 點距 N 點有若干哩距離，但亦不能確定 M 點及 N 點在地球某部之地位及方向。按座標法 Method of Coorination 計算某點在地球上之位置，甚爲準確，且計算亦簡易明瞭。赤道爲地球平行小圓圈之基點。與緯度平行之小圓圈稱曰緯線。故小圓圈平面均與赤道平面平行如 ABC 之小圓圈。赤道分爲三百六十度 360° ，沿赤道之角距離 Angular Distance 則依經線切割赤道或緯線之地位而定之。其子午線者 True meridians 即通地極與赤道直角相交之大圓如 LMN 圈是也。標準子午線者 Prime meridian 爲計算經度特定之基本子午線。

(c) 標準子午線 THE Prime meridian 爲通過英國格林威 Greenwiah 天文臺子午儀中心之大圓圈。某地之子午線與標準子午線間所算得在赤道上之弧即爲經度。假定標準子午線爲零。而分東西各爲百八十度。從東計算者曰東經（定以 E 號），其自西計算者曰西經（定以 W 號）。凡此種計量則曰經度 Longitude of that place

(d) 緯度 Latitude 自赤道之南或北計量某地子午線之弧曰緯度。例由赤道上另度起算，

至兩極九十度止。故向北計算者曰北緯（定以N號），向南計算者曰南緯（定以S號）。凡此種計量則曰緯度。

(c) 指定地球上之任何某點，按地球之經度緯度計量之，則可確定某點於地面所在之位置及方向。例如計量M點時，其經度則爲 $\angle arc$ ，換言之即爲M點之子午線與標準子午線(G)間所算得在赤道之上之弧，O'弧即爲M點經度，經度單位以度表明之。M點緯度則爲 $\angle arc$ 弧即以赤道上爲始點計算M點子午線之弧。故M點緯度爲 $\angle arc$ 弧，緯度單位以度表明之。

(f) 緯度者自赤道之南北而計算某地子午線之弧之距離也。單位爲弧之度數。

(g) 經度者乃某地之子午線與通過格林威之標準子午線，經過赤道之兩點中間，與赤道之弧相對之地心角。計算經度，係由標準子午線之徧東或徧西而計算之。計東西各得一百八十度。

(h) 緯差 Difference of Latitude 即於赤道平行之小圈間所算得子午線上之弧，如 $\angle arc$ 弧即爲緯差。

(i) 經差 Difference of Longitude 即於兩地子午線間所算得赤道上之弧如 $\angle arc$ 弧即爲經差也。

(j) 爲計算精確起見，每一度化爲六十分 $60'$ ，每一分又化爲六十秒 $60''$ 。緯度及經度皆以度，分，秒計算之。

(k) 地面之任何距離，不過爲圓周上弧之一部而已。弧之長短以對向中心角計量之。設弧之對向半徑不變，則弧之長短亦不變。而對向之半徑有增減時，則弧之數量亦因半徑增減而有變化。赤道平行之小圓圈，漸至兩極則圓周漸小。而圓周之半徑亦因之減小，故兩地經線之中間距離，漸至兩極則漸次減小。如第一圖B之RE寬較EG寬大，雖然兩弧之對角（即 $\angle EFG$ 與 $\angle ROE$ ）完全相等而兩弧之長短并不相等也。弧之增減則以計算經度緯度時，用一常數（長度之單位）以補正其相差數目也。

第三節 距離之計量

(a) 航海常用四種不同單位以計量長度。

- | | |
|--------------------------|------------|
| (1) 陸哩 Geographical mile | == 6087.2呎 |
| (2) 海哩 Nautical mile | == 6080呎 |
| (3) 空哩 Air mile | == 3080呎 |
| (4) 法定哩 Statute mile | == 5280呎 |
| (5) 基米 Kilometer | == 1000米 |

(b) 陸哩者乃按地形之大小而釐定之。各地緯度之陸哩其數量恆定不變。陸哩當赤道弧上一秒(Y)之距離。赤道圓周共有360°×60即21600'秒，故赤道圓周等於21600陸哩。按地球赤道圓周共有131,483,510呎，以21600除之，則得6087.2呎，此數即爲陸哩。

(c) 海哩者乃地球大圓圈一度之六十分之一。1/60 之長度。吾人皆知地球非一球形物體，則大圓弧之一分長度亦隨緯度而異。海哩長度為 6080 呎，此不過平均數目而已。所謂 1 knot 者指每小時一海哩或每小時一空哩之謂。

(d) 空哩與海哩相等，有時稱之曰 ARBO MILE

(e) 法定哩者乃英國美國標準長度單位。英國在 'Good Queen Bess' 朝時，正式公佈凡 1 法定哩當 5280 呎 (即 8 Furlongs, 每 Furlong 為 40 Perches, 每 Perch 為 16 呎,) 此種標準長度係當時武斷採用之，本身毫無意義。

(f) 基米為一公里，每米按條例規定等於 39.37 吋即地球經線千萬之一之距離也。歐洲諸國皆採用基米以代哩者。

1 海哩 = 1.616 法定哩

1 空哩 = 1.616 法定哩

1 法定哩 = .8684 海哩

1 法定哩 = 1.6090 基米

1 基米 = .6214 法定哩

第四節 時之種類

(a) 「時間」佔航空最重要之部分。時之種類可分三種。各種「時」之變換及應用容易混亂不

清，今爲簡單明瞭起見，茲縷述三種不同之「時」及其應用方法。

(1) 常用時 Mean or Civil Time (按經度儀 Chronometer 推測之「時」，或普通鐘表之「時」。)

(2) 真時或太陽時 Apparent time or Sun Time (按日規儀推測之「時」)

(3) 恆星時 Sidereal Time or Star Time (按恆星經度推測之「時」。)

「時」之類雖有各別，但計算「時」之基本原则均爲相同。卽爲通過天象或天體某點所需之時間。「時」之所以有各種者，因計算時間有以太陽，星，或天體某點爲基本始點。各種「時」之計算標準既然不同，則各「時」之變換頗爲困難，且變換手續極爲麻煩。在駕駛法及推測航行法中飛航員皆不用「真時」及「恆星時」計算航程，普通所用者爲「常用時」Civil Time 以計算航程及飛機速度與時間之關係，卽鐘表所指之時間也。至於「真時」及「恆星時」在天文推測航行中另有專論。

(b) 地球沿地軸自轉一週之時間曰一日。故地球旋轉一週則有百六十度 360°，一日平分爲二十四單位，稱每一單位曰一小時。以二十四小時除三百六十度圓周，則每小時等於十五度，卽地球自轉十五度需一小時時間。所謂格林威常用時者乃以格林威之子午線爲經度之起點。某地計算時間以格林威時爲標準者則按其經度以計算時間。

(c) 標準時「標準時」者乃以距標準經線十五度 75° 之經度之時間。美國及加拿大則採用

60 th, 75 th, 90 th, 105 th 120 th 西經爲標準經度。故其時間依上述次序而有各種定名如 Intercolonial (殖民地間的), Eastern (東部的), Central (中部的), Mountain (山嶺間的), 及 Pacific (太平洋)。在愛拿斯加地 Alaska 則採用 135 th Meridian 爲標準經度。

(d) 凡飛行航程有 15 小時之距離者，則時間必有一小時之相差。作遠距離飛行時，飛航員必須明瞭「時」之變換情形及其規正法。

速 度

第五節 時間與距離之關係

(a) 航行之速度有二，其性質完全不同。

(1) 空速 Air Speed

(2) 地速 Ground Speed

(b) 空速者乃航空器經過空氣每小時之速率，與地面距離完全無關。亦即航空器中之空速表所指示之速度也。

(c) 地速者乃航空器經過地面每小時之速率。亦即飛機經過地面軌跡每小時之速率。地速與航向風力甚有關係。知風力大小及航向可以推測地速。

速度者乃時間與距離之關係，或係距離對於時間之比率。

速度 \parallel $\frac{\text{距離}}{\text{時間}}$

空速 \parallel $\frac{\text{空中距離}}{\text{時間}}$

地速 \parallel $\frac{\text{地面距離}}{\text{時間}}$

速度每小時哩 M.P.H. \parallel $\frac{\text{距離(哩)}}{\text{時間(小時)}}$

速度每分鐘哩 \parallel $\frac{\text{距離(哩)}}{\text{時間(分鐘)}}$

(d) 速度之單位有用 Knots (每小時海哩) 表示者，有用每小時哩表示者。航行用 Knots 表明飛機速度計算較為便宜，因一海哩等於緯度之一分 (Y)。於長途飛行時最宜裝配兩種不同之空速表，一表劃刻 Knots 數目而表明每小時海哩 Knots 者，他表劃刻「法定哩」數目而表明每小時「法定哩」速度。飛航員飛過大陸時，則用「法定哩」速度，以經緯度為單位，推測航空器之定位。若飛機於海洋面航行時，則用水路圖及 Knots 以經緯度為單位，推測航空器之位置。關於天文推測航行則多以 Knots 為速度單位，因其計算容易，頗合實用。

(e) 航行時除距離標尺外有另備置「時間標尺」。并可迅速測定途中經過各物體之時間。製造「時間標尺」方法有數種。先於地圖上由起機點至終地劃一直線，若地圖為大比例尺，每間

隔五哩或十哩作一標記，全線皆如此分段。小比例尺地圖，每間隔十哩或二十哩作一標記，飛航員藉「地速」(即推測速度)與時間可知於某時飛機達到地圖上之某處，或指定某處認識地物，經過規定時間該地物必發現於飛機下面。沿途如此互相對照，鮮有迷失航向之虞。

(i) 茲述數種應用之實例如下：

7-5 Minutes (1) 如航空器之「地速」為每小時八十哩 80 m.p.h. 則每十哩之間隔距離需時七分半鐘

(2) 設「地速」為每小時六十哩 60 m.p.h. 而每十哩之間隔距離需時十分鐘 10 Minutes.

(3) 設「地速」為每小時一百哩 100 m.p.h. 則每隔十哩飛機所經過之軌跡需時六分鐘

(g) (1) 飛機經過某段軌跡所需之時間，時間單位為分其公式如下：

$$\text{時間(分)} = \frac{\text{某間隔之距離(哩)}}{\text{地 速}} \times 60$$

(2) 設地速為每小時八十哩，間隔距離為十哩，則得時間(分) $= \frac{10}{80} \times 60 = 1.25 \times 60 =$

7.5 (3) 設地速為每小時一百哩，間隔距離為二十哩。

$$\text{時間} = \frac{20}{100} \times 60 = 0.2 \times 60 = 12$$

第六節 陸圖及水路圖 Maps and Charts

(a) 地圖一科本為專門科目，本篇祇略論各種之陸圖及水路圖之製造法，即地球全部或一部之曲面如何投射而成為平面地圖。

(1) 水路圖及陸圖為航行家必備之物，設無地圖，飛航長途，勢必失蹤。

(2) 地圖之製造乃以地球一部曲面投射於平面紙上圖表而成之。故無論何種地圖在構

距離 (哩)						
地速 G.S.	5	10	20	30	40	50
TIME IN MINUTES 時間(分)						
50	6.00	12.0	24.0	36.0	48	60
55	5.46	10.9	21.8	32.7	43.6	54.5
60	5.00	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
66	4.62	9.2	18.5	27.7	39.0	46.1
70	4.29	8.6	17.2	25.7	34.3	42.8
75	4.00	8.0	16.0	24.0	32.0	40.0
80	3.75	7.5	15.0	22.5	30.0	37.5
85	3.53	7.1	14.1	21.2	28.2	35.3
90	3.33	6.7	13.3	20.0	26.7	33.3
95	3.16	6.3	12.6	19.0	25.3	31.6
100	3.00	6.0	12.0	18.0	24.0	30.0
105	2.86	5.7	11.4	17.2	22.8	28.5
110	2.73	5.5	10.9	16.4	21.8	27.3
115	2.62	5.2	10.4	15.6	20.9	26.0
120	2.50	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0
125	2.40	4.8	9.6	14.4	19.2	24.0
130	2.35	4.6	9.2	13.8	18.5	23.1
135	2.22	4.5	8.9	13.3	17.8	22.2

造上均有錯誤，乃因地圖以平面而代表地球之弧面也。弧面既用平面代表之，構造無論如何精細，錯誤之處仍所不免。地球之弧面射影而成平面地圖，因其種類及用途之不同，則分下列四種：

(3) 陸圖及水路圖之投射法共有四種：

(a) 多圖錐形投射之繪圖法 Polyconic

(b) 羅茫利克投射之繪圖法 Gnomonic

(c) 麥卡托投射之繪圖法 Mercator

(d) 平面投射之繪圖法 Planes

麥卡托地圖常供飛航或航海之用，但作他用時，因其偏差甚大頗易生誤解也。

(4) 未伸說地圖投射之前，試述陸圖 Maps 及水路圖 Charts 之區別。

(a) 陸圖者專為陸軍軍官或陸地使用之特種地圖。陸圖代表陸地某大部份或小部份之陸面。

(b) 水路圖者專為航海使用之特種地圖，圖之大部分均係水面。

(c) 以上兩種地圖均不適飛航之用，故不久將有「航空地圖」製就，以供給空中航行之需要。

(d) 陸圖及水路圖所用之長度單位各有不同。陸圖之距離單位為「法定哩」即 5280

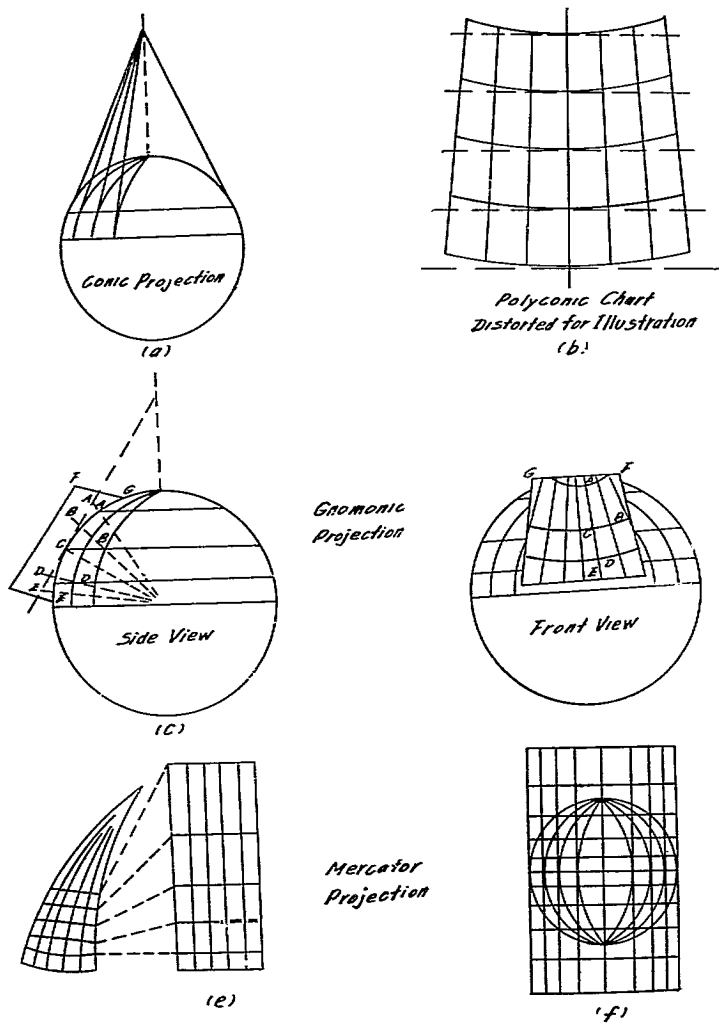


Fig. 2.

Fig. 2. 第二圖

- | | | |
|--|---|-------------|
| A. Conic pro. | = | 圓錐形投影法 |
| B. Polyconic chart distorted
for illu | = | 多圓錐形投影之偏差圖解 |
| C. Gnomonic proj. | = | 羅士利克投影法 |
| Side view | = | 側面 |
| Front view | = | 正面 |
| E. Mercator proj. | = | 麥克托投影法 |

It 呎，水路圖之距離單位爲「海哩」即 6080 It 呎。陸圖之比高以呎代表之。而水路圖則用 Fathoms 或有時用呎代表水之深度。

(b) 多圓錐形投射之繪圖法。THE POLYCONIC PROJECTION.

(1) 多圓錐形投射繪圖者乃將交切地面之多數圓錐形展開而成平面地圖。每個圓錐代
表一緯線，緯線即圓錐體底面之平面也。圓錐體之頂點，乃爲地軸之引長線。

(2) 緯線乃爲圓圈之弧之展開平面也。因各圓錐體之中心及半徑不同，故緯綫彼此亦不平行。劃一直線代表中央經線，其餘之經線均爲彎弧并集中於地極之處。

(3) 中央經線毫無差誤，投射之經度緯度代表其真正長度。地圖各處皆用同一單位計量距離。

(4) 圖中之直線代表地球兩地間之最短距離。羅針方位線 *Loxodrome* 在圖上則爲曲線，航海頗不適宜，航向時時更改，甚感不便。但在大比例地圖此線即 *Loxodrome* 可按照直線計算之。

(e) 羅。茫。利。克。射。之。繪。圖。法。GNOMONIC PROJECTION 羅茫利克繪圖法者乃以地球中心之射線「投影於切割地面某點之平面而製成之。圖中之大圓弧爲直線，此圖有時稱曰大圓圈地圖 *Great Circle Charts* 美國水路測量局 U. S. Hydrographic Office 製成各種航海地圖，專爲航海人員按大圓弧駕駛之用，大圓弧駕駛爲球面之最短距離也。

(d) 麥。卡。托。射。之。繪。圖。法。MERCATOR PROJECTION (1) 麥卡托繪圖法者乃人工射影法也。緯線經線成爲直角線。各種緯角度均爲相等。緯線平行線亦均爲平行直線。

(2) 子午線并非集中於地極之一點。緯線經線成爲直角之故，其間隔在圖上勢必向兩極而逐漸放大。故在麥克托地圖上，自赤道至兩極，地面尺寸逐漸放大，因欲保持一確實而有關係之比例，緯線平行線之間隔，亦逐次增長。

(3) 此圖愈近兩極錯誤愈大。凡用麥克托繪法製成地球某一部份之地圖，此種錯誤可以忽略不計。愈近地極，偏差愈大，而地圖代表之單位亦愈小。在緯線六十度處，約較赤道附近放長一倍。圖中地形亦以此法代表之。如在緯線六十度之島嶼與赤道附近同面積之島嶼比較之，則前者較後者放大一倍，但實際之面積相等。麥克托射影法用於山面積地圖，頗適應用，故此圖為航海天文推測航行之珍品。

(e) 平面投射之繪圖法。PLAN PROJECTION 平面繪圖法者乃用於大比例尺小面積之詳細地圖，假設地球為平面，詳載某小面積之各種地物如村落；海港；河流曲折；飛行場等。此圖專備飛航員尋找某村或某地之特別位置，而為他小比例尺地圖所無者。

(f) 用地圖時應注意之事；明瞭地圖代表何種地物，并地物附近處之地形。故展開地圖觀察時，應想像此為實際地面呈於吾人眼簾。飛航員長途飛行時，所飛過之區域及俯視地面狀態亦應想象此不過為一種之縮小地圖也。

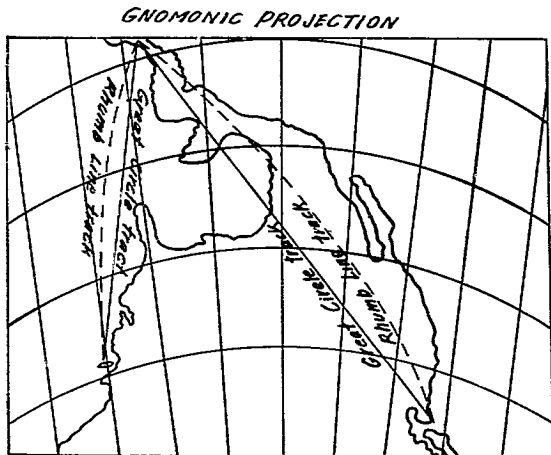
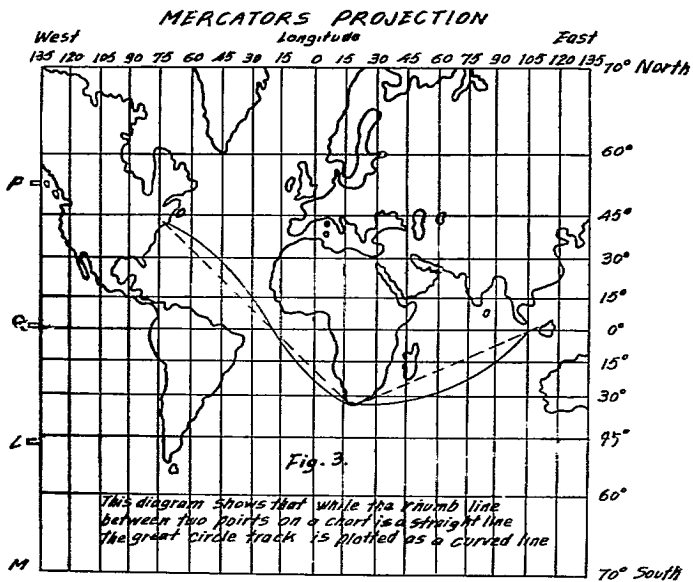


Fig. 4.

Fig. 3. 第三圖

Mercator proj.	=	麥克托投影法
West	=	西
East	=	東
North	=	北
South	=	南
Longitude	=	經度
This diagram..... a curved line	=	此圖表示凡在岡上二點 間之航綫皆為直綫，而大圓弧軌跡乃為曲綫，岡上以虛綫表示之。

Fig. 4. 第四圖

Gno. proj.	=	羅芷利克投影法
Great cir. track	=	大圓弧軌跡
Rhumb line	=	航綫軌跡

(g) 研究地圖應注意之點茲縷述如次：

(1) 地圖所用之比例尺 *Scale*

(2) 知道地圖上所指之地極北向 *True North* 及磁極北向 *Magnetic North*

(3) 代表地物所用之各種符號。 *CONVENTIONAL SIGNS.*

(4) 地物等高線 *Contours* 色彩等

(5) 地面狀態如平地；斜坡地；礮瘠地；農產地；水面等。

(h) 比例尺 *Scales* 小面積地圖多用分數比例尺製之，有時稱曰自然比例尺 *Natural Scale*

(1) 水路地圖之距離恆以經度緯度代表之。計量距離則以緯度一分 *One Minute of Latitude* 等於一海哩即 6080 呎

(2) 水路地圖距離計量法，上節已述緯度一分等於一海哩。先以兩腳規 *Dividers* 計量圖中兩地之距離，再按圖中之經線計算其度數，然後將度數 *Degrees* 化為分數則得若干海哩。

第七節 航空地圖 *FLIGHT MAPS.*

(a) 商業地圖 *Commercial Maps* 最通行而適用之商業地圖為 *Rand-McNally State Map* 圖中詳載鐵道，河川，及市鎮等。至於地形等高線，則圖中概不記載，該圖在美國各市鎮均有出售。該圖最不方便之處即為各州地圖所用比例尺度均不相同。

(b) 郵政地圖 Post Route Maps 郵政地圖詳載各地郵局之位置。故該圖詳細記載河川，鐵道，市鎮及商埠。該圖最特色之點即表明各地之小村落位置，雖二三烟火之村舍亦載於圖上，此為任何地圖所無者。凡有郵局之處則以標號記明之。標號為一圓圈。該圖注重各種大道，鐵道，以及各村落間之小道，郵政地圖為大比例尺之地圖，不表示地形高低及等高線。

(c) 航空線地圖 Airways Maps (1) 航空線地圖專備飛機航行之用，此圖製成長條形狀，凡航空線經過之地皆詳細記載，其餘均忽略之。其比例尺，凡圖中一吋距離等於陸地八哩。空中俯視地面之顯明目標，圖中皆記載之。鐵道以黑線代表之，公路為白線，舖砌道路較小道稍為寬闊，市鎮等為紅色，遇如大城市則用線描劃其實際形體於圖中。

(2) 河川以藍色代表之。

(3) 航空線以紅色點線代表之，并附註各地磁向。

(4) 兩地間之飛行場有特別標識表明之，并附註以數目。

(5) 圖之兩邊，附註各飛行場之設備及大小等。

(6) 圖中地形高低均以顏色表明之，低處則為深青色，高處為褐黃色。在航空線中之地形高低則以呎表明之。

(7) 航空線地圖，宜標明森林區域，及各地最顯目之地面目標，飛航員藉此可以鑑別各地城市及飛機所在位置。

(8) 航空線地圖所用各種識標見 TR 150-10, (SECTION. XX) 中。

(d) 飛行以前應有之準備。使用航空線地圖則無須準備，使用他種地圖則須有下列之準備。

(1) 從起點至終點劃一直線代表航線，若在此航線遇有障礙不適飛航時，可臨機應變，繞道飛航。

(2) 圖中描畫直線(航線)所指示之方向乃爲真向 TRUE BEARING 并於航線兩旁間隔二十哩處，各劃一直線與航線平行。航線範圍卽爲四十哩寬之長條地形。故四十哩以外之地圖剪去以便捲摺，合於飛航之用。航線每隔十哩或二十哩作一段。途間飛行場則以○標識之，圓圈內有十字形者表明飛機可以降落。沿途見有顯明之地形或目標隨時記於圖中，以便推測所在位置。

(e) 地圖之裝配及摺擺法。(1) 飛機內之座位不廣，且風力甚強，故航空地圖須有相當之裝配，以便航行應用，最注意者在裝配時須十分牢固不致被風吹失。

(2) 有時地圖另有一種裝置，卽將地圖捲於器內，應用時可隨意轉動。否則照飛航員之方便，將其捲摺以供應用。

(3) 航空地圖時常捲摺，容易損壞，故地圖背面黏貼橡皮布一層可耐久經用。用漿糊或膠質糊於背面，易使地圖起縐紋，故用橡皮膠爲最妥當。

MERCATOR CHART

LATITUDE 37°N to 42°N
LONGITUDE 70° to 76°

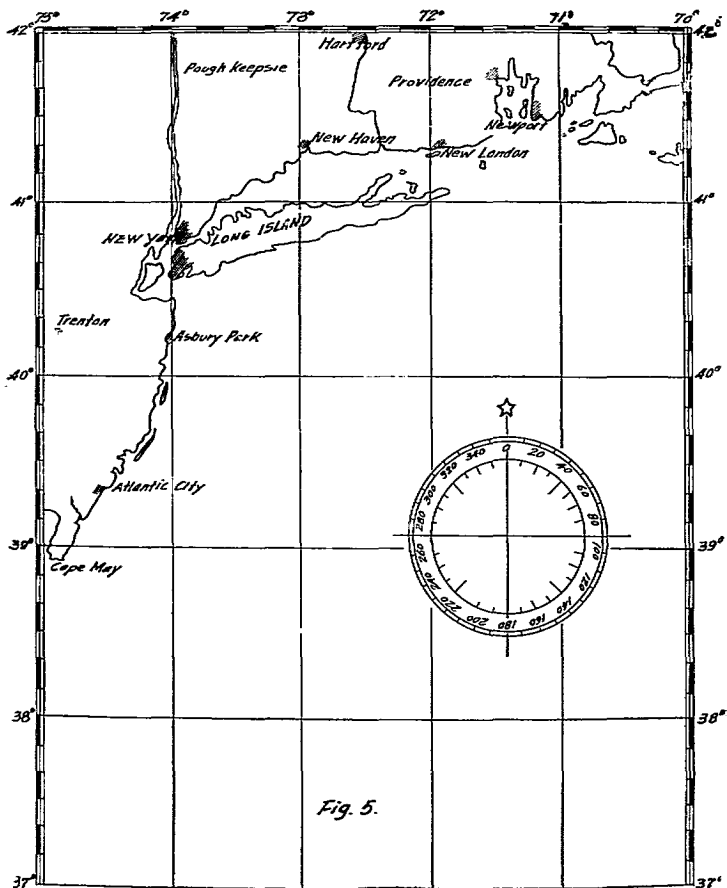


Fig. 5.

Fig. 5. 第五圖

Mercator chart

= 麥克利水路圖

Latitude

= 緯度

Longitude

= 經度

習 題

- (1) 地球是否完全球形？
- (2) 地球之赤道直徑若干？
- (3) 地球之兩極半徑若干？
- (4) 地球表面之大圓圈作何解說？
- (5) 何謂小圓圈？
- (6) 赤道爲小圓圈抑爲大圓圈？
- (7) 何謂子午線？
- (8) 何謂平行緯線？
- (9) 伸說經度及緯度之定義。
- (10) 位置某點於地球表面之方法如何？
- (11) 經線之標準經線如何決定？
- (12) 緯線之基本緯線如何決定？
- (13) 經度及緯度之單位如何？
- (14) 何謂經度差及緯度差？
- (15) 在航海時用何四種長度單位計量地球表面？

- (16) 由法定哩變換爲海哩之常數如何？反之其常數又如何？
- (17) 陸哩如何規定之？
- (18) 海哩如何規定之？
- (19) 法定哩如何規定之？
- (20) 航海所用三種之「時」如何？
- (21) 吾人鐘表所指示之時刻爲三種時之何種？
- (22) 時之種類如何決定之？
- (23) 「時間」佔飛航重要之部分作何解說？
- (24) 何謂標準時間？
- (25) 何謂格林威之常用時？
- (26) 速度之定義。
- (27) 空速之定義。
- (28) 地速之定義。
- (29) 速度之單位如何？
- (30) 何種速度最合於航行之用？述明理由。
- (31) 飛航地圖上劃一時間標尺之利益何在？

- (32) 伸說時間標尺之製造法及用途。
- (33) 用何方法使球面之地球成爲平面，以供航行之用！
- (34) 陸圖與水路圖之區別何若？并述各圖所用之長度單位。
- (55) 陸圖與水路圖如何計量距離？
- (36) 地圖應注意之點如何？
- (37) 理想地圖最適飛行之用之特點如何？
- (38) 何種地圖現作飛行之用？
- (39) 飛行地圖如何製法？
- (40) 飛行地圖在飛行時如何裝配？

第三章 球面之求方位法

第一節 方向或方位

(a) 球面上由 A 點至 B 點之方向，乃為 AB 大圓弧而 A 點則通過真本子午線。此角之計量法為順時計從北 0° 至 360° ，大圓弧為球面兩點間之最短距離。至於小比例地圖以直線計算大圓弧亦不致錯誤。

(b) 地圖上所求得航行方向之角度乃為地球子午線與航空器軌跡所成之角度。無論何種地圖首先須知道真子午線之方向。

(c) (1) 長途航行由此點飛至彼點，乃藉儀器以斷定方位。飛鳥及野獸皆有認識「方向」之本能，如鴿受相當訓練後，携之遠地縱放之，因鴿有認識方向之本能，故能飛回本巢。人類缺乏認識「方向」之本能，故皆賴各種儀器以定方位也。

(2) 古昔之時，人類作遠途旅行時，皆觀察天體如太陽星座及恆星等以定方位。近以科學發達遂發明各種輕便儀器，而求方位。

第二節 地磁

(a) 昔時有人發明一種礦石，名曰天然磁石 Lodestone 設將磁石懸於架上，則有指示同一方向之性能。此為指示方向之胎胚儀器也。按實驗證明乃因地磁感應作用則磁石具有指示方

向之性能。蓋地球本身亦爲大磁石也。

磁鐵具有吸引其他磁鐵或磁化物體之性能。

(b)(1) 磁鐵「磁鐵之定律：爲「同極相拒異極相吸」。設將兩磁鐵懸於架上，然後漸漸移近，同極彼此相拒，異極彼此相吸。

(2) 設將一磁鐵棒分爲數段，每段仍爲小磁鐵，且兩極性能完全相異。

(3) 磁鐵四周磁力線所通過之境界曰磁場，此種磁力線之方向可以用鐵屑舖於紙上以證明之。

(c) 凡磁針，橫置於一極軸上並可左右水平方向移動之則稱之爲「羅盤」(Compass) 設不受其他磁氣影響，則針之一端恆指北向，他端指示南向，磁針指示北向一端者稱爲北極，磁針他端指示南向者稱爲南極。由磁針指南北極之故，吾人由此可以計算真子午線之方位。

(d) 地球本身既爲一大磁石，故亦有南北二磁極。磁針指示北向者稱爲北極，南向者稱爲南極。按地磁定律而論同極相拒異極相吸，則地球磁氣南極必在北半球，磁氣北極則在南半球。

(e) 磁氣南極非正在地球北極之位置。磁氣南極位置乃在加拿大極北部，並非在北緯九十度之地位。反之，磁氣北極距地球南極亦有相當偏差也。

羅盤磁針指示方向爲磁氣北極而非地球北極也。於是發生偏差，此種偏差稱爲磁差 (Vari-

tion o

第三節 羅盤之種類

(a) 羅盤者表明方向之儀器也，有下述數種用途：

(1) 指示此地至彼地之正確方向。

(2) 瞄取已見物體以定方向。

(3) 用二物體或三物體之方向以求定位法。

(4) 自羅向而求真向。

(5) 計量偏航角度以定軌跡。

(b) 羅盤有五種不同之類別：

(1) 磁針羅盤 *Magnetic Compass*

(2) 地應羅盤 *Earth inductor Compass*

(3) 迴旋羅盤 *Gyro-Compass*

(4) 無線電羅盤 *Radio Compass*

(5) 太陽羅盤 *Sun Compass*

以上五種羅盤其功效均相同，即為指示方向也。

(c) 本章概不闡述各種羅盤內部構造及其性能，祇略叙各種羅盤之應用方法。

附註：各種羅盤之內部構造原理詳述於本書之第四篇內。

(d) 磁針羅盤用途最爲普遍，係由三主要部份組織而成。

(1) 磁針 Needle

(2) 碗形物體 Bowl

(3) 羅盤面或方位板 Card

磁針羅盤有液體及乾式二種。碗形物體爲一不導磁之金屬製成。磁針放置於碗之中央樞軸上，並使其因地磁感應而能自由轉動。設磁針未受近地磁氣所影響，則磁針指示必向磁氣北極。凡大圓圈經過磁針之兩極者，曰磁氣子午線。

(e) 羅盤有五種不能精確之原因，以致不能指向磁氣北極。

(1) 飛機內鋼質物受地球或其他固定磁界感應而生磁性。

(2) 飛機內軟鐵受地球磁界感應而生磁性。

(3) 航空器之轉灣動作。

(4) 加速率

(5) 震動

讀者可參考本書第四篇。

(f) 航空所用之羅盤須有下列之性能。

(1) 羅盤面不因震動而易擺移。

(2) 減少磨擦阻力。

(3) 無論晝間或夜間羅盤所劃度數容易識別。

(4) 羅盤須有相當之訂正，以減少羅盤差之錯誤。

(5) 羅盤雖在任何位置，羅盤面不致脫離樞軸。

(6) 當航空器作轉灣動作時，羅盤面不致接觸碗面或玻璃面上。

羅盤面上分割爲 1° 至 30° 度，零度時磁針正對北向。普通航空器上所用之羅盤，其度數之分割皆以十進之，如 1° 或 $30'$ ，其間所有之小分割並不註明度數。如分割上面註有 ∞ 者表明 30° ，註 $30'$ 者表明 $300'$ ，故羅盤上面祇有度數而無 N. E. S. W. 等字。羅盤上所表明之度數或每度之份數如下所示： 50° , 90° , $30'$, 180° , 300° 。

AIRCRAFT COMPASS CARDS

FLAT

BEVEL



Fig. 6.

POINTS OF COMPASS



Fig. 7

Fig. 6. 第六圖

Aircraft compass cards	=	航空器羅盤面
Flat	=	平面式
Bevel	=	斜面式

Fig. 7. 第七圖

Points of compass	=	羅盤方位
Standard comp. card	=	標準羅盤面

(g) 標準羅盤分割度數法：

(1) 羅盤之主要方位爲 N. E. S. W. 或爲 0° , 90° , 180° , 及 270° 。

(2) 各方位之象限內再平分之則得 N. E. SE. S. W. N. W. 或爲 45° , 135° , 225° 及 315° 。

(3) 羅盤面共分割爲三十二方位，每一方位佔有 $10^{\circ} 15' 0''$ 度數。規定三十二方位之

羅盤，英文稱爲 *Boxing the Compass* 見第七圖。

(h) 地應羅盤。地應羅盤者，大體如磁針羅盤相彷彿。藉地磁力線以定方向。該器不用磁針指示北向，地應羅盤乃用發電機原理製成之。發電子借空中風力轉動之，并割切地磁力線遂產生電壓。此種電壓遂用爲指示方向之用，電壓經過電流表上，如飛機離開航向時，則表上指有偏差。並有一調整器以訂正之，飛機依照航向飛航時則表上指針爲零度，飛機有偏航時則指針偏左或偏右。設航向改爲一百八十度時指針仍在零點位置。飛機偏右則指針偏左，飛機偏左則指針偏右。

地應羅盤由三主要部份組成之。

(1) 發電機。

(2) 調整器。

(3) 指示器。

發電機所裝之位置須不受飛機內鋼質物油箱或或球磁界之感應。地應羅盤亦有磁差及羅盤

差，於應用前精密訂正之。

(i) 無線電羅盤。所謂無線電羅盤者，航空器藉某處所發之無線電波而定向也。其方法有

11.

(1) 無線電羅盤射放電台 Radio Compass Station

(2) 電信標射放電台 Beam Radio Station

航行藉無線電以定方位，現在在實驗中，將來長距離航行可用電信標之射放以定方位。

方向指示器 Direction Finder 航空器內裝設方向指示器以尋找地面電台所射放電波而定方位。當航空之天線接得最強感應電流時，該航空器正對地面電台，天線之感應電流最弱時，則該航空器之航向與地面電台成九十度角度。故地面電台所發射之電波，在飛航時可藉方向指示器以定方向也。地面有數個電台，所發出之電波皆有規定，設數個電台發出電波相交於一點，此點則為航空器之共通方向。

電信標射放電台 為最近試驗成功而最有效者。其方法為航空器之抵達處，設一電台發射強度電波，使遠距離可以接收電波。普通皆以起機點及降落點各設一電台，同時發射同等強度之規定電碼，而飛航員則可按照發射電波方向駕駛之，電信標發射皆沿地球大圓弧，故航程亦為最短。

(j) 迴旋羅盤者，藉迴轉儀 Gyroscope 之作用以維持羅盤內之方位板與某地經線之關係也

○
(1) 何謂迴轉儀，迴轉儀如何指示地球北極，最簡單之解釋，莫如研究陀螺作用，當陀螺旋轉時，其迴轉平面常維持不變，此種稱為陀螺之安定平面。迴轉儀者，乃裝置於圓圈中間，可以任何方向旋轉之。

(2) 地球本身亦為一大陀螺也。故其迴轉平面常維持均衡不變。故地球赤道及兩極之平面恆定不變。(近兩極處稍有差誤，此陀螺恆有之現象也)。

(3) 迴旋羅盤為近代海洋航行之標準羅盤。航空器不需用此種羅盤，因該器製造複雜，佔地位甚多，飛機內則不便裝置，但氣艇有時亦用迴旋羅盤以定航向。

(k) 太陽羅盤 凡近北極圈及南極圈處磁針羅盤迴旋羅盤完全失其功效。於是不得不借天文推測法以定方位。在高緯度處太陽恆在地平面上，故依太陽在地平線之上相當位置以推測方向。通常用 *Goerz Sun Compass* 基氏太陽羅盤以定方位也。基氏羅盤為反光三角稜鏡及計時儀組成之。

第四節 關於方位名詞之定義

(a) 下列數種名詞，為應用磁針羅盤時所常見者。

(b) 各種名詞定義如下：

(1) 磁氣北極或磁氣南極 *Magnetic poles* 即地球附近北極或南極之地磁區域。羅盤

磁針所指示之方向，而磁力為垂直方向。

(2) 磁氣赤道。Magnetic Equator 為一理想之虛線平分地球之地磁體為南北兩磁極者。該處磁力線為水平方向。

(3) 磁氣子午線。Magnetic Meridian 為經過磁針縱軸之垂直平面也。

(4) 磁差。Magnetic Variation 為地球磁氣與地球子午線所成之水平角度。

(5) 等磁差線。Isogonic Lines 為聯結各地相等磁差之線也。

(6) 零磁差線。Aponic Lines 為聯結各地零磁差之線也。

(7) 羅盤差。Deviation 為受本地磁氣影響而起之偏差。故羅盤差為磁針縱軸之垂直平

面與磁氣子午線所成之水平角度。

(8) 水平磁力線。Horizontal Force 為地磁水平分力之磁力線。

(9) 垂直磁力線。Vertical Force 為地磁垂直分力之磁力線。

(10) 磁力線總和。Line of Total Force 即為懸掛之磁針受地磁吸引力量所指之方向也。

(11) 俯角 Dip 為懸掛之磁針，其縱軸與水平面所成之垂直角度。

(12) 等俯角線。Isoclinic Lines 為結聯兩地相等俯角之線也。

習 題

- (1) 方向作何解說？
- (2) 航向 Course 與方向 Bearing 之區別。
- (3) 從此點飛至彼點，爲何要首先決定方向？
- (4) 羅盤工作之理論如何？
- (5) 羅盤之用途有幾？
- (6) 羅盤之種類若干？
- (7) 磁針羅盤之主要部份如何？
- (8) 磁針羅盤所產生偏差之理由何在？
- (9) 航空器所用之羅盤必須有何種性能？
- (10) 略述五種不同之羅盤構造原理。
- (11) 說明羅盤之主要方位及限象內之主要方位。
- (12) 何謂磁差？
- (13) 何謂零磁差線？
- (14) 何謂等磁差線？
- (15) 何謂等俯角線？

第四章 磁差及羅差訂正法

第一節 磁差

(*) (1) 所謂「羅盤磁針指示北極」一語，須有相當之解釋。前章已述磁氣北極非正在地球北極方向，故磁針所指方向乃為磁氣北極或南極。

(2) 磁氣南極 The South Magnetic Pole 之位置在北緯七十度西經九十七度。

(3) 磁氣北極 The North Magnetic Pole 之位置在南緯 $72^{\circ}25'$ 東經 $155^{\circ}16'$ 。

(4) 磁針之方向指示是受磁氣北極與南極之影響，故其指示之方向是與地球北極南極方向略有偏差。

(b) 地球各地磁差時有變化，但其差數甚微。磁差每隔十二月變化一次，故稱為週年磁差變化。磁差變化之原因至今仍未證明。學者有謂地球本身磁氣影響而有變化者，有謂地球以外天體之磁氣影響而起磁差變化者。有以綜合上兩種學理而論磁差之變化者。

(c) 磁差者為真向減去磁向之餘角也。磁差依磁針在地球北極之左或右，而生偏東或偏西也。

磁差有數種方法求得之，除羅盤外有用儀器求之，普通則用標準羅盤及方位圈 Azimuth Circle 以計量水平角度。

磁差地圖者表明各地磁差之度數，以便訂正羅盤而求真確之方位也。

(d) 磁差地圖 Variation Chart 磁差按週年變化一次，故每年世界各地磁差均有相當之變化，故磁差地圖需定時訂正發售。第八圖為美國之等磁差線地圖。第十圖為世界各國之等磁差線地圖。

第二節 羅盤差

(a) 鋼質物包括硬鋼及軟鋼，受磁氣感應而生磁性，此種磁性鋼鐵能使羅盤磁針對磁氣子午線發生偏差，此種錯誤稱曰羅盤差。解析羅盤差可分 A B C D E 五係數。

(b) 各種羅盤皆有自差，當飛機放置不同方位時，記載羅盤所發生之錯誤，此種表格稱為「羅差表」。羅差表則按下列六種方法製成之。

- (1) 劃一圓圈，圓圈上記載方位記號。
- (2) 用相反方向者。
- (3) 用遠方物體者。
- (4) 用兩物體在一線上。
- (5) 用太陽或星座。
- (6) 在飛行場地而分劃有方位者。

航
行
學

遊
記

ISOGONIC CHART OF UNITED STATES
1920

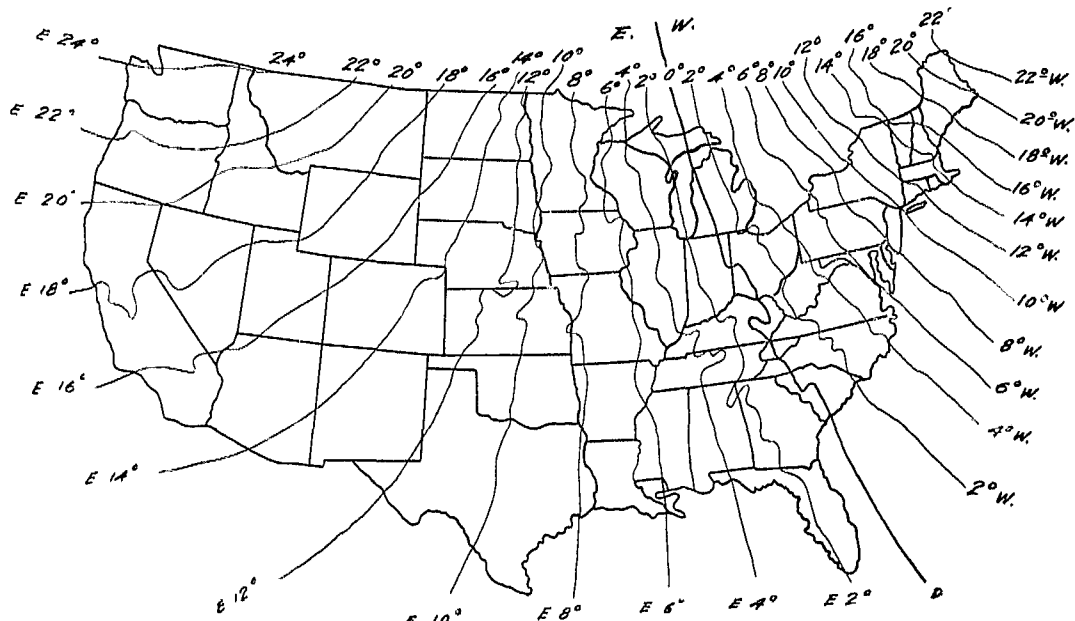


Fig 8

第八圖 Isogonic chart of united states 1920

Fig. 8. 1920年美國之等磁差線圖

(c) 羅盤差之訂正記載法如下：

機頭方位	羅盤向	羅盤差
0°磁向	2°	2°W
45°	49°	4°W
90°	98°	8°W

羅差表之格式：

羅 盤 差 表 格

磁 向	羅 向	羅 差	磁 向	羅 向	羅 差
0°	0°	0°	180°	180°	0°
10°	15°	5 W	190°	196°	6 W
20°	31°	11W	200°	210°	10W
30°	46°	16W	210°	224°	14W
40°	59°	19W	220°	236°	16W
50°	70°	20W	230°	248°	18°
60°	78	18W	240°	258°	16W
70°	83°	13W	250°	262°	12W

80°	83°	81W	260°	263°	6W
90°	92°	5W	270°	270°	0
100°	96°	4E	280°	275°	5E
110°	101°	9E	290°	281°	9E
120°	103°	14E	300°	288°	12E
130°	112°	18E	310°	295°	15E
140°	120°	20E	320°	306°	14E
150°	133°	17E	330°	319°	11E
160°	148°	12E	340°	332°	8E
170°	164°	6E	350°	346°	4E
180°	180°	0	360°	360°	0

第三節 磁差及羅差之訂正

(a) 凡在地圖上所測之角度皆為真向，而羅盤所指示之方向則為羅向或磁向。故飛行家須知真向及羅向之區別，並應具有迅速互相變換之能。

(b) 用三種不同之始點計算方位，於是遂有三種不同方位角度。三種方位角度皆依其始點真子午線磁氣子午線羅盤子午線而定之。

- (1) 以地球北極爲計算始點者則稱之曰真方位 True Bearing
- (2) 以磁氣北極爲計算始點者則稱之曰磁氣方位 Magnetic Bearing
- (3) 凡羅針所指之方向或羅盤北向者則稱之曰羅盤方位 Compass Bearing
- (c) 以下三種航向或方向皆從北極至航空器中線計量之。
- (1) 真航向者 True Course 爲地球子午線至航空器中線之角度也。
- (2) 磁航向者 Magnetic Course 爲磁氣子午線至航空器中線之角度也。
- (3) 羅盤航向者 Compass Course 爲羅針與航空器中線之角度也。
- (d) 地圖上所測量之角度皆爲真向，故飛航員須具迅速變換之能力，已知羅差及磁差，即可變換真向爲羅向，及之亦然，已知羅向即可變換爲磁向及真向。
- (e) 羅差及磁差之訂正法均是相同，其法則如下：
- (1) 自羅向(磁向)求真向爲減。西差加東差(或 $W-1, E+1$)。
- (2) 自真向求羅向(磁向)爲加。西差減東差(或 $W+1, E-1$)。
- (f) 變換各種方向及訂正羅差磁差，爲飛行之重要事件。稍有錯誤影響飛航甚鉅。設磁向爲十度或十五度時，飛航員計算或變換錯誤，則航向有 20° 至 30° 度之錯誤，羅差算錯對於飛航亦發生同等之危險。

航
行
學

四
四

ISOGONIC CHART OF THE WORLD

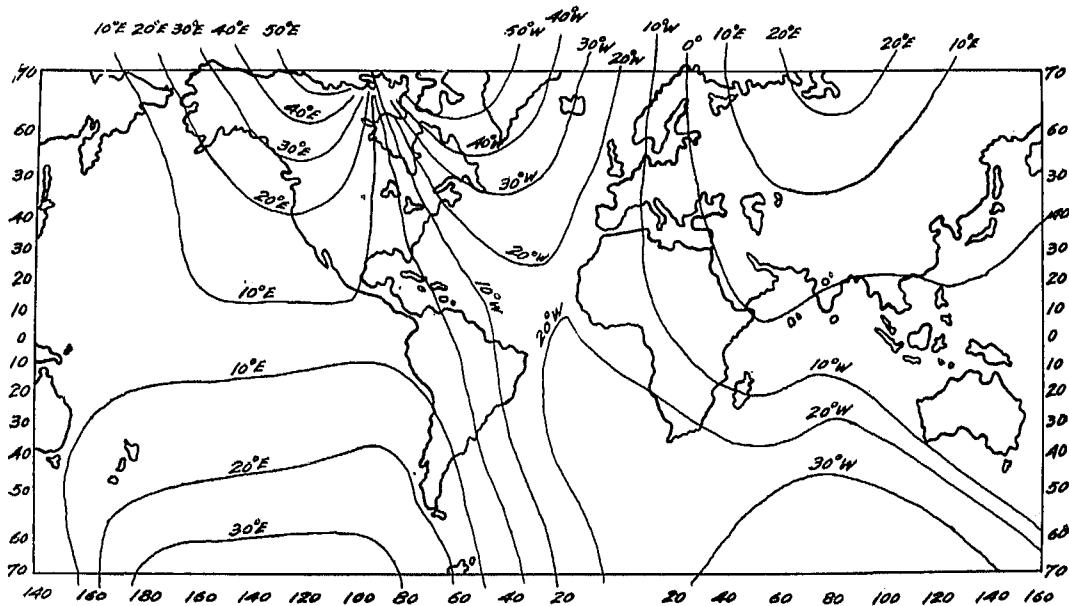


Fig. 9'

第九圖 Isogonic chart of the world

Fig. 9. 全世界之等磁差線圖

第四節 磁差及羅盤差之習題

計算磁差及羅差方法共有六種，茲列之如下：

- (1) 自羅向求磁向(羅差)。
 - (2) 自磁向求真向(磁差)。
 - (3) 自羅向求真向(磁差及羅差)。
 - (4) 自真向求磁向(磁差)。
 - (5) 自磁向求羅向(羅差)。
 - (6) 自真向求羅向(磁差及羅差)。
- 附註 凡(1)(2)(3)三項引用東加西減法則，(4)(5)(6)各項則引用第一法則，爲東減西加。

(b) (1) 自羅向求磁向(羅差)

例題 I—^a 設羅向爲 45° 羅差爲 $5^{\circ}W$

求磁向

解釋 I—^a 羅向..... 45°

羅差西減..... $5^{\circ}W$

∴ 磁向..... 40°

例題 I—b 設羅向……225°

羅差 D……10°E 求磁向

解釋 I—b

羅向……225°

羅差東加……+10°E

∴ 磁向……235°

(2) 由羅向求真向(推算)

例題 II—a

設磁向爲 90°

磁差爲 10°W

求真向

解釋 II—a

磁向……90°

磁差西減……—10°W

∴ 真向……80°

例題 II—b

設磁向爲 270° 磁差 9°E 求真向

解釋 II—b

磁向……270°

磁差東加……+9°E

∴ 真向……279°

(3) 由羅向求真向(磁差及羅差)。

例題 III—2 設羅向爲 45° ，磁差爲 $10^\circ E$ ，羅差爲 $5^\circ E$ ，求真向

解釋 III—2 羅向..... 45°

羅差東加..... $+5^\circ E$

磁向..... 50°

磁差東加..... $+10^\circ E$

∴ 真向..... 60°

例題 III—1b 設羅向爲 360° ，磁差爲 $9^\circ W$ ，羅差爲 $4^\circ W$

求真向

解釋 III—1b 羅向..... 360°

羅差西減..... $-4^\circ W$

磁向..... 256°

磁差西減..... $-9^\circ W$

∴ 真向..... 247°

例題 III—3 設羅向爲 310° ，磁差爲 $8^\circ E$ ，羅差爲 $5^\circ W$

求真向

解釋 III—3 羅向..... 310°

羅差西減..... $8^{\circ}W$

磁向..... 302°

磁差東加..... $18^{\circ}E$

∴ 真向..... 310°

(4) 眞向求磁向(操縱)

例題IV— a 設真向爲 80° 磁差爲 $10^{\circ}E$

求磁向

附註：自真向求磁向，與上例三項變換方法相反，即引用第二法則是也。

解釋IV— a 真向..... 80°

磁差東減..... $10^{\circ}E$

∴ 磁向..... 20°

例題IV— b 設真向爲 300° 磁差爲 $7^{\circ}W$

求磁向

解釋IV— b 真向..... 300°

磁差西加..... $7^{\circ}W$

∴ 磁向..... 307°

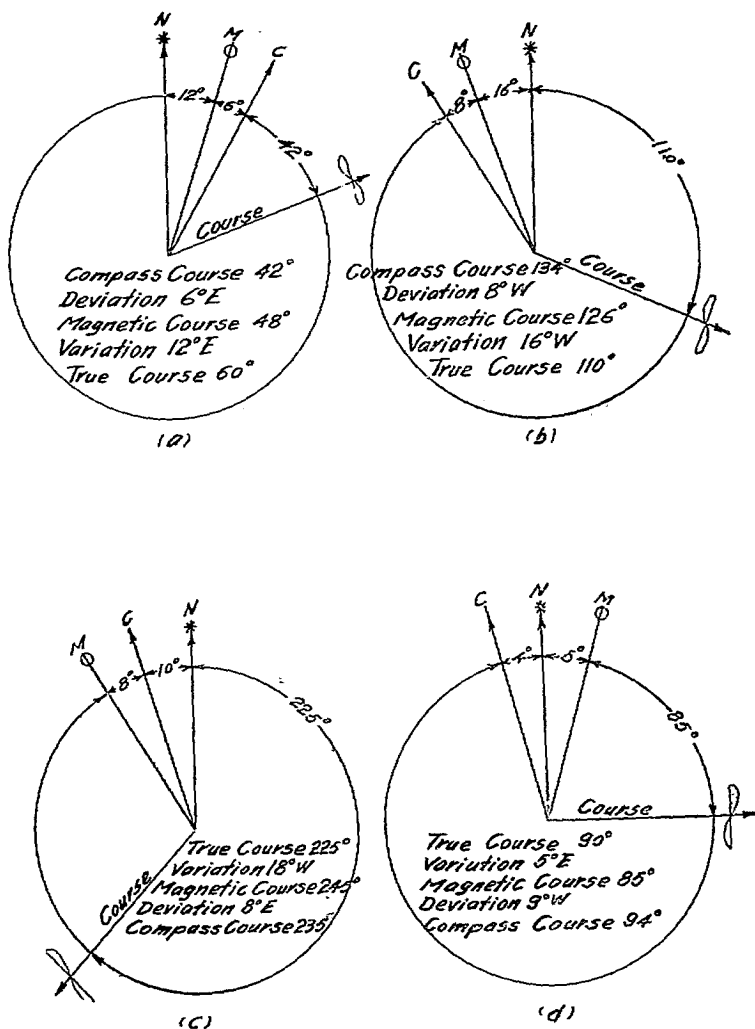
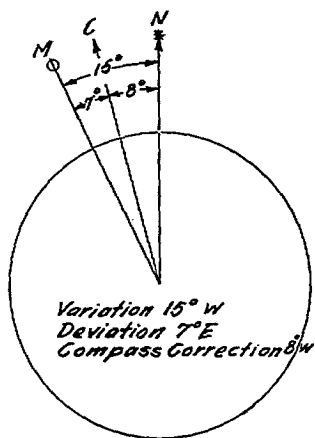


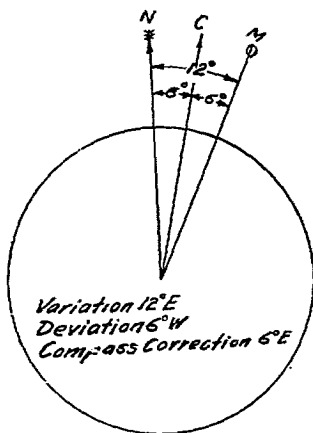
Fig. 10.

Fig. 10. 第十圖

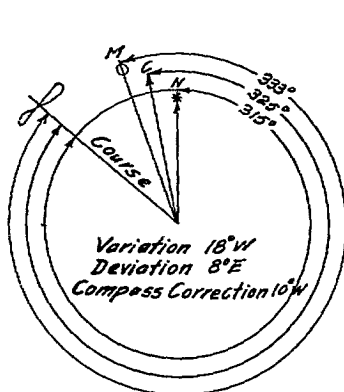
Course	=	航向
Compass course	=	羅盤向
Deviation	=	羅盤差
Mag. course	=	磁向
Variation	=	磁差
True course	=	真向



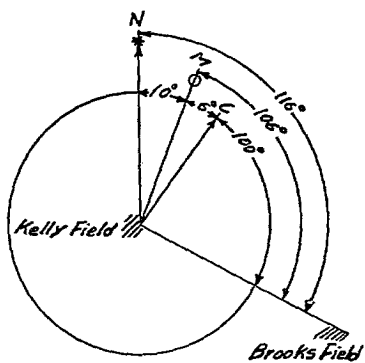
Problem (a)



Problem (b)



Problem (c)



Problem (d)

Fig. 11.

Fig. 11. 第十一圖

Problem	=	習題
Variation	=	磁差
Deviation	=	羅差
Compass correction	=	羅盤改正數

(5) 自磁向求羅向(羅差)

例題 V 設磁向爲 180° 羅差爲 $3^\circ W$

求羅向

解釋 V

磁向..... 180°

羅差西加..... $3^\circ W$

∴ 羅向..... 183°

(6) 自真向求羅向(磁差及羅差)

例題 VI

設地圖上所測得角度爲 76° (真向)

磁差爲 $15^\circ E$, 羅差爲 $6^\circ W$, 飛機應取之航向(羅向)如何?

解釋 VI

真向..... 76°

磁差東減..... $15^\circ E$

磁向..... 60°

羅差西加..... $15^\circ W$

∴ 羅向(航向)..... 65°

以上習題均爲實際應用題目。設已知地圖所計量之角度，而求飛機應取之航向，則爲自真向求羅向法。反之，已知航向而欲求地圖上之角度，則爲自羅向求真向法。

(c) 求磁差及羅差法

例題 VII—*a*

假羅向爲 120° 磁向爲 111°

真向爲 100° ， 求磁差及羅差。

解釋 VII—*a*

先由羅向求磁向，再由磁向求真向

羅向..... 120°

磁向..... 111°

∴ 羅差..... $9^\circ W$

磁向..... 111°

真向..... 100°

∴ 磁差..... $11^\circ W$

例題 VII—*b*

真向爲 315° 磁向爲 300°

羅向爲 204° 求磁差及羅差

解釋 VII—*b*

真向..... 315°

磁向..... 300°

∴ 磁差..... $15^\circ E$

羅向..... 300°

羅向.....204°

羅差.....6°E

(d) 羅盤差訂正法。凡磁差及羅差之代數總和則為羅盤差訂正數目。

例題Ⅳ—d 設磁差為15°W 羅差為7°E

求羅盤差訂正數目

解釋Ⅳ—a 磁差四減.....—15°W

羅差東加.....+7°E

羅盤差訂正數目.....—8°W

例題Ⅳ—b 羅差為4°N 磁差為15°E

求羅盤差訂正數目

解釋Ⅳ—b 磁差.....—15°E

羅差.....+6°W

.....°E

(e) 飛行時羅差之訂正法。

例題Ⅴ當飛機裝配完竣試飛時，羅盤無羅表。如在美國開萊飛行場試飛 Kelly Field
，試飛機機頭對準該場水塔，則羅盤向為100°，該水塔與 Brook Field 飛行場之氣艇繫柱

成一直線，求此時之羅差。

解釋Ⅳ

從磁差圖測得在 San Antonio 之磁差為 10° E而 Brook 處之真向為

116°

真向..... 116°

磁差..... 10° E

磁向..... 106°

羅向..... 100°

∴ 羅差..... 6° E

習 題

- (1) 何謂磁極？
- (2) 地球磁極有幾？試言之。
- (3) 磁氣兩極在地球兩極附近之何處？
- (4) 磁差之定義？磁差如何計量之？磁差之原因何在？
- (5) 何謂磁差地圖？何謂等磁差線圖 ISOGONIC CHART？
- (6) 何謂羅差？
- (7) 何謂羅差表格？

- (8) 羅盤差之糾正法有幾？試言之。
- (9) 伸說下列名詞之定義：
(a) 真方位 TRUE BEARING.
(b) 磁氣方位 MAGNETIC BEARING.
(c) 羅盤方位 COMPASS BEARING.
- (10) 伸說下列名詞之定義：
(a) 真航向 TRUE COURSE.
(b) 磁氣航向 MAGNETIC COURSE.
(c) 羅盤航向 COMPASS COURSE.
- (11) 何謂羅盤誤差？
- (12) 何謂羅盤差訂正法？
- (13) 試述磁差羅差之變換六種方法。
- (14) 何謂磁差及羅差之二定律，并如何應用。
- (15) 試述設在飛行時選擇二目標，應如何規正羅差。

第五章 風力與航行之關係

第一節 速度(空速，地速)

(a) 速度者乃爲一種運動之速率也 The Rate of Movement 或爲 $\frac{\text{距離}}{\text{時間}}$ 之比例。(見第二章第四節) 航空器在空中飛行，速度則有二分力。航空器受氣流之偏航速度 Drift 影響，於是遂另外增加一分力焉。

(b) 空速者 Air Speed 航空器經過靜空氣之速度也。或者指明在空氣流動時而與隣接大氣之比較速度也。故空速與地速完全無涉。空速之單位爲 m. p. h. 或 Knots。

(c) 地速者 Ground Speed 爲航空器經過地面之速度，單位爲 m. p. h. 或 Knots。地速不過乃一種比較名詞，並無特製儀器以計測之。觀察地面目標可知飛機地面速度每小時若干哩。設飛機之空速指示每小時爲 125 哩，該機逆風飛行，風速每小時爲 25 哩。此時飛機之地面速度爲每小時 (125 - 25 = 100) 一百哩。反之，設飛機順風飛行，空速既爲 125 哩，則地速該爲 (125 + 25 = 150) 每小時一百五十哩。由上述之二問題可知地速之梗概也。

(d) 倘若航空器航向不與風向相同，或相反，風乃由側方吹來時，則必被吹出預定路線之外，是不僅影響於航行之速度，且與方向發生關係，偏航角度之大小皆依風力強弱而定之。

(e) 軌跡者 The Track 爲航空器經過地面之線也。航向者 The Course 爲航空器經過空

中之線也，或爲機頭所指示之方向。

(f) 軌跡航向風速向風之互相關係。

(1) 已知航向空速風向風速，則可推測軌跡。

(2) 已知航向空速軌跡及地速，則可推測風向風速。

(3) 已知軌跡空速風向風速，則可推測航向。

上述三種推測方法則可應用航向航程計算器以迅速簡便之手續計算之。該器之構造原理，乃將方向不同之分力化爲合力而計算之。

第二節 圖解法與合力分解

(a) 用機械方法表示力之動作及其效果。

(1) 力之定義。凡能產生運動之能力者概稱之曰力。力之最通用單位爲磅。按物理而論，力須有兩素始可成立。即距離與時間也。距離則以長度單位計量之，時間單位則爲時，分，秒，也。

(4) 力之全義含方向。 Direction 作用點 Place of Application 大小 Magnitude 特性

(1) 力之方向者表示力加於物體而使物體移動之方向。

(2) 作用點者表示地心吸力之點。

(3) 力之大小量者由單位計量之。

(c) 力可以用直線及矢頭表明之。矢頭表力之方向。直線分割若干單位表力之大小量。單獨之合力作用於某物體上所生之結果，與二力同時作用於此物體上所生之結果相同。數個力聯合即合力 *Resultant* 合力之單獨之力稱曰分力。 *Components*，求數個力之合力則謂力之組成。 *The Composition of Forces*，求某力之分力時則謂之力之分解。 *The Resolution of Forces*。

(d) 力與速度之平行四邊形，設 AB 及 AC 爲平行四邊形之隣邊，並表示分力之大小及方向。此二分力作用於 A 點。如第十二圖 a 。此二分力之合力即爲平行四邊形之對角線。速度亦可用力之分解力之組成法計算之，速度之分解則用三角形速度圖解分析之。

第三節 徧航計算法

(a) 計算飛機在空中所經過地面之路線與航海船隻計算航線之情形相彷彿。海洋之潮流速度影響於船隻甚微。故十五 *Knots* 速度之海船很稀少遭遇有一 *Knots* 速度之海潮也。而八十哩每小時之飛機在空中飛行遭遇每小時三十哩至四十哩之風速，乃恆見之事。

(b) 飛航員須知凡航空器經過地面之行動包括方向速度，即爲航空器經過空中行動與氣流經過地面行動二者之合力。徧航可按下述之法求之。先由飛機俯視地面之顯明目標，然後通過該目標，航空器中軸與目標引長之虛線所成角度，謂之徧航角度，徧航亦可用各種儀器計量之。

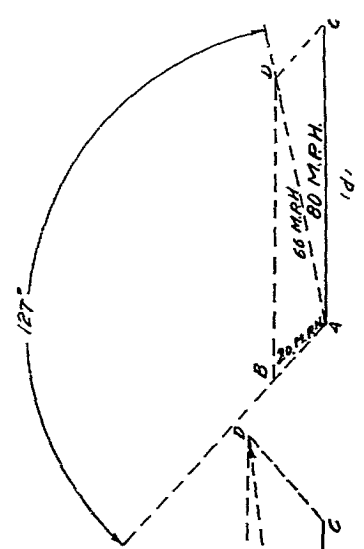
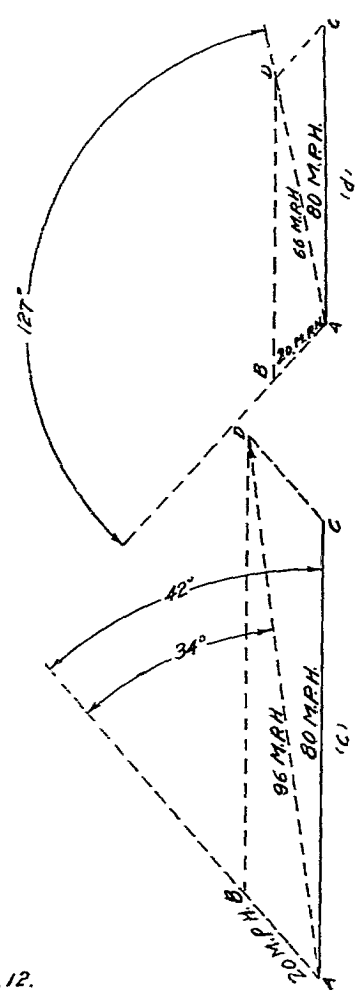
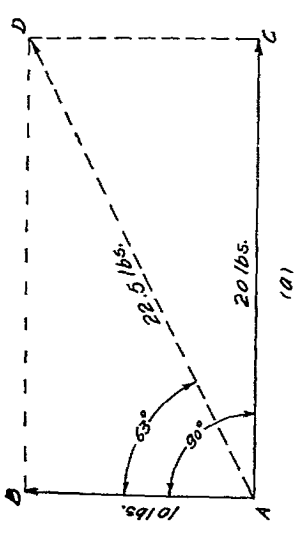
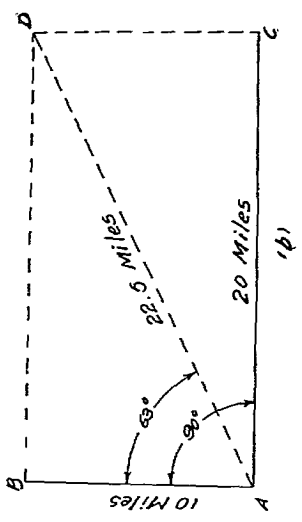


Fig. 12.

Fig. 12. 第十二圖

Miles

= 哩

Pounds

= 磅

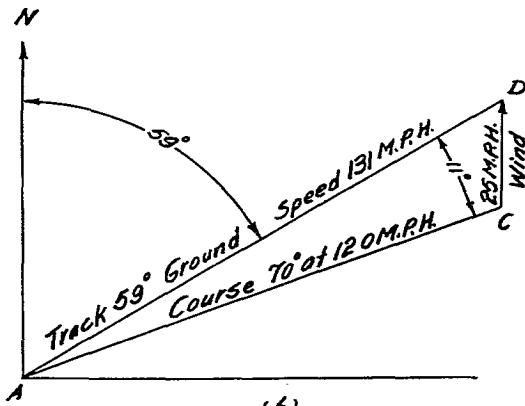
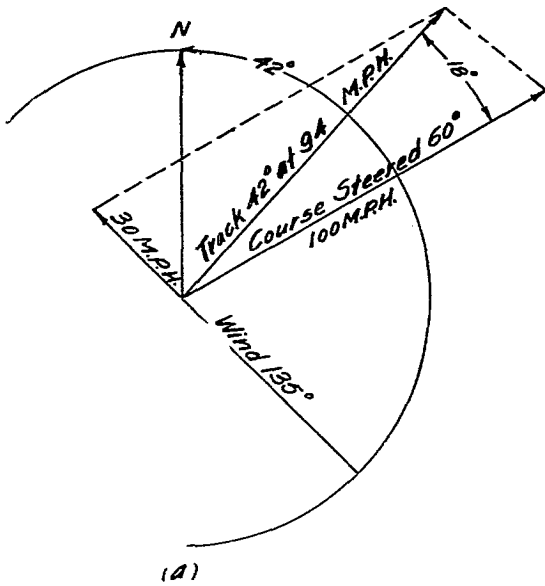


Fig. 13.

Fig. 13. 第十三圖

A :	Wind	=	風自吹來之方向
	Track	=	軌跡
	Course steered	=	航向
B	Ground speed	=	地速

(e) 偏航角度 THE DRIVE ANGLE.

(1) 無風時或風向與航向軌跡相同及相反之時，風向假設從起機點至降落點始終不變，此種情形，則航向與軌跡相等，無偏航角度。風向風速與航向偏側時，航空器受風之偏航影響，則航向與軌跡不能一致，遂發生偏航。航空器偏航角度者。乃航向與軌跡所成之角度。

(2) 計算偏航角度時容易混亂。故有順時計偏航及反時計偏航區別，順時計(向右)偏航者軌跡之角度從北順時計量之，而所量得之角度大於航向。設軌跡方向小於航向時，則謂之反時計(徧左)偏航。見第十三圖 b。航空器之航向雖為，而飛機實際所經過之地面軌跡，則為 ΔC 線，徧航角度為 α ，此為反時計或向左之徧航。設風向由反對之方向吹來，徧航路線乃在航向右方，徧航角度則以順時計計算之，而軌跡之角度必大於航向也。

(3) 設已知風速及風向則可計算航向。風向風速可由空軍氣象台之報告而得之。飛航員既知各種高度之風速及風向，於是在飛行前可以決定某高度內之風向與航行最有益。空中平飛速度已知，則可用圖解或航程航向計算器以求航向，同時地速亦可求得。

(4) 除非用磁向舉出者，普通所指風向皆為真向，風向者指明風吹來之方向，並非指風吹至之方向也。

第四節 軌跡即風速與航向之合力

(a) 設航空器在靜空氣飛行，軌跡與航向相同。空中有風則產生徧航，但風向與航向平行時亦無徧航。

例題 1—2

設航空器之真向為 60° ，速度為 $100\frac{\text{哩}}{\text{哩}}\cdot\text{p}\cdot\text{h}$ ，風速 $30\frac{\text{哩}}{\text{哩}}\cdot\text{p}\cdot\text{h}$ ，風從 135° 方向吹來，求軌跡及地速？

解釋 1 a

見第十三圖 a 則知軌跡 42° 地速為 $94\frac{\text{哩}}{\text{哩}}\cdot\text{p}\cdot\text{h}$ 。

例題 1—b

設飛機機頭向 70° 真向飛行，飛行速度為 $120\frac{\text{哩}}{\text{哩}}\cdot\text{p}\cdot\text{h}$ ，風速為 $25\frac{\text{哩}}{\text{哩}}\cdot\text{p}\cdot\text{h}$ ，風由 180° 方向吹來，求徧航角，軌跡，地速？

解釋 1—b 見第十三圖—b

- (1) 從 A 點劃 $AC70^\circ$ ，為 $120\frac{\text{哩}}{\text{哩}}$ ，表航向及空速。
 - (2) 從 C 點劃 $CD0^\circ$ ，為 $25\frac{\text{哩}}{\text{哩}}$ ，表風吹來之方向及風速。
 - (3) 聯結 AD 兩點成 AD 線，表軌跡及地速。
 - (4) 由圖解測得軌跡為 50° 度，地速為 $131\frac{\text{哩}}{\text{哩}}\cdot\text{p}\cdot\text{h}$ ，徧航角為 11° 度。
- (b) 上列二例題為讀者明瞭起見，乃假設之事，按實際上鮮有遇者。

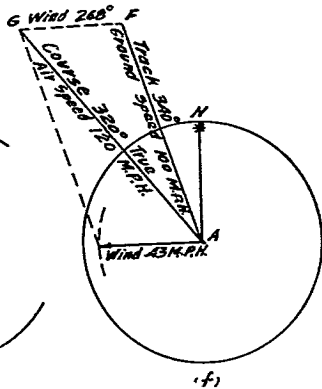
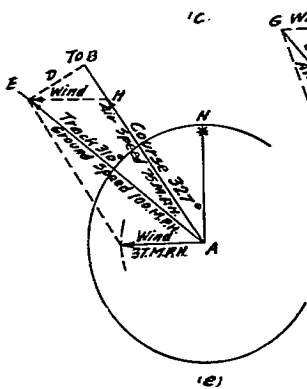
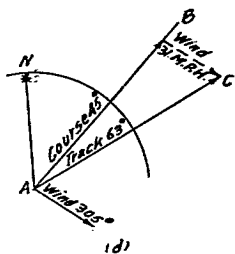
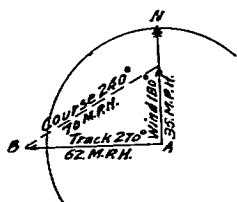
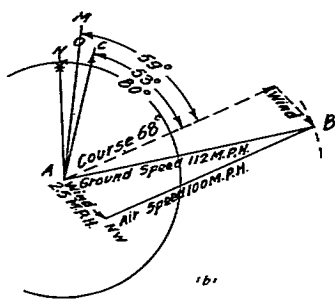
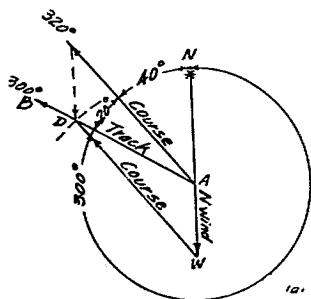


Fig. 1A.

Fig. 14. 第十四圖

Wind	=	風向
Course	=	航向
Track	=	軌跡
Ground speed	=	地速
Air speed	=	空速

第五節 航向

(a) 下列二法乃為航行學之最要計算法。

- (1) 風速軌跡地速為已知數而求航向。
- (2) 航向軌跡地速空速為已知數而求風速。

例題 II—*a*

由地圖上測得 A 至 B 點為軌跡 300° 度，風自北方吹來，風速在飛行高度時為 35 km.p.h. ，空速為 80 km.p.h. ，求航向及地速（見第十四圖—*a*）。

解釋 II—*a*（見第十四圖 *a*）。

- (1) 劃 AB 線 300° 表航空器之軌跡。
- (2) 從 A 點劃 AW 線 180° 35 km 表風自吹來之方向及風速。
- (3) 以 W 為中心，用空速 80 km 為半徑，劃一圓弧切割 AB 線於 D 點。
- (4) 故用圖解法求得航向為 320° ，地速為 60 km.p.h. 。

例題 II—*b*

設從 Texas 起機飛至 Louisiana 地圖上之航向即軌跡為 20° 真向，磁差東 5° ，羅差東 6° ，空速 100 km.p.h. 。風自 N. 30° 方向吹來 25 km.p.h. 求羅向及地速？

解釋 II—*b*（見第十四圖—*b*）。

飛行航向爲 68° 真向，磁向爲 59° ，羅向爲 53° ，地速爲 113 哩/小時。

例題 II—2

從 A 點至 B 點之真方向爲 210° （軌跡）風從正南方向吹來 35 m.p.h.，空速 10 m.p.h.，求自 A 至 B 點之航向及地速？

解釋 II—1（見第十四圖—c）。

航向爲 240° ，地速爲 62 m.p.h.

第六節 風，速度，方向。

例題 II—1

有某飛航員欲從 A 點飛至 B 點，航向爲 52° （真向），經過一小時後，則發覺飛機位置 C 點之市鎮，該時空速 85 m.p.h.地圖上測得 A、O 軌跡線爲 95 哩，方向爲 63° ，求風向風速？

解釋 II—1（見第十四圖—d）。

地圖上測得之軌跡角度爲 63° 真向，A、C 距離爲 95 哩。連接 B 及 D 點，則風向爲 305° ，風速爲 31 m.p.h.

例題 II—2（見第十四圖—e）。

由 A 飛至 B 點之航向爲 327° ，一小時後航空器則在某村莊 E 點位置，空速爲 75 哩/小時，B 點之方向爲 310° ，距 A 點爲 100 哩。求風向風速地速及偏航之距離。

解釋 II—6

劃 AB 及 EF 線，軌跡爲 310° ，地速測得爲 100 哩每小時。風向爲 92° 風速爲 37 m.p.h.，偏航距離爲 29 哩。

例題 II—f

有某飛航員欲按照 340° 方向之軌跡飛航即 AE 線。應取之航向爲 320° ，空速爲 120 knots。由 A 點起機，測得偏航角度爲 30° 偏右，一小時後發覺飛機位置在 F 點，而 F 點距 A 點有 100 哩。求風向風速？

解釋 II—f (見第十四圖—f)。

畫 AE 線表航空器之軌跡，再畫航向 AG 線表空速爲 120 knots 320° 。 AG 線爲飛機在空中一小時所經過之距離即空速也。 AF 線爲飛機經過地面距離，即爲地速。故 FG 線表風向 268° 及風速 43 m.p.h.。

(a) 所謂風速者並非指地面風速而言，乃指航空器經過某種高度之風速也。氣象報告表記載各種高度之風向及風速。照普通情形而論，在北半球之風向恆偏右，或爲順時計方向，高度增加，風速加強。故在三千呎高度風向有時竟偏右至 90° 之多，而風速較地面加強一。倍此種風速變化現象在海洋上稀見之。夜間風力較白晝爲強。風速之單位爲 m.p.h. 或爲 knots。但其變換方法甚屬簡易，或用 "Avegraph" 及其他法均可。

習 題

- (1) 航空器之速度作何解釋？
- (2) 試述空速之定義。
- (3) 試述地速之定義。
- (4) 風對於航行有何影響？
- (5) 如何計量地速？
- (6) 如何計量空速？
- (7) 航空器之軌跡作何解說？
- (8) 設空速航向風向風速爲已知數，如何求得軌跡？
- (9) 「速度之分解」，作何解說？
- (10) 「速度之組成」，作何解說？
- (11) 何謂徧航，而徧航如何決定之？
- (12) 何謂徧航角度？
- (13) 徧航向右及向左作何解釋？
- (14) 計算航向時，其已知數爲何？
- (15) 計算風速時，其已知數爲何？

- (16) 計算軌跡時，其已知數為何？
- (17) 有某航空器所飛之航向爲 225° ，速度表之速度爲 60 m.p.h ，風自正西方向吹來，風速爲 30 m.p.h ，求軌跡及地速。
- (18) 有某航空器所飛之航向爲 315° ，速度表之速度爲 75 m.p.h ，風自正南方向吹來，風速爲 35 m.p.h ，求軌跡及地速。
- (19) 有某航空器所飛之航向爲 135° ，空速爲 80 m.p.h ，欲按照 170° 之軌跡飛行，地速爲 90 m.p.h ，求風向及風速。
- (20) 設航向爲 45° ，空速爲 80 m.p.h ，軌跡爲 70° ，地速爲 70 m.p.h ，求風速及風向。
- (21) 有某航空器欲按照 225° 角度之軌跡飛行，風乃從正東方向吹來，風速爲 30 m.p.h ，空速爲 100 m.p.h ，求該機應取之航向。
- (22) 有某飛機欲從 A 點至 B 點，方向爲 45° ，風從正東方向吹來，風速爲 30 m.p.h ，空速爲 80 m.p.h ，求該機應取之航向。

第六章 航向航程計算器 THE AIRCRAFT COURSE AND DISTANCE COMPUTER.

第一節 航向航程計算器之說明

(a) 前章「風力與航行之關係」中已詳述用圖解法可求得航向風向。在圖解法中有一注意之點，無論為求風向或航向，凡三角形之每一邊線即表示明確之方向及速度。三角形之兩邊為已知數，而三角形之第三邊(合力)可用圖解法或平行四邊形求得之。今有二綫表航向及軌跡，二綫相遇於一點而成一銳角。AN ACUTE ANGLE 二線之他端以另一線聯之，此線即表風向風速也。

(b) 航向航程計算器者，解算航行學中三角速率之儀器也。若軌跡空速風速為已知數，則以簡捷之手續，用計算器可求得航向及地速。反之，若航向空速軌跡地速為已知數，風向風速亦可用計算器求得之，計算器除解算航向及風速問題外，亦能解算活動半徑及空中攔截之諸問題。

(c) 航空器在空中飛行，轉瞬千里，絕無從容時間以作計算，量角規及平行尺，在空中不便使用，且手續亦頗繁瑣，在空中飛行計算法，以簡捷為貴，航向航程計算器為計算航行問題之最簡捷方法。計算器近已製成多種，尤以座標計算器 Avigraph 一種為最佳。該器有乘除之計算尺，除解算航向風向軌跡等之外，亦能計算速度及航程，Avigraph 者為一種之聯

合計算儀器也。能解算平面三角形各問題，如曲線飛行，平行飛行，中緯飛行，經度與橫距（東西距）Departure 之變換，經度與時之變換，有時用之以規正羅盤。Aviation 計算器者為免除經緯表 Traverse Table 之檢查而以簡便手續解算駕駛法 Pilotage 推測航行法 Dead Reckoning 之各種三角速率問題。

(d) 最簡通用之計算器如第十五圖所示，由二圓面及二臂棍樞連於一同心點而成之。

(1) 大圓面之緣邊刻劃度數，從 0° 至 360° ，每隔十度寫明度數數目。

(2) 中心轉動之小圓面盤直徑代表一百二十哩，盤面以十字方格分割之。

(3) 二臂棍樞連於小圓面心中上，亦如小圓面分為同等之段數，二臂棍分寫 A B 二字，以資識別。

(4) 滑動指標，各臂棍帶一滑動指標。

(e) 為計算航向空速之明瞭起見，A B 二臂棍緣邊所刻畫分段必須鄰接之（見第十六圖）。下列例題二則，可以用兩種方法求得之。

(1) 用圖解法。

(2) 用航向航程計算器。

第二節 用航向航程計算器求航向

(a) 設軌跡空速及風速為已知數，則可接下列步驟用計算器以求航向。

- (1) 將小圓面之矢頭移至軌跡之度數。
 - (2) 將臂棍 B 移至風吹來之方向，指標 B 表風速。
 - (3) 指標 A 表空速。
 - (4) 移動臂棍 A 直使指標 A 與指標 B 同在一線上，或指標 A 與矢頭成平行。
 - (5) 臂棍 A 所指之方向，即為航向。
 - (6) 指標 A B 中間之距離，即為地速。
- (b) 在應用計算器以前，須了解航行學中之三角速率諸問題之圖解法。下列例題可用圖解法及計算器二法求之。

例題 I

在地圖上測得航空器所飛之軌跡為 70° ，空速為 100 m.p.h. ，風自 N.W. 方向吹來 315° ，風速為 40 m.p.h. ，求航向。

解釋 I (見第十五圖)

- (1) 矢頭所指之方向代表軌跡，將小圓面轉動直至矢頭所指之方向為 70° 。
- (2) 將臂棍 B 移至風吹來之方向 315° 。
- (3) 臂棍 B 之滑動指標移至 b 處，代表風速。
- (4) 臂棍 A 之滑動指標移至 100 處，代表空速。

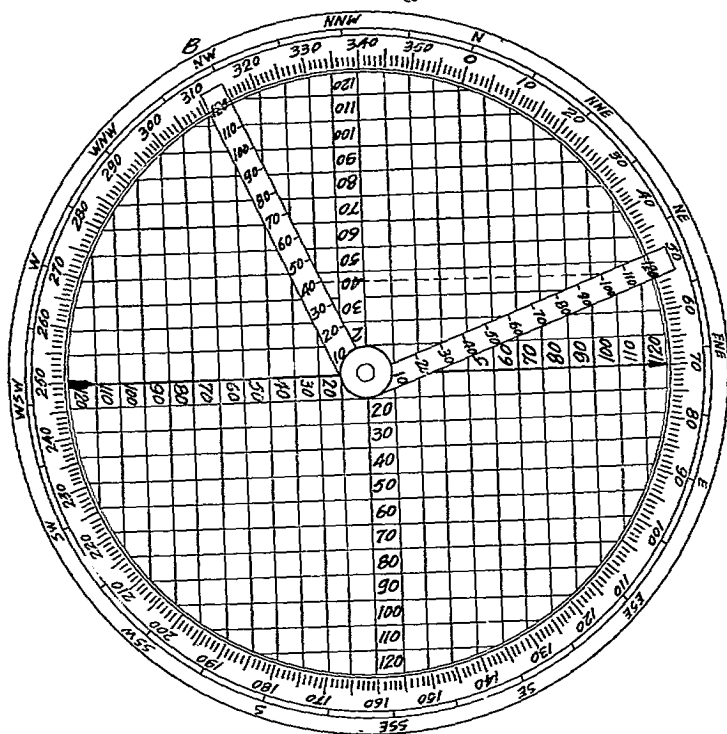
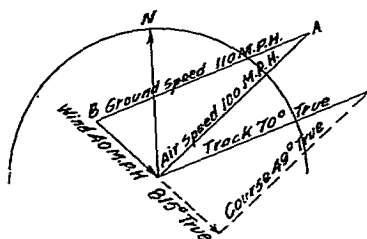
(5) 將臂棍 A (代表空速) 移轉，直至二臂棍之指標距圓面之直徑距離相等。或一指標間之虛線與表示軌跡之直徑成平行。

(6) 臂棍 A 則指示 49 。即為航向也。

(7) 兩指標間之距離代表地速為 110 m.p.h.

同時用繪圖法將上題演出，以便校正上答案是否正確。

航
行
學



Solution of Problem Paragraph 22
 Finding the Course
 Fig. 15.

第十五圖 Solution of Problem paragraph 22 finding the course

Fig. 15. 用航向航程計算器求航向之圖解

第三節 用航向航程計算器求風向風速

(a) 求風向風速尤須注意軌跡及地速。按下列步驟用計算器可以求得風向風速。

(1) 將臂棍 A 所指之方向，代表航向，而該臂棍之指標表示空速。

(2) 將臂棍 B 所指之方向，為航空器所預定之軌跡，指標 B 代表地速。

(3) 將小圓面移動，直使矢頭之直線與指標 A B 成平行。

(4) 矢頭所指之方向為風向，A B 之長度表風速。

附註：風吹至航空器之方向即從航向至軌跡之方向也。換言之，即徧航是也。

(b) 設三角形之二邊為已知數，則用航向航程計算器可以計算風向風速。

例題 II

有某飛航員取 325° 航向飛行，空速為 80 m.p.h. ，飛過三十分鐘後則發覺飛機位置在某村莊上面，照地圖計算該村之方向則為 300° ，距起機點為五十英里，求風向及風速。

解釋 II (見第十六圖)

飛機於三十分鐘經過地面之距離為五十哩，故地速每小時則為一百哩。

(1) 臂棍 A 之指標表示 80 m.p.h. 代表空速。

(2) 臂棍 A 移至 325° 方向，代表航向。

(3) 臂棍 B 之指標表示 100 m.p.h. 代表地速。

(4) 臂棍 B 移至 300° 方向，代表軌跡。

(5) 將小圓盤轉動直至圓盤之某一線與有矢頭之直徑成平行為止，而 A B 兩指標至直徑之距均相等。

(6) 矢頭所指之方向為風自吹來之方向，或為風吹至之方向。矢頭所指之方向須與偏航相反。

(7) 矢頭所指之方向為 70° ，即風向是也。

(8) 兩指標間之距離為 4.5 哩，即風速是也。

第四節 習題

用航向航程計算器解算下列習題。

例題 III——2

有某飛航員取 110° 航向飛行，空速為 80 m.p.h. ，經過十五分鐘以後，則發覺飛機之位置，距起機點有 22.5 哩，按地圖測得之軌跡為 135° ，求風向風速。

解釋 III——2

在十五分鐘飛機經過地面為 22.5 哩則地速每小時為 90 哩。

(1) 指標 B 表地速 90 m.p.h.

(2) 臂棍 B 指 135° 方向代表軌跡。

- (3) 指標 A 表空速 30 m.p.h.
- (4) 臂棍 A 指 110° 方向代表航向。
- (5) 將小圓面移動，直至 A B 兩指標至有矢頭直徑之距離相平行，矢頭所指之方向為風向 15° 。

(6) 兩指標間之距離為風速 38 m.p.h.

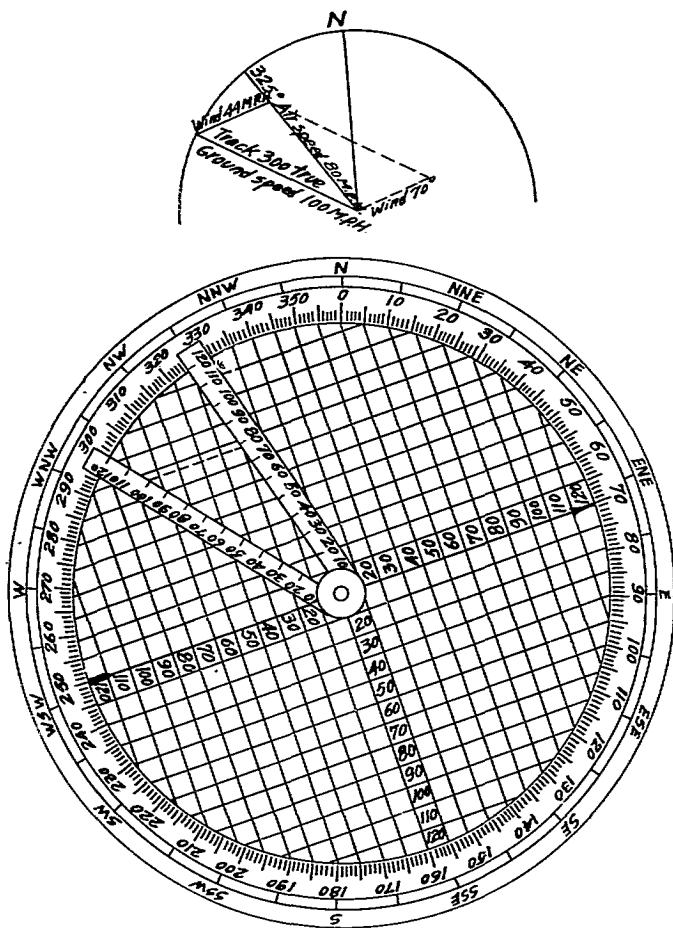
例題 III——b

由 C 點起機飛至 D 點，航向為 110° ，風自 300° 方向吹來，風速 20 m.p.h.，空速為 20 m.p.h.，用計算器求軌跡及地速。

解釋 III——b

- (1) 指標 B 表風速 20 m.p.h.。
- (2) 臂棍 B 所指之方向為 300° 表示風吹來之方向。
- (3) 指標 A 表空速 20 m.p.h.。
- (4) 將矢頭指 110° 方向代表軌跡。
- (5) 將臂棍 A 轉動，直至兩指標間之虛線與矢頭直徑平行，臂棍 A 所指示之方向為航向 128° 。
- (6) 地速則約為 87 m.p.h.

航
行
學



*Solution of Problem Paragraph 23
Finding the Wind*

Fig. 16.

第十六圖 Solution of problem paragraph 23 finding the wind

Fig. 16. 用航向航程計算器求風向風速之圖解

習題

- (1) 航向航程計算器之基本原理爲何？
- (2) 伸說航向航程計算器之構造及應用方法。
- (3) 計算器之二臂棍有何作用？
- (4) 計算器之二指標有何作用？
- (5) 計算器之大圓面緣邊爲何刻劃度數？
- (6) 計算器可以解算航空學中之何種問題？
- (7) 在空中飛行時用計算器解釋航空學三角問題有何便宜？
- (8) 有某飛航員取 84° 航向飛行，空速爲 80 m.p.h. ，軌跡爲 71° 。地速爲 85 m.p.h. 。用計算器求風速風向。
- (9) 某機預定之軌跡爲 75° ，風速爲 25 m.p.h. 。風自 140° 方向吹來，空速爲 80 m.p.h. 。用計算器求航向。
- (10) 某機之航向爲 300° ，空速爲 50 Knots 。地速爲 70 Knots ，軌跡爲 260° ，求風向風速。
- (11) 某機之空速爲 70 Knots ，軌跡爲 270° 。風自 $N. 15^\circ$ 方向吹來，在飛行高度之風速爲 30 Knots ，求航向及地速。

第七章 空中攔截法 INTERCEPTION PROBLEM.

第一節 空中攔截法之原理

(a) 空中攔截法可分二種：

(1) 空中兩機相見之攔截法。

(2) 遠方敵機之攔截法。

(b) 空中攔截法者，即於最短時間求得正確航向以加入友軍航空隊，或以攔截敵機敵軍航空隊，敵軍艦，及火車等。攔截敵機之目的，即於最短時間與敵機逐漸接近，終至相聚於一點。欲得良好之效果，則兩機相互之方向必當保持久遠而不變。敵機行動之方向及兩機相互之方向為已知數，所攔截之敵機若速度不變，則可沿直線而追及之。

如第十七圖所示，敵機在 E 點，航向為 N_0O 。而該機之空速為 80 E P. H. 。我機從 H 點起機欲攔截之，我機之空速為 100 M. P. H. ，HE 之距離為 100 哩 。

(1) 對西向或 270° 畫一直線代表敵機之航向。

(2) 取 EV 距離代表敵機 E 之空速每小時八十哩。

(3) 畫 HE 線表敵我兩機相隔之距離為一百哩。

(4) 畫 VO 線與 HE 成平行。

- (5) 從 H 點畫 \overline{HO} 線與 $\overline{R'L}$ 線成平行。
- (6) 以 H 點為中心，用空速 \overline{HO} 為半徑，畫一圓弧，切割 \overline{HO} 線於 R 點。
- (7) 畫 $\overline{R'H}$ 綫并延長於 P 點。
- (8) \overline{HR} 為我機所應取之航向， \overline{RO} 代表接近敵機每小時哩數。
- (9) \overline{OR} 為攔截所需之時間。兩機相互之方向保持不變，此為最短之時間以攔截敵機也。故兩機相遇之點 P 所需之時間即為 \overline{OR} ，上題假設無風時計算若不能保持相互之方向，兩機勢必能相遇於一點也。

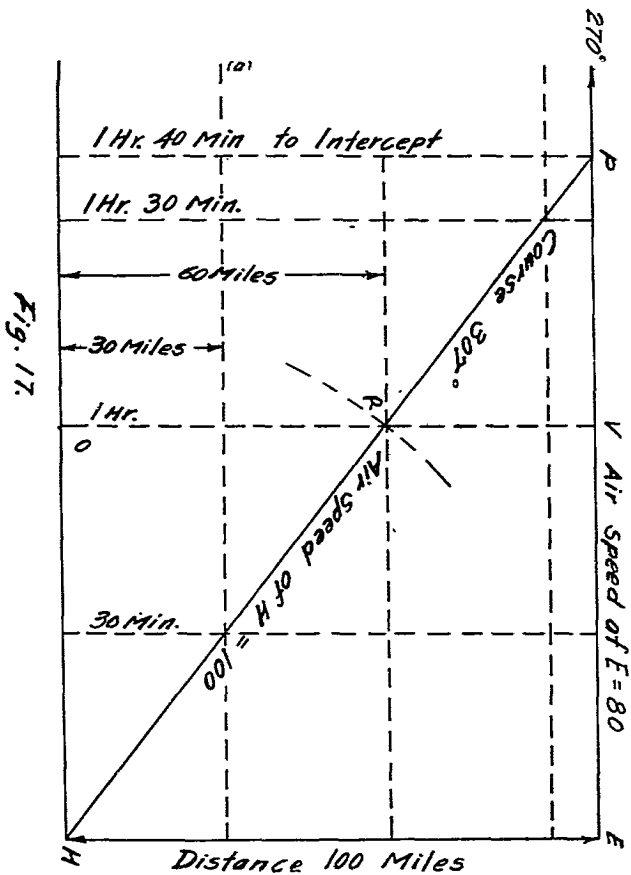


Fig. 17. 第十七圖

Distance	.. =	距離
Air speed	=	空速
Course	. =	航向
Time To Intercept	... =	攔截時間

第二節 空中兩機相見之攔截法

(a) 有某飛航員在 A 點（見第十八圖）見友軍航空隊於 B 點，B 點之方向為 N 或 0° ，於 B 點之航空隊向正東 90° 度航向飛行，A 點之飛機空速較 B 點航空隊空速大，求兩機相遇之最短時間。

(1) A 機先取 $a-1$ 方向飛行，空速為 120 m.p.h. ，飛行六分鐘。

(2) A 機飛至 $a-1$ 處則發覺對 B 之羅向已變換為 337° 。故方向相同而不變更，總可追到 B 機。

(3) A 機逐漸接近 B 機於 $b-1$ 處對所取之羅向則為 0° ，表示 A 機太接近 B 機，於是 A 機機首稍向外偏。

(4) A 機則將機首稍向外偏，飛至 $b-1$ 處，發現兩機相互方向為零度，維持相互方向不變，則可攔截 B 機。

(5) 於 $c-1$ 處 A 機與 B 機相互之方向仍為零度，則 A 機之航向為攔截所應取之航向也。

(6) 兩機相遇之點為 P 點，所需之時間為三十分鐘。B 機飛 30 哩 ，A 機飛 60 哩 。

(b) 攔截敵機，有時不知敵機之航向及空速，而敵機之航向時時變換，故按照第十八圖以求兩機相互之方向而不變攔截敵機，仍為有效。

有時發現敵機經過某地以推測敵機之軌跡及地速，若敵機種類已知，則可推測敵機每小時之空速。

第三節 遠方敵機之攔截法

此種攔截法因情況不同可分二種：

- (1) 兩機所受之風力均是相等，或在無風之時。
- (2) 兩機之某一機受風力之影響，而他機不受風力之牽制。

例題一

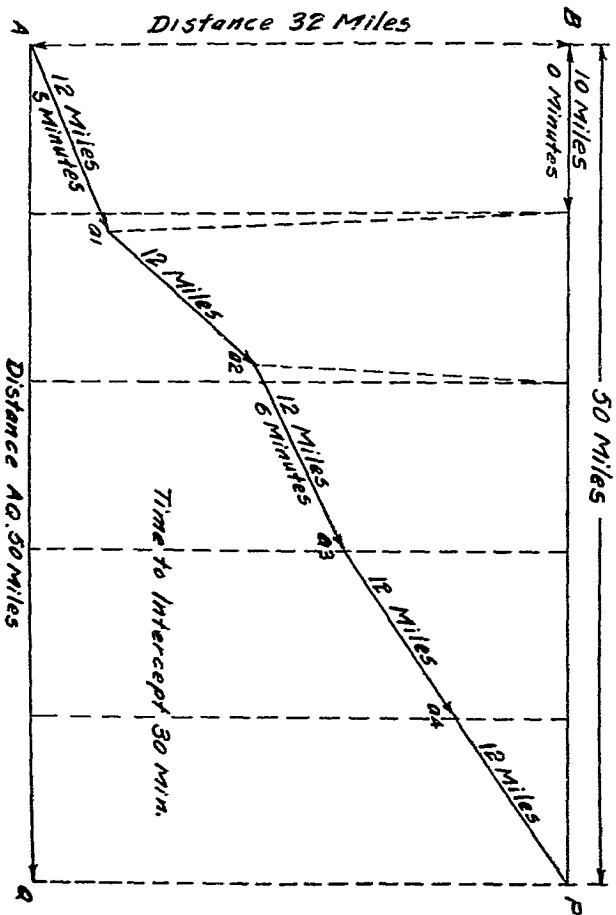


Fig. 18.

Fig. 18. 第十八圖

Time to intercept

= 攔截時間

Distance

= 距離

由 A 機望見 B 機之方向爲 25° ，兩機相隔之距離爲 110 哩，B 機所飛之航向爲 270° ，A 機空速爲 100 哩每小時，B 機空速爲 90 哩每小時，求 A 機應取之航向。

假設 A B 二機均在無風時飛行，所受風力均是相等。

解釋一（見第十九圖）

從 A 點畫 AB 線方向爲 25° ，距離爲 110 哩。B 點表敵機。

(1) 畫一線代表 B 機航向 270° 。

(2) 想像風自 270° 方向吹來，風速爲 90 哩，而 B 點之敵機則不前進，靜止於 B 點。

(3) AB 爲 A 機攔截 B 機所應取之航向。

(4) A 機所應取之航向，則假設該時情況風自二百七十度方向吹來風速爲九十哩每小時有如 B 機。

(5) 從 A 點畫 AC 線等於 B 機之空速 90 m.p.h.，并與 BD 線成平行。BD 線等於敵機之空速。畫 CD 線。

(6) 以 A 點爲中心，用空速 100 m.p.h. 爲半徑，畫一圓弧，切割 CD 線於 R 點。

(7) 畫一直線經過 R 點，切割 B 機航向於 P 點，則成 AP 線。

(8) 攔截敵機所應取之航向爲 331° ，兩機相遇於 P 點。此爲無風時而論。設風自二百七十度方向吹來，風速每小時爲九十哩，則二機相遇之點爲 B。AP 之距離爲 113

三，攔截所需之時間爲一小時另七分。

附註：實際情形。除攔截所需時間外仍須計算A機昇至B機同等高度所需之時間。解算空中攔截題目常將敵機速度高度增加，以便攔截時我機取優勢攻擊地位。

例題II

機在A點欲於最短時間加入友軍航空隊，A機空速爲180 m. p. h.，當A機離地時，B機已在B點矣，B機所取之航向爲 280° 。B點距A點有100哩，由A點至B點之方向爲 350° ，B機之空速爲110 m. p. h.，求A機應取之航向及所需之時間。

解釋II見第二十圖，A點爲A機位置，B點表友軍航空隊之位置。

- (1) 畫AB線表一百哩，方向爲 350° 。
- (2) 畫AB線與B機航向成平行，等於一小時所飛之距離。
- (3) 從B點至D畫一線成BD線，等於B機之空速110 m. p. h.，航向爲 280° ，畫CD線與AB線成平行。
- (4) 以A點爲中心，以A機空速180 m. p. h.爲半徑，切割CD線於R。
- (5) AR之方向爲 297° ，即A機於最短時間加入友機所應取之航向。
- (6) CR線表飛機每小時接近之哩數40 m. p. h.
- (7) 攔截所應取之航向爲 297° ，A機之航程爲325哩。B機之航程爲275哩。攔截所

需之時間爲 2 hr. 30 min.

此例題假設 A B 機所受之風力均等，故解算航程及時間皆不計算風向風速也。

例題 III

據報告在 B 點發現敵軍艦隊，由 A 點（我軍）至 B 點方向爲 20° ，其距離爲 30 哩 ，B 點敵軍艦隊之航向爲 135° ，速度每小時 25 哩 ，風自正東方向吹來，風速每小時 20 哩 。我軍則用硬式氣艇攔截之，氣艇每小時速度爲 80 哩 ，求氣艇應取之航向及攔截所需之時間。此題中氣艇則受風之影響，而艦隊則不受風之影響。（見第二十一圖）

解釋 III

- (1) 從 A 點畫 AB 線爲 20° ，等於 50 哩 之距離。
- (2) 從 B 點畫 BC 線爲 135° ，即敵艦隊所取之航向。
- (3) 從 A 點畫 AC 線爲 135° ，等於 25 哩 ，即敵艦每小時之速度，并與敵艦所駛之航向成平行。
- (4) 從 A 點畫 AW 線爲 270° 等於風速。
- (5) 畫 XY 線與 AB 線成平行。
- (6) W 點爲中心，以空速或氣艇每小時所飛行之距離爲半徑，切割 XY 線於 R 點。
- (7) 畫 WR 線。

(8) 畫 AP 線切割 BC 線於 P 點。

(9) WR 線表氣艇之航向，空速及航程 AE 線表軌跡地速。

(10) AF 線爲氣艇之軌跡，攔截地點爲 P 點。

例題 IV

我軍巡洋艦報告有敵硬式氣艇一艘，向我沿海岸接近。我軍在 A 點有飛機一隊準備出發攔截敵艇，敵艇之目的地由我方推測之。

此題有四種不同方法解算之：

(1) 設在無風時，氣艇之空速及航向可以推測而得之。

(2) 設氣艇之航向及空速爲已知數，而風同時影響於敵艇及我飛機隊（但地速及軌跡未知）

附註：在以上兩種假設情況中，空中攔截所應取之航向及所需之時間，均爲相同，雖然攔截地點及軌跡不同。

(3) 計算我飛機隊及敵艇所受風力之影響，以決定敵艇之軌跡地速及目的地。（敵我所受風力均相等）

(4) 風祇影響我飛機之航向時，推測敵艇軌跡航向地速及目的地。

附註：在第三第四之假設情況中，所求得之結果均是相同，敵艇之軌跡及地速與風

無關；此時祇計算飛機隊受風之影響。

此例題可用四種不同方法解算之，如第22 23 24 25圖是也。

例題Ⅳ——a

我軍飛機隊在A點起機時，敵艇之位置在E點，該艇之航向為 260° ，空速為 80 m.p.h. ，我機之空速為 120 m.p.h. ，A E之方位為 335° ，A E之距離為 100 哩 。求我機攔截敵艇所應取之航向及所需之時間。

解釋Ⅳ——a

風力不計算在內，假設雙方均為無風時駛駕。見第二十二圖。

- (1) 畫A E線距離等於 100 哩 。
- (2) 畫E X線表敵艇之航向 260° ，畫E D線表該艇之空速 80 m.p.h. 。
- (3) 畫A C線與敵艇航向成平行，即敵艇每小時之空速。再畫C D線。
- (4) A點為中心，以飛機每小時之空速為半徑 120 哩 ，切割C D線於R點。
- (5) 從A點畫一直線A P，通過R點而與敵艇航向相交於P點，P點即為攔截點。
- (6) A R線表我機所應取之航向，於最短時間以攔截敵艇。
- (7) A P之距離計量之則為 168 哩 。
- (8) 攔截所需之最短時間為 $168/120 = 1.4\text{ 小時}$

(9) EP之距離計量之則爲112哩。

(10) 敵艇達到P點所需之時間爲 $\frac{119}{80} = 1.475$ 小時

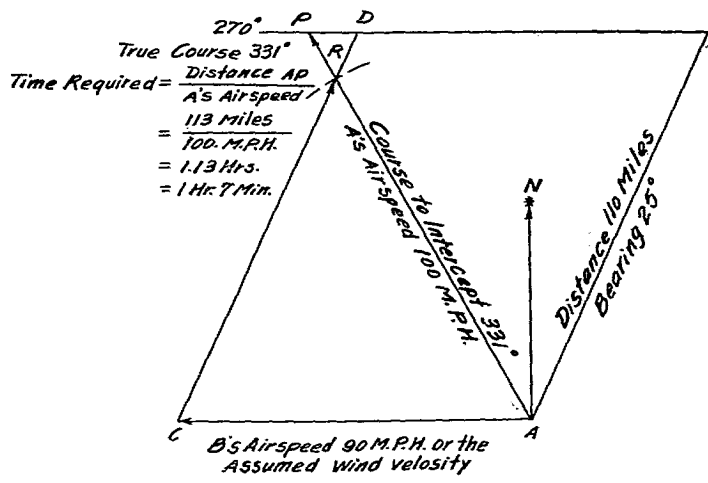


Fig. 19.

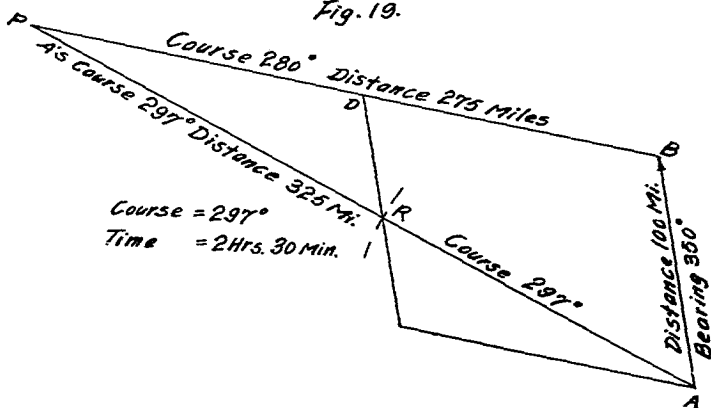


Fig. 20.

Fig. 19. 第十九圖

True Course	=	真向
Time Required	=	需要之時間
Course to intercept	=	攔截所取之航向
B S	=	空速或假設為風速
Bearing	=	方向

Fig. 20. 第二十圖

Course	=	航向
Time	=	時間

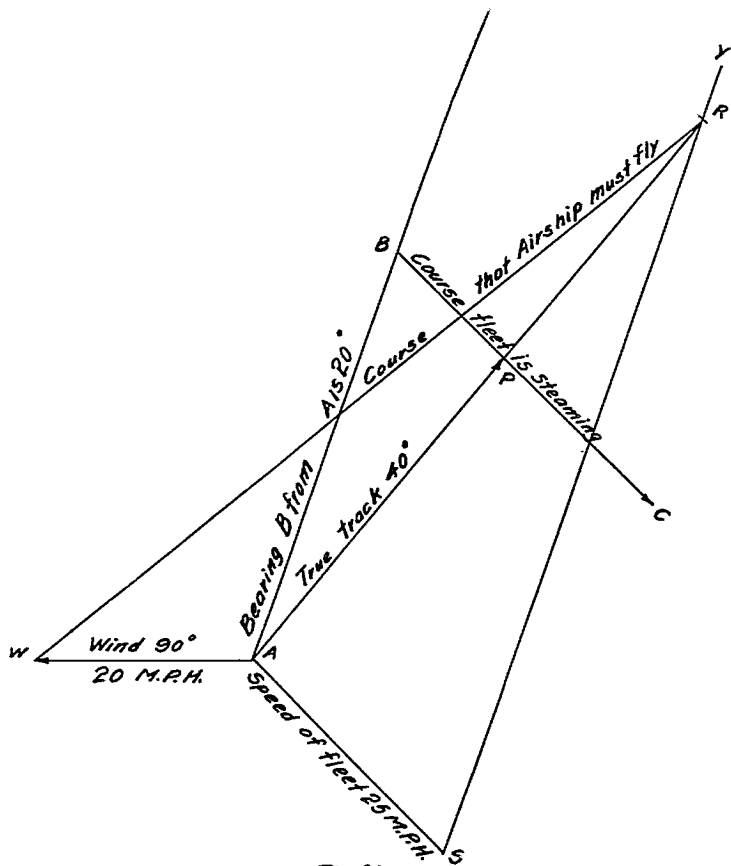


Fig. 21.

Fig. 21. 第二十一圖

Course that airship must fly	=	氣艇所取之航向
Course fleet is steaming	=	軍艦所駕駛之航向
Speed of fleet	=	軍艦之速度
True track	=	真軌跡

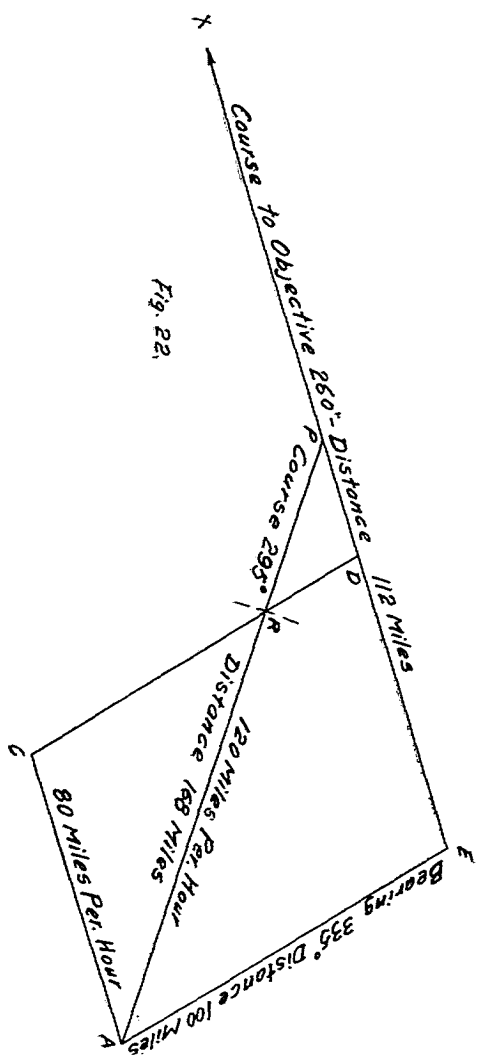


Fig. 22.

Fig. 22. 第二十二圖

Bearing	=	方向
Distance	=	航程
Course to objective	=	抵達目的之航向

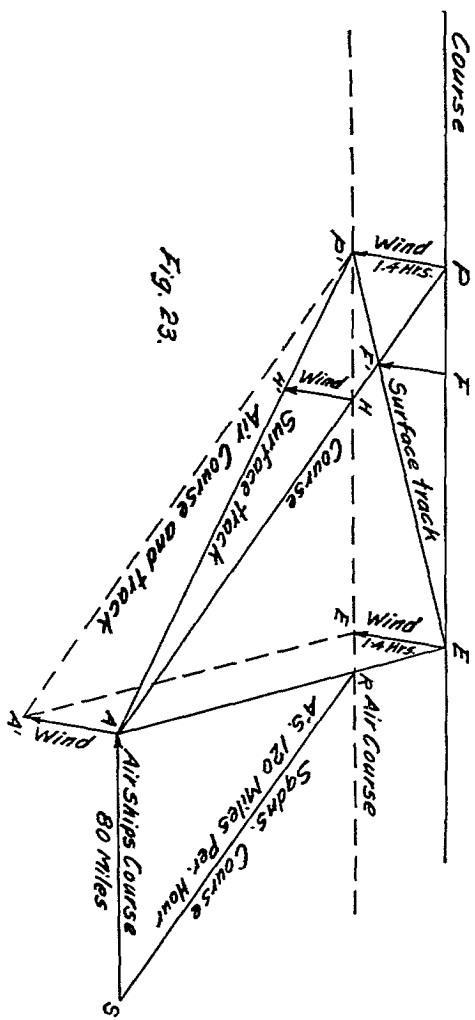


Fig. 23.

Fig. 23. 第二十三圖

Course	=	航向
Surface track	=	地面軌跡
Air course	=	空中航線
Squadron course	=	飛機隊所取之航線
Airship course	=	氣艇所取之航線
Wind	=	風向

例題 IV—b

此題與上題相同，祇多風力一項，假設風由北向吹來，風速每小時為 8 哩，敵艇及我機所受之風力均相等。見第二十二圖。

- (1) 畫 EF 線表敵艇于無風時之航向，該時航向軌跡相同。
- (2) 畫 EP 線表敵艇經過地面之軌跡，AP 線表我機經過地面之軌跡。
- (3) AH 線表飛機之每小時空速 120 哩，AH' 線表我機經過地面之每小時距離 113 哩。
- (4) EF 線表敵艇之每小時空速 80 哩，EP' 線表該艇經過地面每小時距離 87 哩。
- (5) EP' 之距離測得為 125 哩。
- (6) AP' 之距離測得為 162 哩。
- (7) 我機之地速為 113 m. p. h.，敵艇之地速為 87 m. p. h.
- (8) 攔截所需之時間為 $158/113 \approx 1.4$ 小時。
- (9) 敵艇達到 P 點所需之時間為 $119/87 \approx 1.4$ 小時。

雖然軌跡及攔截點與上題不同，而所應取之航向，時間，均與上題完全相同。

例題 IV—c

我軍巡洋艦于 O 點報告敵艇襲擊海岸，襲擊目的物為 Washington 我軍飛機隊于 A 點待命出發，于三十分鐘後敵艇發現于 M 點。在地圖上 O 至 M 畫一直線，風自正北方向吹來，風速

每小時 20 m. p. h. 由 O M 線推測敵艇之地速為 80 m. p. h. 軌跡為 260°。

敵艇在未達到目的之前，我飛機隊奉令出發攔截之，預備十五分鐘作為我機昇高所需之時間，我機從 A 點離地後，而敵艇已抵達 E 點。我機空速為 120 m. p. h.，圖上測得由 A 至 E 之距離為 100 哩，其方向為 335°，從 A 點計算之。

解釋 IV——見第二十四圖

- (1) 畫 A E 線，再畫 O M E N 線表氣艇之軌跡，航向為 20°。
- (2) E 點為中心，以氣艇之地速為半徑，切割軌跡于 B 點。
- (3) 從 E 點畫 E W 線表風向 0°。風速 20 m. p. h.
- (4) 畫 B W 線表氣艇之航向及空速。
- (5) 畫 E V 線并引長至相當長度。
- (6) 畫 E D 線等于氣艇之地速。
- (7) 從 A 點畫 A O 線與氣艇軌跡 B W 成平行，並等於地速 80 m. p. h.，再畫 O D 線。
- (8) 從 A 點畫 A W 線表風向風速。
- (9) W 點為中心，以飛機空速為半徑，切割 O D 線於 R 點，畫 W P 線。
- (10) 從 A 點畫一線與 W P 成平行，並將此線引長以與氣艇航向相交於 P 點。
- (11) A P 線表飛機隊攔截氣艇應取之航向。

- (12) 從 A 點畫一直線通過 R 點，切割氣艇軌跡於 P 點，故 ΔERP 線表飛機隊之軌跡。
- (13) 從 P 點畫一直線切割氣艇軌跡於 P 點，即表風吹之方向。
- (14) ΔP 線爲飛機隊之航向 300° ， ΔP 線爲飛機隊之軌跡 310° 。攔截氣艇於 P 點。
- (15) EP 線表氣艇之航向 274° ， EP 線表氣艇之軌跡 280° 。
- (16) EP 線之距離爲 134 哩。
- (17) 所需之時間爲 $134/80 = 1.67$ 小時
- (18) ΔP 之距離爲 187 哩。
- (19) 飛機隊攔截所需之時間爲 $187/112 = 1.67$ 小時
- (20) 氣艇之地速爲 80 m.p.h.，飛機之地速爲 112 m.p.h.

航
行
學

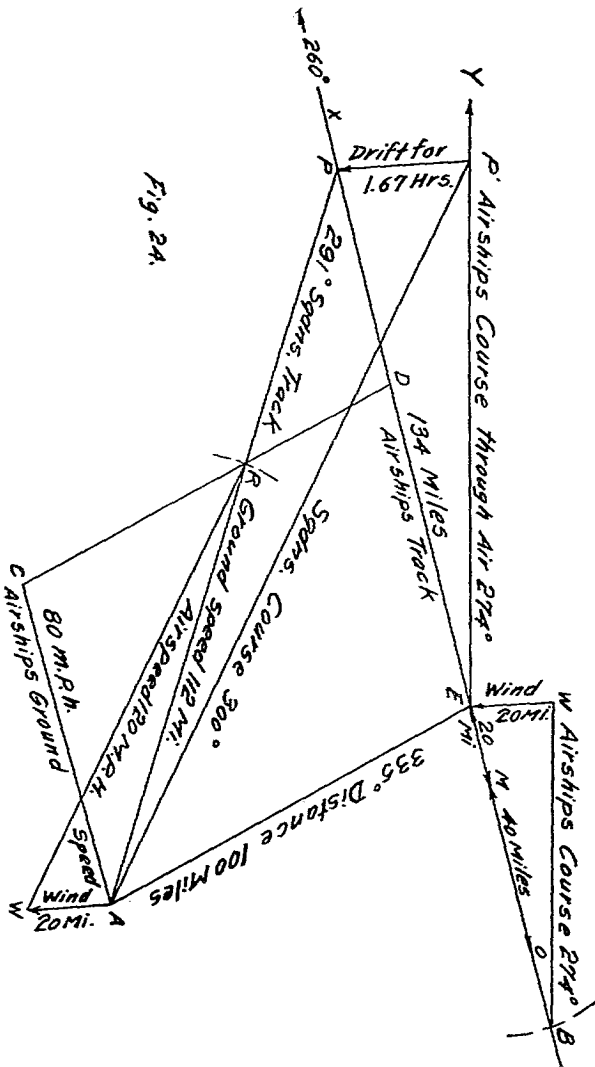


Fig. 24.

航
行
學

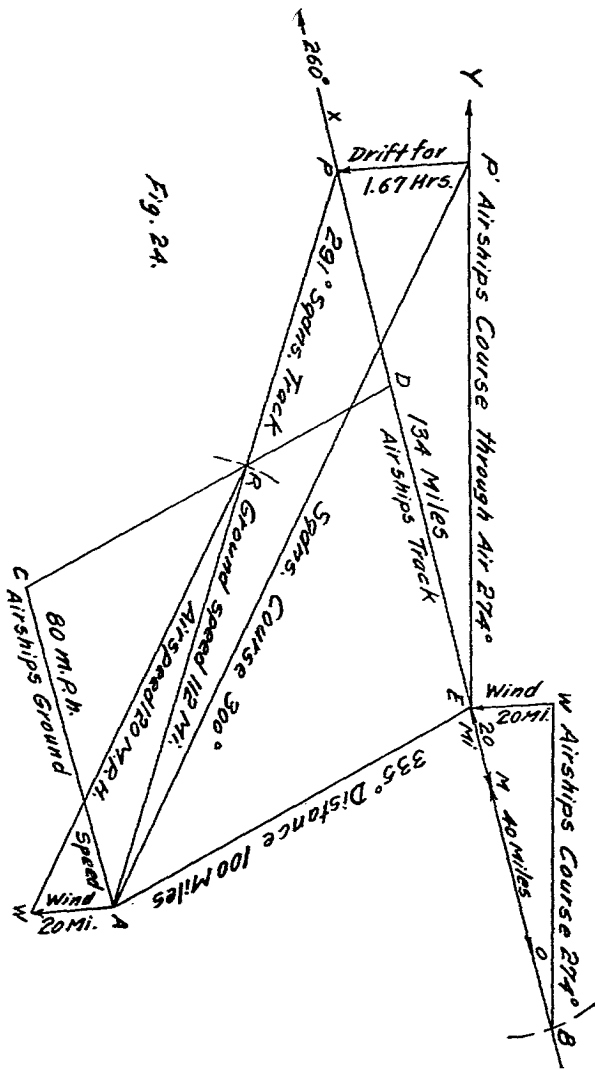


Fig. 24.

Fig. 24. 第二十四圖

Airship course	=	氣艇所取之航向
Airship course through air	=	氣艇經過空中之航向
Drift	=	偏航
Airship track	=	氣艇之軌跡
Squadron course	=	飛機隊之所取之航向
Squadron track	=	飛機隊之軌跡
Ground speed	=	地速
Airspeed	=	空速
Airship ground speed	=	氣艇之地速

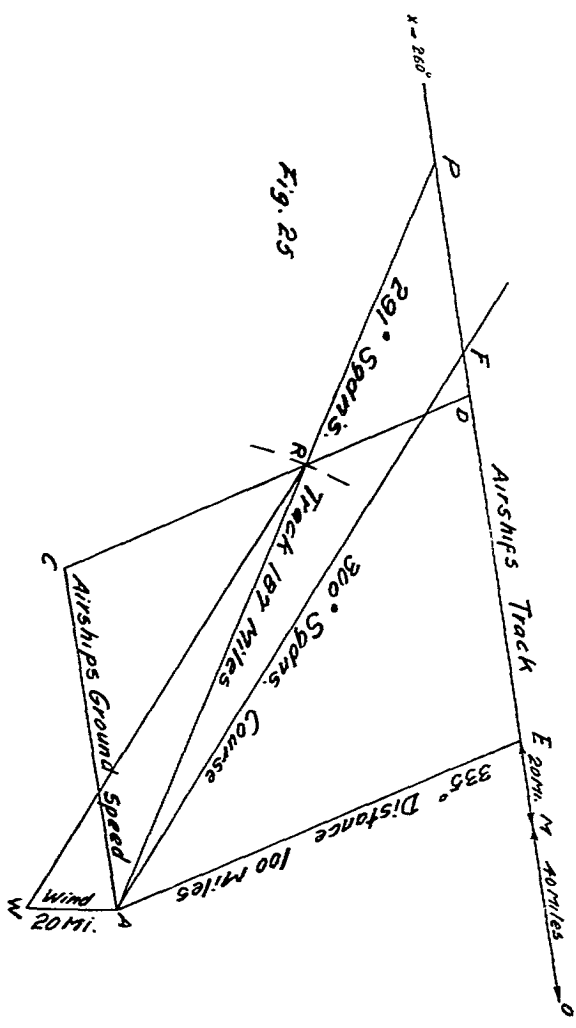


Fig. 25

Fig. 35. 第二十五圖

Airship track	=	氣艇之軌跡
Squadron track	=	飛機隊之軌跡
Airship ground speed	=	氣艇之地速
Distance	=	航距

例題IV——d 見第二十五圖

設OM表氣艇之軌跡280°及地速80 m.p.h.，此題氣艇所受之風力可以不必計算，祇計算飛機和風力之關係，但所得之結果仍與上題IV—c相同。

解釋IV——d 見第二十五圖

- (1) 畫OM線280°並引長至E點。
- (2) 畫AE線表335°之方向，為100哩。
- (3) 畫AO線等於氣艇之地速並與氣艇軌跡成平行。
- (4) 畫OD線與AE線成平行。
- (5) 從A點畫AW線表風向180°風速20 m.p.h.
- (6) W點為中心，以飛機空速為半徑，切割OD線于R。
- (7) RW線表飛機航向300°及空速。
- (8) AR線表飛機軌跡291°及地速。
- (9) 畫AF線與RW線成平行。
- (10) 畫ARP線，AP線為真軌跡及地速，AF線為駕駛應取之航向。
- (11) EP之距離為134哩。
- (12) 所需之時間 $134/80 = 1.67$ 哩。

(13) A.P.N.距離為187哩。

(14) 攔截所需之時間為 $187/112 = 1.67$ ，此題與上題所得結果均相同。

習 題

- (1) 解算空中攔截之原理為何？
 - (2) 計算空中攔截問題時，需何種因數 Factors？
 - (3) 在何種情況，空中攔截永遠不能成立。
 - (4) 敵機之正確航向及空速不易推測，其故何在？
 - (5) 設敵機航向及空速不十分明瞭，應如何攔截敵機？
 - (6) 據報告有敵飛機一隊在 $N. 30^{\circ} E.$ 方向，相距有 120 哩。向正西方向飛航，空速為 100 哩／每小時，我飛機隊之空速為 120 哩／每小時。風從正北方向吹來，風速為 30 哩／每小時。
 - (7) (a) 求我機攔截敵機應取之航向及所需之時間。
 (b) 設我機祇有三小時之油量，問攔截敵機後油量是否能夠飛回原來地點？
- 據情報有敵機一隊在正西方向，距離為 20 哩，敵機所取之航向為 350° ，空速為 90 m.p.h.，我機之空速為 120 m.p.h.，油量為四小時，風從 $N. W.$ 方向吹來，風速為 20 m.p.h.，求攔截所應取之航向及所需之時間。

(8) 據情報於某日上午六時，發現敵軍氣艇一艘經過 A 點，於 6:20 A.M. 該艇在 B 點，距 A 點有 20 海里，A 點至 B 點之方向為 N. E.，而 B 點距我軍飛機隊根據地為 75 海里，並成 N. W. 方向，我軍飛機之空速為 80 海里。

(a) 求我機在靜空氣中所應取攔截敵機之航向及所需之時間。

(b) 設風從正北方向吹來，風速為 15 海里，此時情況應如何？

航
行
學

第八章 限程及活動半徑「偵察範圍」 RANGES RADIUS OF ACTION.

第一節 活動半徑之基本原則

(a) 活動半徑對於空中巡航，飛赴敵區域或海面偵察，甚有密切關係。故飛航員或航行員須確實明瞭活動半徑之基本原則，并有推算偵察範圍之限程能力。

(b) 活動半徑乃依下列五種因素而定之。

(1) 航空器攜載之油量。

(2) 航空器發動機最經濟轉速之空速。

(3) 航行時發動機所耗之汽油及滑油量。

(4) 擔任工作時之飛行高度。

(5) 風力。

(c) (1) 每種航空器所耗之汽油量乃有一定，發動機因裝法各別，則所耗汽油量亦有差異。故每架飛機首先注意者，即在各種不同轉速時 $r.p.m.$ 所耗之滑油及汽油量須有計錄。并註明在某種轉速時所耗之汽油及滑油量，并求得該時之空速。

(2) 此種計錄未能直接求得之。但可間接從每小時實際馬力所耗之油量與某轉速時發之馬力，以求某種速度之耗油量。

(3) 航空器所耗之油量多寡與飛行高度有密切關係。各種高度飛行所耗之油量須有相當記錄。計算偵察範圍各種問題時尤須注意此點。

(d) 偵察範圍之航行問題，可分作三類計算之。

(1) 活動限程 Range of Action

(2) 飛回原地之活動半徑。

(3) 飛回另一地點之活動半徑。

第二節 活動限程

(a) 活動限程者即航空器所能飛及之航程也。航程分爲二種：

(1) 空中航程 THE AIR DISTANCE.

(2) 地面航程 THE SURFACE DISTANCE.

(b) 空中航程之遠近，乃依航空器攜載之汽油量，所耗之汽油量及空速而定之。空中航程即等於空速與耐航時間相乘之積，或爲規定速度高度之常數。

(c) 地面航程者即爲空中航程與風速之合力也。

(d) 耐航時間者爲航空器攜載之總汽油量被每小時所耗之汽油量所除得之數。

(e) 例題 I——a

有某航空器攜載之總汽油量爲 500 加侖，平均巡航速度爲 110 哩每小時，轉速爲 1600 R.

P.M., 由發動機說明書上則知于每小時實際馬力所耗汽油量為 0.5 磅，滑油耗油量為 0.2 磅
 Per. b. h. p. hr., 發動機在 1600 R. P. M. 轉速時產生 200 匹馬力。求航空器之限程(哩)及
 預備滑油量。

解釋 I——a

在靜空氣中求限程之法則如下：

(1) 每小時所耗之汽油量爲：

$$O = \text{每小時耗油量} = \text{bhp} \times \text{耗油量 Per bhp}$$

$$= \text{lbs. (磅) Per hr.} = 200 \times 0.5 = 100 \text{ lbs. 磅每小時}$$

$$= \frac{100}{6} = 16.66 \text{ 加侖每小時}$$

汽油每加侖之重量約等于 6 磅

(2) 耐航時間爲：

H = 耐航總時間

$$= \frac{F.O.O.}{16.66} = 30 \text{ 小時}$$

(3) 靜空氣中之限程爲：

D = 限程或總距離

$$= 30 \times 110 = 3300 \text{ 哩}$$

(4) 所需之預備滑油量

$$\text{滑油耗油量} = 200 \times 0.2 = 40 \text{ 磅每小時}$$

$$\therefore \text{所需之預備滑油量} = 30 \times 120 = 3600 \text{ 磅}$$

例題 I——b

設風速每小時 35 哩，風吹來之方向與航向成直角，其餘數目如例題 I——a 相同，求該機之空中航程及地面航程。

解釋 I——b

按此題之地速可用二法解算之，用圖解法或航程航向計算器解算之。再以地速乘耐航時間 FULL HOURS 即得限程。

$$(1) \text{耐航時間} = \frac{500}{16.66} = 30 \text{ 小時}$$

(2) 以圖解法(見第二十六圖)則得地速為 104 m.p.h.

(3) D = 限程 Range 或地面航程

$$D = H \times G.S.$$

$$\therefore D = 30 \times 104 = 3120 \text{ 哩 (地面航程)}$$

(f) 當飛機經過順旋風及逆旋風區域時，兩區域之風向風速完全相反，故計算航向及地速，需注意風向風速之變換。

第三節 飛回原地點之活動半徑

(a) 在靜空氣中活動半徑即等于限程之半數。空氣流動謂之風，大氣之情形時時變換，空氣靜止之時甚渺，計算活動半徑常常與風發生關係，於是計算問題較為複雜。

(b) 吾人驟然視之，風對飛回原地之活動半徑，不發生若何影響，以為航程之一方向速率因受風速而增加，他方向速率則因風速而減少之。按諸實際情形殊不為然。見第二十六圖，即使航向與風成九十角度時，飛機之地速亦必減少。由此觀之，即可證明風力足以減少飛機活動半徑之距離也。并以下列例題證明之。

(c) 例題 II 見第二十七圖

有某飛機之速度表速度為 125 哩/小時 ，耐航時間為四小時，飛機由 A 點起機，向正東飛至 B 點，B 點距 A 點有 250 哩 。

(1) 若為無風時，往返所耗時間為四小時。

(2) 飛機之耐航時間四小時，活動半徑為 250 哩 ，飛出至 B 為二小時，由 B 飛回仍為二小時。

(3) 設風從正西方向吹來，風速為每小時 20 哩 ，由 A 點至 B 點之地速則為 160 哩/小時 。

畢。所耗之時間則爲一小時四十分鐘。

(4) 飛回之地速則爲 100 哩每小時。由 B 點飛回 A 點所耗之時間則爲二小時三十分鐘。

(5) 於有風時往返所耗之總時間，則超過四小時(即 1 時 40 分 + 2 時 30 分 = 4 時 10 分)

(6) 在無風時耐航時間爲四小時，故可飛回原來地點。在有風時無論風向如何，則飛機必不能從 B 點飛回 A 點，因所耗時間超過四小時也。

(d) 活動半徑可以用數學公式求得之。

H = 耐航時間

S = 飛出之地速

S' = 飛回之地速

F = 保險率之百分數(預備油量)

R = 活動半徑

T = 飛出之時間

T' = 飛回之時間

引用上列之字母，以定下列之公式

$H = T + T'$

耐航時間則爲飛出時間加飛回時間。

$$\text{故 } T = \frac{R}{S} \text{ 及 } T' = \frac{R}{S'}$$

$$H = \frac{R}{S} + \frac{R}{S'}$$

$$H = \frac{RS' + RS}{S S'}$$

$$R \times S + R \times S' = H \times S \times S'$$

$$R(S + S') = H \times S \times S'$$

$$\therefore R = \frac{H \times S \times S'}{(S + S')}$$

$$= H \times \frac{S S'}{(S + S')}$$

(e) 保險率者爲求航行安全以備意外遭遇所需之油量也。通常計算皆以百分之二十五作爲保險率。當徧航過甚或逆風速率增加時，有25%之預備油量，航行甚屬安全。保險率之百分數以(下)表明之。故公式則爲..

$$R = H(1 - F) \frac{S \times S'}{S + S'}$$

(f) 活動半徑可以用繪圖法或數學公式解算之，計算飛出及飛回之地速用繪圖法或計算器

航 行 學

爲之較爲簡便迅速。

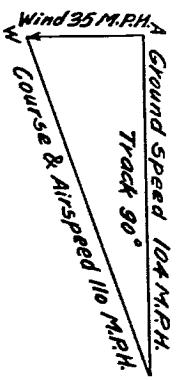
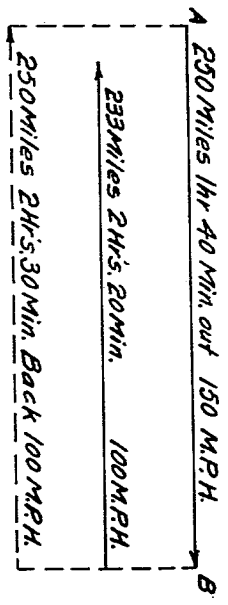


Fig. 26.



Wind Component for trip Out 41 Miles Plus
 Wind Component for trip back 62 Miles Minus

Fig. 27.

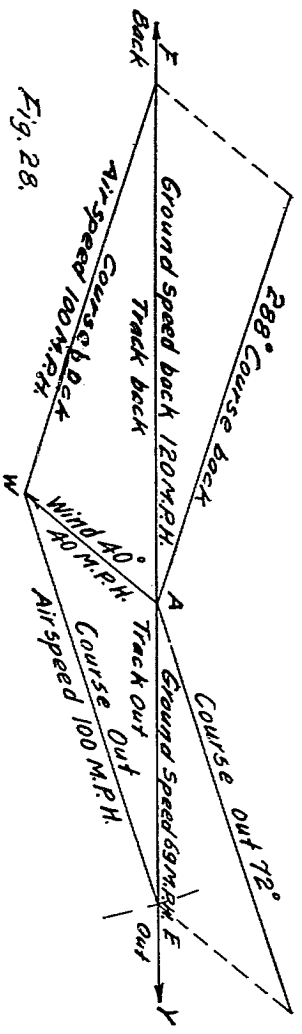


Fig. 28.

Fig. 26. 第二十六圖

Ground speed	=	地速
Track	=	軌跡
Wind	=	風向
Course and air speed	=	航向及空速

Fig. 27. 第二十七圖

Wind component for trip out	=	飛出風之分力
Wind component for trip back	=	飛回風之分力

Fig. 28. 第二十八圖

Course back	=	飛回航向
Ground speed back	=	飛回地速
Track back	=	飛回軌跡
Back	=	飛回
Course out	=	飛出航向
Track out	=	飛出軌跡
Out	=	飛出

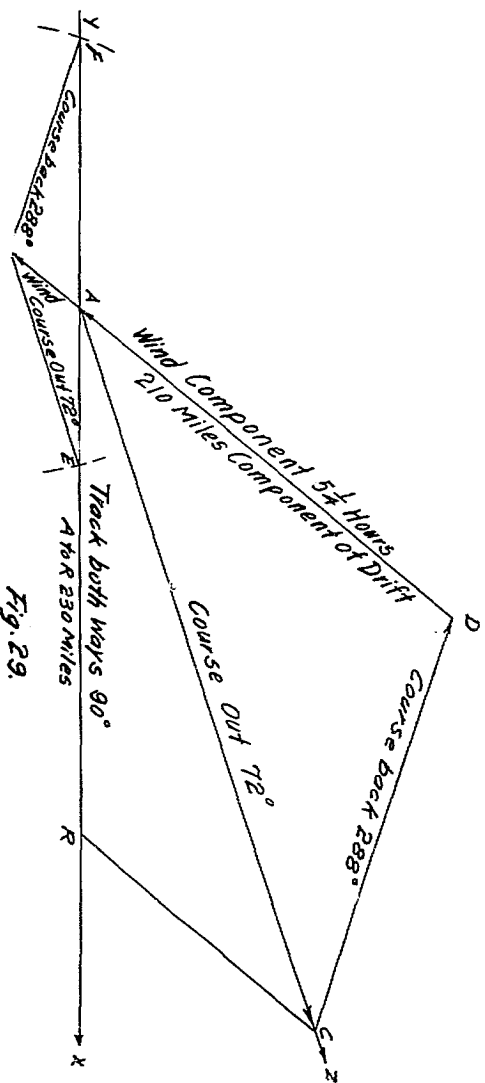


Fig. 29.

Fig. 29. 第二十九圖

Wind component	=	風之分力
Component of drift	=	偏航之分力
Course out	=	飛出航向
Course back	=	飛回航向
Track both ways	=	往返軌跡

例題三——a

飛機之航向爲正東，空速爲 100 哩與之垂，耐航時間爲七小時飛行，風自 30° 方向吹來，風速每小時爲 60 哩，油量保險率之百分數爲 25%，求活動半徑。

解釋三——a

用繪圖法(如第二十八圖)求出航向及飛出飛回之地速。

- (1) 畫 VAY 線至相當長度。
- (2) A 點表飛機之起機點或根據點。
- (3) AY 線表飛出之軌跡， AV 線表飛回根據點之軌跡。
- (4) 從 A 點畫 AW 線等於風速及風向。
- (5) W 爲中心，以空速 100 哩 $p.p.h.$ 爲半徑切割飛出及飛回之軌跡於 B 點 C 點。
- (6) WB 線表航向 72° ， AB 線表飛出之地速 ($S \parallel 60, m.p.h.$)
- (7) WC 線表航向 288° 即回至 A 點之航向， AC 線表飛回之地速 ($S' \parallel 120, m.p.h.$)
- (8) 引用公式以求活動半徑 R ，

$$R = H(I-F) \frac{S \times S'}{S+S'}$$

$$= 7(I-25) \frac{69 \times 120}{69+120}$$

＝230哩＝活動半徑

例題Ⅲ——b

前題可以完全用繪圖法解釋之，見第二十九圖。

解釋Ⅲ——b

耐航時間為七小時飛行，保險率之百分數為25%，故該機油量祇能飛 $7 \times (1 - .25) = 5.25$ 小時。

- (1) 從 A 點畫一直線 AX，方向為 50° 代表軌跡。將 AX 線引長至 Y 點。
- (2) 從 A 點畫 AW 線表風速 40 m.p.h. 及風向 220° 。
- (3) W 為中心，以空速 100 m.p.h. 為半徑，切割 AX 線於 E 點，切割 AV 線於 F 點。
- (4) 畫 WE 及 WF 線。
- (5) WE 線為 72° 表飛出之航向，AE 線表飛出之地速。
- (6) WF 線表飛回之航向，AF 線表飛回之地速。
- (7) 從 A 點畫 AX 線與 WE 線成平行，WE 線即飛出之航向 72° 。
- (8) 從 A 點畫 AD 線等於風之分力，而 $b.25$ 小時之偏航距離為 210 哩。
- (9) 從 D 點畫一直線與 WF 線成平行，切割 AX 線於 C 點，WF 線即飛回之航向 288° 。
- (10) 從 C 點畫一直線與 AW 220° 成平行，切割軌跡 AX 線於 R 點。

(11) A 線表活動半徑，計量之則得 330 哩。

(12) R 點曰掉頭時間，即航空器於 R 點掉頭飛回，油量足夠飛回原地點。繪圖所求得答案與數學公式求得答案比較之，是否相同。

例題 IV

有二發動機之航空器，每發動機每小時在巡航速度時所耗之汽油量為 100 磅，總載油量為 1000 磅。空速為每小時 100 哩，奉命飛赴 110° 方向（真向）担任工作，風從 135° 方向吹來，風速每小時為 30 哩，磁差為 10° 西，羅差為 3° 西，求活動半徑，飛出之羅向及飛回之羅向。

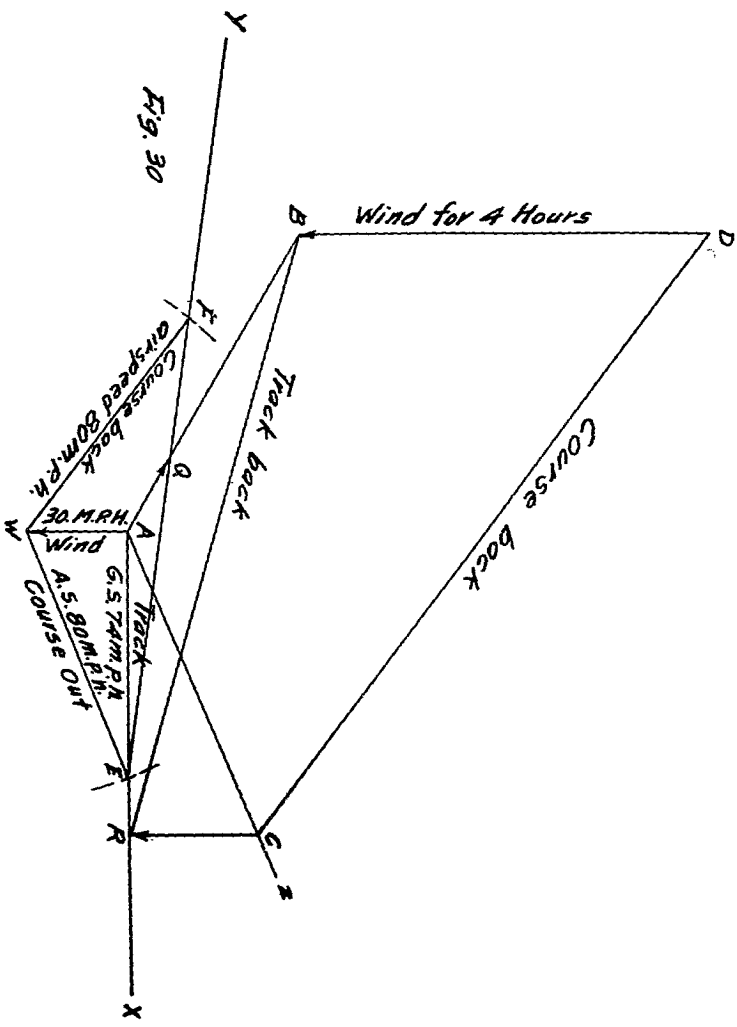


Fig. 30. 第三十圖

Course back	=	飛回航向
Track back	=	飛回軌跡
Wind	=	風向
Track	=	軌跡
Air speed	=	空速

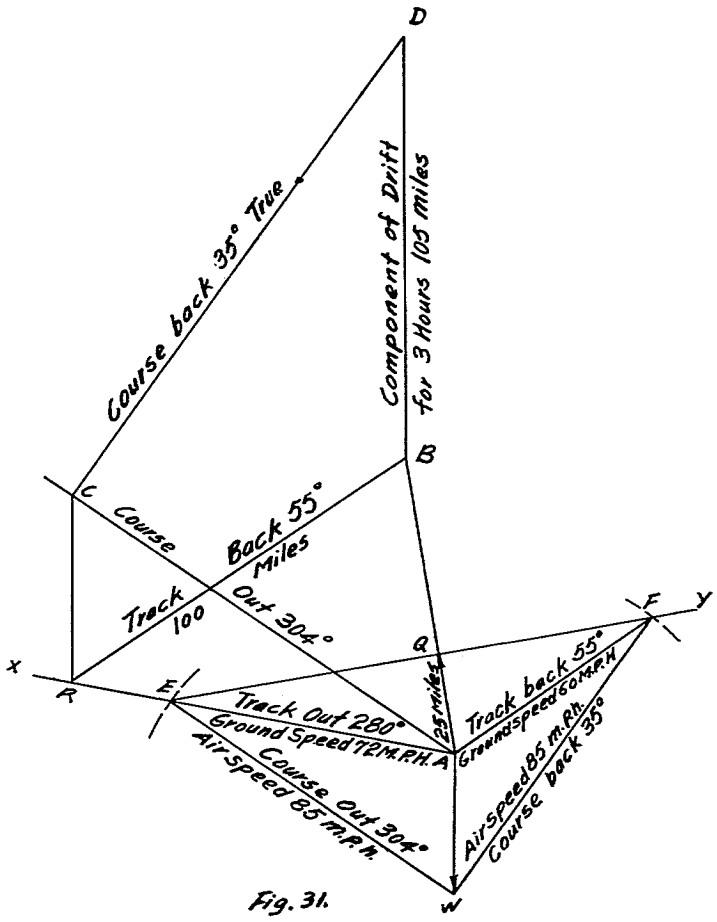


Fig. 31.

Fig. 31. 第三十一圖

Component of drift

= 偏航之分力

Course out

= 飛出航向

Track back

= 飛回軌跡

解釋 IV

此題可用航程航向計算器求得航向及地速，再用公式求活動半徑。

(1) 此機有三發動機，每小時所耗之汽油量共 300 磅。

(2) 汽油重量約六磅等於一加崙。故 $300/6 = 50$ 加崙每小時。

(3) 耐航時間則為 $1000/50 = 20 = H$

(4) 用計算器計算飛出之航向(真向)為 123° 。飛回之航向為 271° 。(真向)，糾正磁差及羅差則飛出之羅向為 118° ，飛回之羅向為 272° 。

(5) 飛出之地速為 79 m.p.h.，飛回之地速 117 m.p.h.

(6) 保險率為 50%，用公式求得活動半徑則為：

$$R = H(1-F) \frac{S \times S'}{S+S'}$$

$$= 20(1-.50) \frac{79 \times 117}{79+117}$$

$$= \frac{16 \times 79 \times 117}{79+117}$$

$$= 75.4 \text{哩}$$

$$\therefore \text{活動半徑} = 75.4 \text{哩}$$

∴ 飛出羅向 = 118°

∴ 飛回羅向 = 272°

第四節 掉頭時間(飛回原地)

當飛機經過海洋面或陸面時，其掉頭時間可以用公式求得之，掉頭時間較掉頭距離容易計算。若耐航時間，航向，飛出之地速，飛回之地速為已知數，則用公式可求得掉頭時間，掉頭時間以 t 表明之。

$$\text{掉頭時間} = t = \frac{H(I-F)S'}{S+S'}$$

例題 V

有某機奉命從 Galveston 出發飛赴海洋面偵察，航向為 010，偵察完畢仍飛回原地點，該機之空速為 90 m.p.h.，汽油足夠維持五小時飛行，汽油之保險率為 80%，風從正西方向吹來，風速為每小時 30 節。在飛行高度風速始終不變。

解釋 V

用計算器求得航向飛出及飛回之地速。

(1) 移動矢頭于 SE 方向即 135°

(2) 臂棍 A 表風向 270°，指標 A 表風速 30 m.p.h.

- (3) 指標 B 表空速 30 m.p.h., 轉動臂棍 B 直至指標 B 與指標 A 同在一直線上。
- (4) 臂棍 B 所指之方向爲飛出之航向 145°。
- (5) 兩指標間之距離表飛出之地速 (S) 109 m.p.h.。
- (6) 移動矢頭於 NW 方向 315°, 移臂棍 B 於風吹來之方向, 指示 B 表風速 30 m.p.h.。
- (7) 指示 A 表空速 90 m.p.h., 轉動臂棍 A 直使二指標同在一平行線上。
- (8) 臂棍 A 所指之方向爲飛回之航向 301°。
- (9) 兩指標間之距離表飛回之速率 (S) 66 m.p.h.。
- (10) 故掉頭時間爲：

$$t = \frac{11(1-r)S'}{S+S'}$$

$$= \frac{5(1-0.30)66}{109+66}$$

$$= \frac{3.5 \times 66}{109+66}$$

$$\therefore t = 1.32 \text{ 小時} = 1 \text{ 小時 } 19.2 \text{ 分}$$

第五節 飛至另一地點之活動半徑

(a) 計算法則有二, 茲述之如下:

(1) 計算航程，飛機飛至某點必須掉頭飛回至另一地點。

(2) 計算掉頭時間，即飛至某點必須掉頭飛回至另一地點。此二法雖所用單位不同，結果仍屬相同。

例題四 見第三十圖

有某機奉命擔任偵察，軌跡為 SO ，由 A 點起機任務完畢後則飛回至另一地點 B 點，由 A 至 B 之方向為 300° ，距離為 100 哩，風從正北方向吹來，在飛行高度時之風速為 30 m.p.h. ，耐航時間為五小時，預備油量為一小時。求軌跡 $\triangle OR$ 之航程，即飛機抵達 R 點後，掉頭飛回 B 點。

解釋 VI

A 點為飛機之起機點，B 點為飛機偵察完畢後飛回至另一地點。

- (1) 從根據地 A 畫一直線 AB 300° 。代表一百哩。
- (2) 從 A 點畫 AX 90° ，代表飛出之軌跡。
- (3) 從 A 點畫 AW 代表風向及風速 30 m.p.h.
- (4) W 點為中心，以空速 30 m.p.h. 為半徑，切割飛出之軌跡於 E 點。
- (5) 從 A 畫 AX 線與 WE 成平行。
- (6) 從 B 點畫 BD (0°) 等於四小時之風速，即 $4 \times 30 = 120$ 哩。

(7) 以耐航時間除 AB 線 $100/4$ ，畫 AQ 線等於所得之商。 $AQ \parallel 100/4 = 25$ 哩。

(8) 通常 O 點畫 EOY 線。

(9) W 爲中心，以空速爲半徑 80 m.p.h. 切割 EOY 線於 F 點。

(10) 從 D 點畫一直線與 WF 成平行，切割 AZ 線於 C 點。

(11) 從 G 點畫 CR 線與 AW 線成平行。

(12) AR 線爲飛出之跡軌， RB 線爲飛回之軌跡，即飛回至另一地點是也。 R 點爲飛機掉頭之處。

(13) AR 之航程爲 90 哩， RB 之航程爲 185 哩。

(b) 用下列法則所得之結果，對照上題是否錯誤。

(1) 航程 AR 等於飛出之地速，航程 RB 等於飛回之地速。

$$(2) \text{ 航程 } AR = 74 \text{ m.p.h.}, \quad \frac{AR}{AE} = \frac{90}{74} = 1.216 \text{ 小時。}$$

$$(3) \text{ 航程 } AR = 66.4 \text{ m.p.h.}, \quad \frac{RB}{AW} = \frac{185}{66.4} = 2.784 \text{ 小時。}$$

(4) 1.216 加 $2.784 = 4$ 小時，即爲由 A 點飛至 B 點加上由 R 點飛回 B 點之總耐航時間。

(c) 第十三圖之繪圖法，按諸理論可以用下列法則說明之。

(1) 設在靜空氣中飛行，飛機在四小時之航程為 320 哩。

(2) 靜空氣飛機在四小時之航程為 ACD ，即 $ACD = 320$ 哩，此為飛機經過空中之航線。

(3) 但在四小時之偏航，則為 DB ，飛機軌跡移至南向，實際而論（無風時）軌跡則為 ACD 。

(4) 飛機在空中經過航線為 AC ，實際該機在地面經過之軌跡為 AR 。

(5) 同樣情形，空中所取之航向為 CD ，而該機所經過地面軌跡則為 RB 。

(d) 例題 III

有某機奉命飛赴 280° 方向擔任工作，風從正北方吹來，風速每小時 35 哩，空速每小時 25 哩，耐航時間為三小時，預備油量之保險率已經除去。飛機飛回至另一地點 B 點， $\angle B$ 間之距離為 75 哩，方向為 350° ，求活動半徑，掉頭地點，飛出航向，飛回航向，飛出地速及由 B 飛回 A 點之地速。

解釋 IV 見第三十一圖

(1) A 點為起機點，畫 AB 線 350° 等於 75 哩。

(2) 從 A 點畫 AA' 線，方向為 280° 。

- (3) 從 A 點畫 AW 線代表風向，即吹向 150° 方向，風速 35 哩。
- (4) W 點為中心，以空速 85 m.p.h. 為半徑，切割軌跡於 E 點。
- (5) 以耐航時間除 AB 線，畫 AQ 線等於所得之商。

$$AQ = \frac{75}{3} = 25 \text{ 哩。}$$

- (6) 從 E 點畫 EQ 線。
- (7) W 點為中心，以空速 85 m.p.h. 為半徑畫一圓弧切割 EQ 線於 F 點。
- (8) 畫 AF 線。
- (9) 從 B 點畫 BD 線等於三小時之風速 (35 × 3) 即 105 哩風向為 0° 零度。
- (10) 通過 A 點畫 AZ 線與 WE 線成平行。
- (11) 從 D 點畫 DC 線切割 AX 線於 C 點，并與 WE 線成平行。
- (12) 從 C 點畫 CR 線與 BD 或 AW 成平行，切線軌跡 AX 於 R 點。畫 RB 線。AR 線代表飛出之軌跡，RB 代表飛回之軌跡。R 點為飛機之掉頭地點。
- (13) AC 表飛出之航向 304°，CD 表飛回之航向 32°，即飛回至 B 點之航向。
- (14) AF 航程為飛出之地速 72 m.p.h.，AR 航程為飛回之地速 60 m.p.h.。
- (15) R 點為飛機掉頭地點，航程 AR = 127 哩即活動半徑是也。

(e) 用下列法則求得結果，對照上題是否有錯誤。

(1) AR線為96哩。

(2) $96.72 \div 1.33$ 小時，即由A點飛至R點所需之時間。

(3) RB線為100哩。

(4) $100.60 \div 1.67$ 小時，即由R點飛回至B點之時間。

(e) 1.33 加 $1.67 \div 2$ 小時，即飛過ARB航程所需之時間。

習 題

(1) 解釋下列名詞：

(a) 活動限程

(b) 活動半徑

(2) 航空器之活動限程依何種因數而決定之？

(3) 計算活動限程，有何二種航程計算之？

(4) 空中限程之因素為何？

(5) 地面航程之因素為何？

(6) 耐航時間如何決定之？

(7) 汽油所耗之油量如何計算之？

(8) 活動半徑受風之影響，其限程抑為增加或減少？

(9) 設風向與往返之航向成九十度角度，風速恆定，問活動半徑可受風影響否？若受影響則結果應如何？

(10) 何謂汽油保險率之百分數，保險率有何用處？

(11) 求活動半徑，設有某飛機取 90° 真向飛行，空速為 100 哩/小時 ，耐航時間為四小時，風向為 90° ，風速為 20 哩/小時 ，磁差為 10° E ，羅差為 12° E ，保險率為 25% ，飛機仍飛回至原地點。

(a) 飛出之磁向及羅向為何？

(b) 飛回之磁向及羅向為何？

(c) 飛機於 $10:05 \text{ A. M.}$ 起機，求掉頭時間。

(d) 求從掉頭地點飛回原地點之航程。

(12) 有某機於 $1:00 \text{ P. M.}$ 由航空母艦起機向擬定之軌跡 90° 飛航，於 $3:00 \text{ P. M.}$ 飛回航空母艦，空速為 100 哩/小時 ，風向為 300° ，風速為 25 哩/小時 ，磁差為 5° E ，羅差為 14° E ，航空母艦向 300° 方向駛行，每小時有 20 哩 之速度。

(a) 求活動半徑。

(b) 求飛出之磁向及羅向。

- (c) 求掉頭時間。
- (d) 求飛回之羅向及磁向。
- (13) 有某機奉命飛赴 B 點方向擔任工作，A 點至 B 點為 110° 真向，相距為 60 哩，飛機抵達 B 點後取 30° 航向(真向)飛行，風向為 220° 真向，風速為 20 m.p.h. 磁差 10°E ，羅差 130°E ，耐航時間為八小時，飛機仍飛回原地點。
- (a) 飛至 B 點之航向(羅向)為何？
- (b) 由 B 點飛出之航向(羅向)為何？
- (c) 求掉頭時間。
- (d) 從掉頭地點飛回至 B 點之航向(羅向)為何？
- (e) 從 B 點飛回 A 點之航向為何？
- (14) 有某機奉命飛赴 B 點，參加偵察隊擔任工作，B 點之方位為 240° ，相距為六十哩，飛機之空速為 80 m.p.h. ，耐航時間為十二小時，B 點偵察隊取擬定之軌跡 330° 往返飛航，風向為九十度，風速為 15 m.p.h. 磁差 5°W ，磁差 5°W ，飛機仍飛回原地點。
- (a) 某機飛赴 B 點之航向(羅向)。
- (b) 求偵察隊飛出之航向(羅向)。(北向者)

- (c) 求偵察隊之掉頭時間(北向者)
- (d) 求偵察隊之掉頭時間(南向者)
- (e) 求偵察隊飛赴南方者之航向。
- (f) 由B點飛回A點之航向。

第二編 推測航行法

本篇敘述平面航行球面航行及推測位置之基本原則。所謂平面及球面航行之重要原則，即航海術中之七種推測航行法也。

第九章 平面航行及球面航行（即航海術之七種推測航行）

第一節 各種航行之名詞

(a) 以推測航行法求航空器之定位，於計算時有下列諸名詞：

(1) 方向或軌跡之方位以 α 表明之。

(2) 航程以 $Dis.$ 表明之。

(3) 橫距 Departure 以 Dep 表明之。

(4) 緯差 The Difference of Latitude 以 $D.La$ 表明之。

(5) 經差 The Difference of Longitude 以 $D.Lo$ 表明之。

(b) 解算任何問題而引用上列五種名詞者，在航海方面則稱曰：‘Sailings’，即推測航行之意，而在航空方面則稱曰：‘Flights’，亦即推測航行定位之意也。

(c) 航海術中推測航行共有七種，此七種推測航行亦適用於飛航，各種航行名稱則爲：

(1) 平面航行 Plane Sailing

- (2) 曲線航行 *Traverse Sailing*
- (3) 平行航行 *Parallel Sailing*
- (4) 中緯航行 *Middle Latitude Sailing*
- (5) 麥克托航行 *Mercator Sailing*
- (6) 大圓圈航行 *Great Circle Sailing*
- (7) 混合航行 *Composite Sailing*

第二節 各種航行之計算方法

(a) 於航空方面各種航行法可總括爲兩項：

- (1) 平面航行 *Plane Flying*
 - (2) 球面航行 *Spherical Flying*
- (b) 平面航行 平面航行包括軌跡角度橫距及緯差。

(1) 平面航行法中則假設地球表面爲平面。而飛航各種問題亦以平面計算之。

(2) 有時偵察之航程取數種不同之航向，此種航行稱曰曲線航行。

(c) 球面航行 經線弧上之一分等於緯度一哩。故緯度一分等於一海哩，橫距之一哩依經度之位置而異，但赤道至兩極之橫距亦依經度差異而不同也。航空器在某種特殊緯度時，橫距變換爲經度之法則，乃爲「哩與經度之分」之比率也。平面航行不計算經差，球面航行經差

乃爲一要素也。

(d) (1) 平行航行者。即航空器之軌跡爲正東或正西，則軌跡與赤道成平行。所飛過之航程或橫距須變換經度以計算之。

(2) 軌跡不與緯線平行，航程中之緯度，時時變換，用此法航行者則稱曰中緯航行。或麥克托航行。

(3) 凡遠距離飛行則用大圓圈航行，因球面兩點間之最短距離卽爲大圓弧。故大圓圈航行則航空器之軌跡必與球面之大圓圈相似。

(4) 修改大圓圈航行者則稱曰混合航行。

第三節 平面航行

(a) 平面航行法多行之於短距離飛航，故地球之曲面視作平面，亦無誤差。因航程甚短，則取地圖上之各經線皆爲平行線，并與赤道成垂直。緯度一度等於緯線平行線之一格，經度亦照同樣計算。此種計算雖不甚準確，但於短途飛行一小時至四小時，并無若干偏差也。

(b) 平面航行問題皆以平面三角法計算之。平面航行之各項皆以正角三角形解算之。見第三十二圖。

(1) T = 軌跡角度。

(2) L = 航程或軌跡之距離，以海哩計算之。

(e) Dep = 橫距以海里計算之。

(4) Dla = 緯差。

(c) 如第三十二圖， L 點爲始點即航空器之起機點， D 點爲終點。 LD 爲軌跡或航線 Rhumb Line， L_1 爲號線之橫距。 L_1D 爲終點之平行線

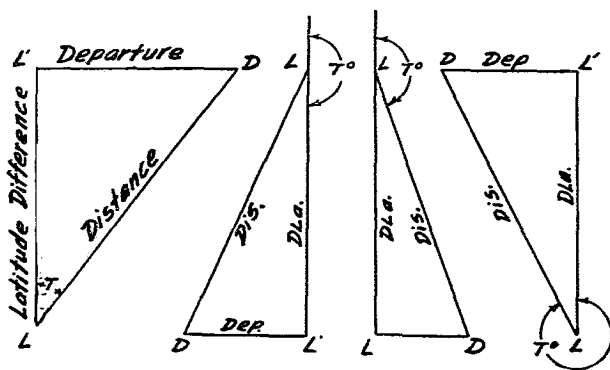


Fig. 32.

Fig. 32. 第三十二圖

Dep.	=	Departure	=	橫距
Dis.	=	Distance	=	航程
DLA.	=	Latitude difference	=	緯差

(d) 此法所用之公式，皆本於平面正角三角形之算式，如上畫各種之平面正角三角形，皆合於平面航行之各項：

$$\sin T = \frac{Dep}{Dis}$$

$$\cos T = \frac{Dla}{Dist}$$

$$\tan T = \frac{Dep}{Dla}$$

(e) 上列公式乃解算平面航行之各項，故按照下表可以計算六種不同平面航行之問題也。

已知數 所求之數 公式

軌跡與航程	緯差 橫距	$= Dla$ $= Dep$	$= Dis \cos T$ $= Dis \sin T$
緯差與橫距	軌跡 航程	$= \tan T = Dep / Dla$ $= Dis$	$= Dep / \sin T$ $= Dis$
軌跡與緯差	航程 橫距	$= Dis$ $= Dep$	$= Dla / \cos T$ $= Dla \tan T$
軌跡與橫距	航程 緯差	$= Dis$ $= Dla$	$= Dep / \sin T$ $= Dep / \tan T$

$$\begin{aligned} \text{航程與緯差} & \quad \text{軌跡} \\ & = \text{Cos } T = \text{Dis} / \text{Dis} \\ & = \text{Dep} = \text{Dis} \quad \text{Sin } T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{航程與經距} & \quad \text{軌跡} \\ & = \text{Sin } T = \text{Dep} / \text{Dis} \\ & = \text{Dis} \quad \text{Cos } T \end{aligned}$$

(f) 茲因篇幅關係不能將上表內每題舉例解算，祇將最實用者即第一第二題舉例解釋之。
 平面航行三角問題可用四種方法解算之。

(1) 用曲線表 By Traverse Table

(2) 用平面三角之公式

(3) 繪圖法

(4) 用坐標計算器 By Graphical or mechanical Computer 見第二十三及三十四圖。

設用曲線表解算時，以 Bowditch 所著之 ‘American Practical Navigator’ 之第二表為最佳。該表卷頁甚多故本書從略，普通皆以 (3) (4) 二法計算之。

(g) 照上列之表於第一項內航程。及軌跡為已知數，求緯。差及橫。距；飛航員已知軌跡之方向及經過之航程，此時所欲決定者則為飛機之方位，徧東或徧西，徧南或徧北，所述例題即屬此種性質。

(h) 例題 I

有某機擬定之軌跡方位爲 30° ，地速每小時有 8 海哩 $KNOTS$ 求正確之橫距及緯差。

解釋 T_2 用繪圖法

(1) 從 L 點畫 30° 表軌跡及地速 8 海哩。再畫一線表子午線而 L 點爲零度或地球北極 $L_1 = 0^\circ$ 。

(2) 於 D 點構成一角等於 60° 卽爲 $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ 。畫一直線表橫距離并切割子午線于 T_2 點。

(3) T 角爲已知數 30° D 角爲 60° $D = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ T 角爲 T 角加 D 角之和 $T_1 = 30^\circ + 60^\circ = 90^\circ$ 。

(4) L_1D 綫表 D_2 計量之則爲 80 哩

(5) L_1D 綫表 D_2D 計量之則爲 40 哩

(6) L_1T_1 綫表 D_2 計量之則爲 60 哩

(7) $69.8 \text{ 哩} = \text{緯度 } 69.8' = D_1$ ，故橫距爲 40 哩而緯差則爲 $69.8''$ 或 $1.0973''$ 。

解釋 T_3 用坐標計算器見第二十四圖

(1) 取算尺之一吋等於二十哩

(2) 取算尺之零點放置圖之 L 點上。使尺之一邊對 30° 方向代表軌跡。

(3) 尺之四吋處記下一點代表 D 點， $4 \times 20 = 80$ 卽 L_1D 之距離爲八十海哩。

(4) D 點之橫坐標表橫距 (Dep), D 點之縱坐標表緯差 (Dia)

(5) 故橫距計量之則得 40 海里。

(6) 故緯差計量之則得 $69.8'$, 即圖之左邊之數目。

解釋 IC 曲綫表 (Table II Bowditch)

校對上題是否正確，則可用包氏所著之 ‘The American Practical Navigator Table II’ 計算之或用其他曲線表計算之均可。

(1) 翻閱該表之三十度航向一項 (即航行 30° 之軌跡)

(2) 在航程項取 80 海里，相對之項則為橫距 Dep 及緯差 Dia

(3) 橫距則為 40 海里，而緯差則為 $69.8'$ 。

(i) 例題 II

設上題之某機擔任海面巡航，耐航時間為五小時，軌跡為 30° ，地速每小時為 80 海里 Knots，求橫距及緯差。

解釋 IIa

(1) 檢查曲綫表在航向 30° 一項，則得航程為 400 海里，相對一項求得緯差為 $346.4'$ ($5^{\circ}46'4''$) 於鄰接一項求得橫距為 200 海里。

解釋 IIa 用坐標計算器解釋之。

(1) 凡航程超過 100 海里時，則用整數除航程，使其所得之商在 100 海里之內。因為計算器祇限於一百哩之航程也。

(2) 以 5 除 400 哩，所得之商則為 80 哩。

(3) 如解釋 I、b 相同，橫坐標為 40，縱坐標為 69.3

(4) Dep = 40 哩、Dia = 69.3 分

(5) 再以因數 5 乘之則得

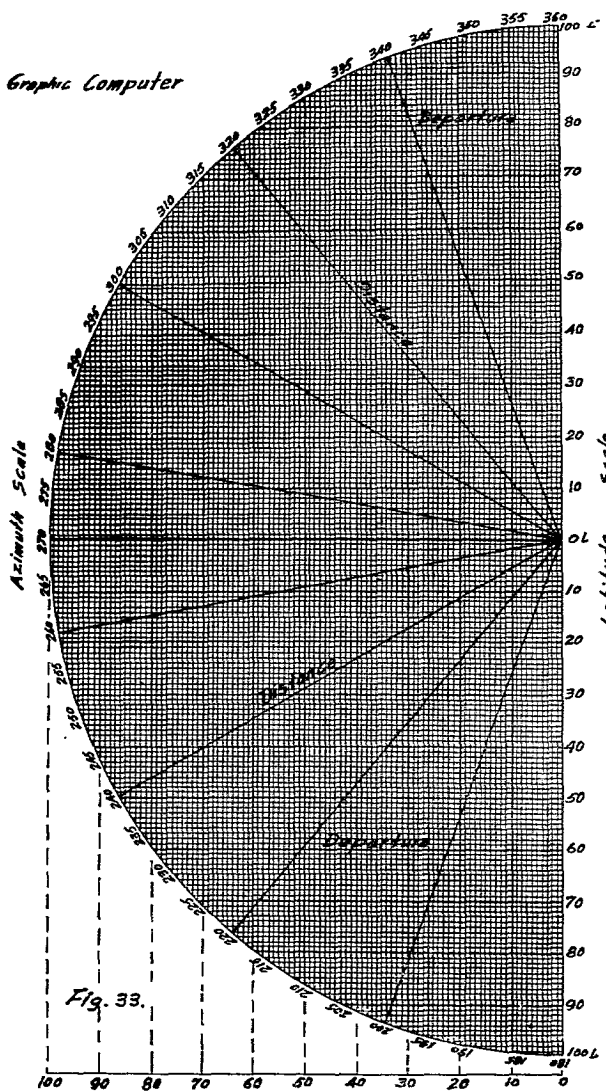
$$\text{Dep} = 40 \times 5 = 200 \text{ 哩}$$

$$\text{Dia} = 69.3 \times 5 = 346.7 \text{ 分即 } 5^{\circ}46'47''$$

(i) 表中之第二項中緯差及橫距為已知數，求軌跡及航程，茲舉下列例題以說明之。

航
行
學

Graphic Computer



Graphic Computer

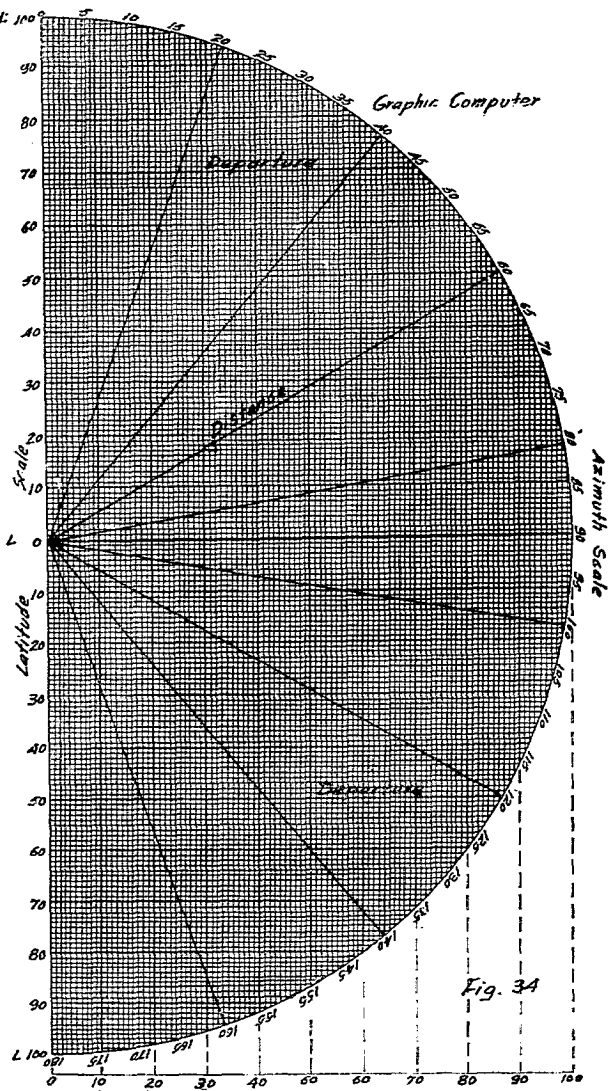


Fig. 34. 第三十四圖

Graphic computer

圖解計算器

Fig. 33. 第三十三圖

Azimuth scale

= 方位比尺

Latitude scale

= 緯度比尺

Departure

= 橫距

Distance

= 航程

例題三

有一飛機飛航至某地，該地距飛機原位爲 350 海里，215 海里，求軌跡及航程。

解釋三

用坐標計算器解釋之，先將已知數以因數除之，使其所得之商在計算器範圍之內，故 D_{12} 及 D_{12} 均以 5 除之。

$$(1) 350/5 = 70 \text{ 海里} = \text{縱坐標。}$$

$$(2) 215/5 = 43 \text{ 海里} = \text{橫坐標。}$$

(3) 沿 D_{12} 線 180° 方向取 70 海里表縱坐標。

(4) 從 D_{12} 線之末端一點取九十度角度計量橫坐標于 D 點。

(5) D_{12} 之方位則爲 148°。

(6) 從計算器測得之航程以五乘之，則得 410 海里。

以曲線表計算所得之結果校正之是否有誤。

第四節 曲線航行

(a) 於偵察或巡航時，航空器則取數種航向，而所經過之軌跡成爲曲折形勢，此種飛航稱曰曲線航行。其計算法則先單獨求航空器抵達某地之軌跡及航程，然後再求數個軌跡及航程之合力。故宜有先決定航程及航向之方位，東西或南北。再求數個橫距及緯差之代數總和以

定軌跡之方位及航程。欲求計算迅速正確則用 Bowditch 之曲線表檢查所得之數，各數乃依表格而排列之。設無曲線表時，則用圖解法或坐標計算器亦可。

例題 IV

據情報有敵潛水艇出沒於某海沿岸一帶，有某機奉命巡航偵察，所取之軌跡及航程如下：
25° 航程 60 哩， 90° 航程 16 哩， 150° 航程 50 哩， 315° 航程 50 哩。求最後飛返始點之軌跡及航程。

解釋 IV

(1) 取尺之一吋等於二十哩，然後在坐標計算器取 25° 方向并使之等於 60 哩，則從坐標爲緯差 Da 54'.4，北向，故在表格上列「北」字，橫坐標爲橫距 Dep 25'.4 哩，東向，故在表格上列「東」字。

(2) 第二項軌跡爲正東 90°，緯差爲零。故航程即等於橫距 16 哩，故在橫距之表格上列「東」字。

(3) 依上列方法將其餘之二軌跡及航程，求出緯差及橫距列入表格內。

(4) 用計算器求出所有之軌跡及航程，列於表格內，再將「北」「南」兩表格之數目減之，所得之差即爲緯差 Da ，「東」「西」兩表格之數目減之，所得之差則爲橫距 Dep 。

(5) 此題之緯差爲 46'.5''，而橫距爲 31.0 哩。

(6) 用計算器求出最後飛返始點軌跡及航程。以縱坐標代表緯差 $6'25''$ ，以橫坐標代表橫距 31.0 哩。

(7) 故飛機飛返始點之航向為 $33^{\circ}52'6''$ ，航程為 55.6 哩。

軌跡，航程，緯差及橫距列入表格之式如下：

航 跡	航 程	北	南	東	西
25°	60	54.4		25.4	
90°	16	0.0		16.0	
150°	50		43.3	25.0	
315°	50	35.4			35.4
		總 數	總 數	總 數	總 數
		89.8	43.3	66.4	35.4
		43.3		35.4	
$33^{\circ}52'6''$	55.6哩	Dia 46.5		Dep 31.0	

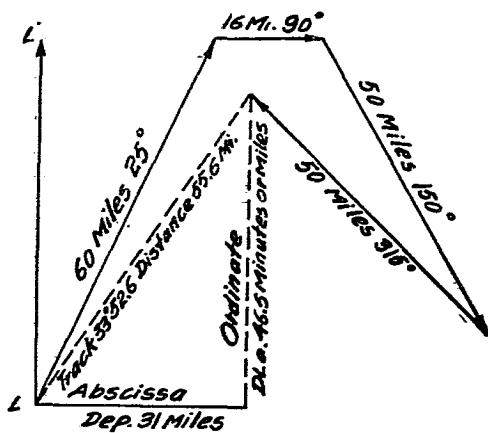


Fig. 35.

Fig. 35. 第三十五圖

Abscissa	=	橫標
Ordinate	=	直標
Dep.	=	橫距
D. La.	=	緯差
Track	=	軌跡
Dis.	=	航程

第五節 平行航行

(a) 平面航行及曲線航行乃由已知軌跡航程而求緯差及橫距也。故航程必須正確始可求出緯度。但達到點之經度若干則無從計算。以經差及橫距計算者，則稱曰平行航行。平行航法即航空器取正東或正西之軌跡航行，其軌跡乃與緯線或小圓圈成平行，此球面飛航之最簡易方法也。橫距則以平行赤道之小圓圈計算之，單位爲海哩，橫距爲同緯度兩子午線間之距離。經差者即於兩地子午線間所算得赤道上之弧。

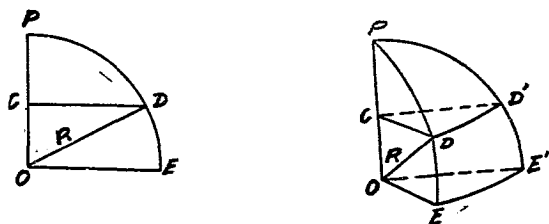


Fig. 36.

$$\frac{DD'}{EE'} = \frac{CD}{OE} = \frac{r}{R} = \frac{\text{Dep}}{\text{Dlo}}$$

$$\frac{\text{Dep}}{\text{Dlo}} = \frac{R \operatorname{csc} \text{Lat}}{R} = \operatorname{Csc} \text{Lat}$$

- (1) 第三十六圖 D 及 D' 二點位於小圓圈上，故兩地緯度相同。
 - (2) P 爲鄰接之地極。
 - (3) EE' 爲兩子午線間 PE 與 PE' 赤道上之弧。
 - (4) DD' 乃爲小圓圈上之橫距。
 - (5) 兩點之緯度爲 D_E 角。
 - (6) 地球之半徑爲 R = OD = OE。
 - (7) 小圓圈之半徑爲 Y = DD' = CD。
 - (8) EE' 與 DD' 爲兩圓圈相似之弧，故其半徑彼此成比例。
- 由上列之比率公式，可以求出橫距之哩數及經度之分數。

$$(1) \text{Dep} = D \sin \text{Cos Lat}$$

$$(2) D \sin = \text{Dep Sec Lat}$$

平行航行之最常見問題即爲兩地間同緯之橫距已知，求經差。或於兩地之緯度相同，經差爲已知數而求橫距。平行航行之計算法有三，以平面三角原理用對數計算者，以檢查曲線表計算者，但最簡易實用之計算法爲坐標計算器。

例題 V

有飛機一架，軌跡爲正東沿 $30^{\circ}N$ 小圓圈飛航，航程爲 700 哩，求經差。

解釋Ⅳ 用座標計算器

- (1) 用比尺在計算器之外圓圈之 N, E 象限，取緯度為 38° 。
- (2) 以縱座標代表橫距 70 海里，沿緯度縱線 W, E 計算之。
- (3) 此點沿橫座標相交於一點。
- (4) 該點軌跡在比尺上讀之則為 89 分或 $1^{\circ}29'$ ，即經差是也。
- (5) 故在緯度 $38^{\circ}N$ 橫距 70 海里，經差則為 89 分。

設上題之航程超過計算器範圍者，則以整數除之使所得之商小於一百。如下題例。

例題Ⅴ——2

有飛機向東飛航，沿 $38^{\circ}N$ 小圓圈飛行，航程 210 海里，求經差。

解釋Ⅴ——2

(1) 航程 210 海里超過計算器之範圍，故以三除之，得 70 海里航程，故此題與前題相同。

(2) 以 3×89 乘之，則得 267 分或 $4^{\circ}27'$ ，此即經差也。

附註：設緯度增加時，可用整數除之以便計算。

例題Ⅵ

有某機於緯度 $30^{\circ}N$ 向東飛航，抵達之處其經差為 5° ，求橫距為若干？

解釋 IV

5° 即等於 $300'$ 緯差，此數則超過計算器之範圍，故以 5 除 300 ； $300' / 5 = 60' D10$

(1) 使比尺取 $30'$ 緯距，即為外圍圈上之分割。

(2) 在比尺計量 $60'$ 分 D11

(3) 該點在緯度比尺則為 $52'$ 緯距。

(4) $52' \times 5 = 260'$ 哩，故橫距為一百六十哩。

第六節 中緯航行

(a) 中緯航行者乃平面航行與平行航行二者合併之方法。因起點與終點之緯度不同，故取兩緯度平均中分之。平面飛航時，其航程甚短，假設地球為平面亦無誤差。當飛機之航線 Rhumb Line 或軌跡，沿斜線切割子午線時，則緯度常常變換，不能按照平行航行法將橫距化為經差。假設地球面不為球面而為平面，則起點之緯度與到點之緯度相同，即橫距之緯度相同。故橫距化為分，約等於中緯，按此法航行稱曰中緯航行。

中緯航行者即混合平面航行與平行航行之方法，故在中緯飛航其經差乃等於中緯之橫距，此種飛航可減少平面飛航之錯誤而所得結果近於正確也。

(b) 中緯航行問題，先以平面飛航法計算之，起點之緯度為已知數，則可求出到點之緯度，然後按下列方法計算之：

起點緯度十到點緯度

₂

- (1) 求出起點及終點之兩緯度平均之中緯。中緯則以 L_m 代表之。故 $L_m =$
- (2) 中緯求出後則計算方法與平行航行相同。

例題 III

有某航空器從緯度 $39^{\circ} N$ 經度 $79^{\circ} W$ 起機，沿 120° 軌跡飛行，航程為 500 海里，求到點之緯度及經度為若干？

解釋 III

航程為 500 海里，此數超過計算器之範圍，故以整數 10 除該數，所得之商則為 50 海里。

- (1) 使比尺於計算器上取 520° 方向代表軌跡。
- (2) 於比尺取 10 海里之距離代表航程，記下一點以表明之。
- (3) 橫距則為 39.5 海里，緯差為 $31.4'$ ，以 31 乘 10 ，則得 $310' = 5^{\circ} 10'$ 北或加。
- (4) 到點之緯度為 $44^{\circ} 10'$ ，故中緯為 $43^{\circ} 35'$ 。
- (5) 將橫距變換為經差。
- (6) 在計算器上取中緯 $44^{\circ} 35'$ ，求得橫距即為經差 D_{10} ，故經差為 58 分或減。
- (7) 再以 10 乘經差。

$$D_{10} = 53 \times 10 = 530 \text{ 分 } D_{10}E$$

$$D_{1a} = 31 \times 10 = 310 \text{ 分 } D_{1a}$$

$$(8) \text{ 起點緯度} + D_{1a} = 39^{\circ} + 5'10''$$

$$= 44^{\circ}10' \text{ 到點緯度。}$$

$$(9) \text{ 起點經度} - D_{10} = 77^{\circ}W - 8^{\circ}50'E$$

$$= 68^{\circ}10'W \text{ 到點經度。故該飛機之起點爲 WASHINGTON}$$

D.C. 而到點則爲 MAINE 海岸。

例題Ⅳ

有某飛機之起機點爲 $Lat\ 80^{\circ}N, Long\ 90^{\circ}W$ ，擬飛至 $Lat\ 40^{\circ}N, Long\ 75^{\circ}W$ 之區域，換言之即從 New Orleans 起機，到點爲 Philadelphia 求軌跡及航程爲若干。

解釋Ⅳ

用計算器首先將經差變換爲橫距

$$(1) \text{ 經差 } D_{10} = 90^{\circ}W - 75^{\circ}W = 15^{\circ} = 900' \text{ 經度 } E。$$

$$(2) \text{ 緯差 } D_{1a} = 40^{\circ}N - 30^{\circ}N = 10^{\circ} = 600' \text{ 緯度 } N$$

$$(3) \text{ 以上二數用整數 } 15 \text{ 除之則 } D_{10} = 60', D_{1a} = 40'$$

$$(4) \text{ 故中緯}$$

$$\text{MEAN LATITUDE} = \frac{30^{\circ}\text{N} + 40^{\circ}\text{N}}{2} = 35^{\circ}\text{N}$$

- (5) 將經差變換為橫距。先取計算器外圓圈之 35° 代表中緯。再以比尺沿中緯方向取 $(60')$ 代表經差，故縱座標之數目。

Latitude Scale 即為橫距 49 哩。

- (6) 設橫距 49 哩及緯差為已知數，則可求出軌跡及航程。

- (7) 以緯差 $DLa(40')$ 為縱座標，以橫距 49 哩為橫座標，求出一點，從計算器之 Latitude Scale 由該點計算之則得航程。

- (8) 於計算器求出該點之價值即為航程。沿航程之引長線於外圓圈即為軌跡。

- (9) 軌跡為 $50^{\circ}30'$ ，航程為 63.5 哩。以 15 乘航程。

- (10) $63.5 \times 15 = 952.5$ 海哩。

第七節 麥克托航行

(a) 中緯航行祇適宜於短距離之航程，遠距離航行計算必須正確，故有採取麥克托航行，大圓圈航行，或混合航行之必要。

(b) 麥克托飛航者即基本於構造麥克托地圖之原則而飛航也。所用之公式亦相同。

(c) 於赤道上，經度一度及緯度一度彼此相同。在高緯度時經度近地極其長度逐漸減少，

最後達到地極時經度爲零度，但緯度之值不變更。麥克托地圖經線彼此平行并與赤道成垂直。欲使赤道兩極間之經度緯度維持相當之比例以及圖中地形之相當方位及位置，則經線各平行線之引長比率與緯線各平行線之橫距引長比率相同。各緯線均與赤道成平行，所切之角度均爲相等。故航線 Rhumb Line 乃爲一直線。航線既等於直線，則子午線及緯線必須引長至相當比例以維持經度緯度之單位也。緯度（以分計算）從 0° 至 80° 時，而圖中之經線逐漸引長，其引長之單位可由 *The Table of Meridianal Part* 表檢查而求得之，該表可用以計算各種麥克托航行問題。該表卷頁浩繁本篇因限於篇幅，概不錄載，故麥克托航行問題亦不舉例解釋之。讀者欲研究該問題則可參考 *Powditch* 所著 *N. The American Practical Navigator* 120。

第八節 大圓圈航行

(a) 大圓弧爲球面兩點間之最短距離。航程愈遠時間愈爲經濟，故凡飛機之軌跡依大圓弧航行者謂之大圓圈航行。航線 Rhumb Line 與大圓弧比較之，則航線之航程長。凡航線與一子午線或赤道吻合時，其航線與大圓弧相等。長途航行飛機所經過之地面軌跡宜接近大圓弧，航行時間經濟航程減短。然有時情況不許可，不宜作大圓圈飛行者，各飛機所經過地面之軌跡爲高緯度，或必需通過於航空器最易遭過危險之區域。麥克托圖上之航線爲一直線，大圓弧爲一曲線也。於東西兩半球大圓弧之凸面部分常向地球兩極。

按麥克托地圖飛機沿航線飛行，地面軌跡與每子午線相交之角度均為相等。故軌跡所指之方向不正對目的地，飛機取大圓弧軌跡航行，則軌跡之方向乃正對目的地之方向，但有不便之處，因地面軌跡與每子午線相交之角度亦不相等。大圓圈航行之航向常之變換，起機之航向與到點之航向各不相等。

始點航向。The initial Course 者乃為起點之子午線與大圓弧所成之角度也，該大圓弧通過起點及終點。

終點航向 The Final Course 者乃為終點子午線與大圓弧所成之角度也。

大圓弧航程。The great Circle Distance 者，乃為大圓弧之長度，即為飛機由始點至終點之軌跡也。距離單位以海哩表明之。

下列有四種方法計算大圓圈之軌跡或航向：

(1) 用大圓圈航海圖 Great Circle Sailing Chart

(2) 繪圖法

(3) 用天象方位角之表法者 Azimuth Table

(4) 用數學計算之。

大圓圈航行之計算各方法中，以用大圓圈表法為最善，因其計算精確，手續簡捷。該表皆採取美國水路局 U.S. Hydrographic Office 所出刊者。本篇關於大圓弧航行之計算方式，一概

從略。

第九節 混合航行

(a) 吾人已知設大圓弧航行之航向通過高緯度時，則航空器易遭遇意外危險及極低溫度之襲擊，此等情況則不宜作大圓弧航行，必須於大圓圈飛航中，加入平行航行法以調濟之，混合飛航者，為平行及大圓圈混合之航行法也。當大圓圈經過最高緯度而不適航時，則取一距離最短之平行線（即以赤道平行者）沿此方向航行之，然後再按大圓弧方法飛航以達到終點。終點乃與平行線正切。

(b) 混合航行計算方法有二：

(1) 用羅茫利克圖者或用大圓圈圖者 GREAT CIRCLE

(2) 用繪圖法者

(3) 用數學計算法者

第十章 推測位置

第一節 論推測位置

(a) 推測位置者即于任何時間求航空器之定位方法，設航向，速度，飄航及航程爲已知數。

(b) 航行學中有兩種情況以求航空器之定位。

(1) 當飛航於不認識之陸面，或地圖上不明之地區能瞞視陸面以定徧航角度。

(2) 當飛航於雲端或海洋面時，不能瞞視地面以定徧航角度。

在短距離航行時，能視地物推測航空器之位置，頗爲正確。但在長途航行，經過雲端或洋面時，則不能用上方法以求航空器之定位。故普通皆觀察天體以求定位。

(c) 推測位置正確與否，全視各項因數之正確範圍爲準則。

(d) 飛機不能按照軌跡飛航而有徧差者，不外下列數種理由：

(1) 羅盤誤差太大。

(2) 羅盤規正之方法不妥當。

(3) 不正確之駕駛。

(4) 於飛航高度中，徧航計算不正確。

(5) 風向風速猝起變化。

(6) 速度表所指之速度不正確，因之三角繪圖法所求出之航程亦不正確。

推測位置之錯誤因數甚多，故精確之求定位，莫若觀察天體方位。但有一注意之事，即天文定位乃依據推測位置而定之。

(e) 未習天文定位之前，必須應用各種推測位置法如用六分儀等，求出位置線以定航空器之定位。

(f) 航向及始點。當地面某物體可以睹視時，則飛航員以此位置爲始點推測航空器之位置。參閱陸圖或水路圖以定始點之經度緯度，然後由始點按規定航向航程航行之。從睹視物體起，須注意所飛之時間，及改正之航向。或用第二節之位置線及定位方法以求航空器之定位。

(g) 推測航行之定位法。推測航行者即航海術中之十種推測航行法也。各種航行原理已詳述上章。推測航行法對於偵察任務甚有密切關係。如在水面或陸面巡航，不易發現顯著之地物，以作推測航空器所在之位置。

(h) 設飛機取數個不同之航向航行時，則將每一航向軌跡航程羅差挨序列入表格，以曲線表或座標計算器求出橫距及緯差。航程南北或東北分別列入表格，以便計算。

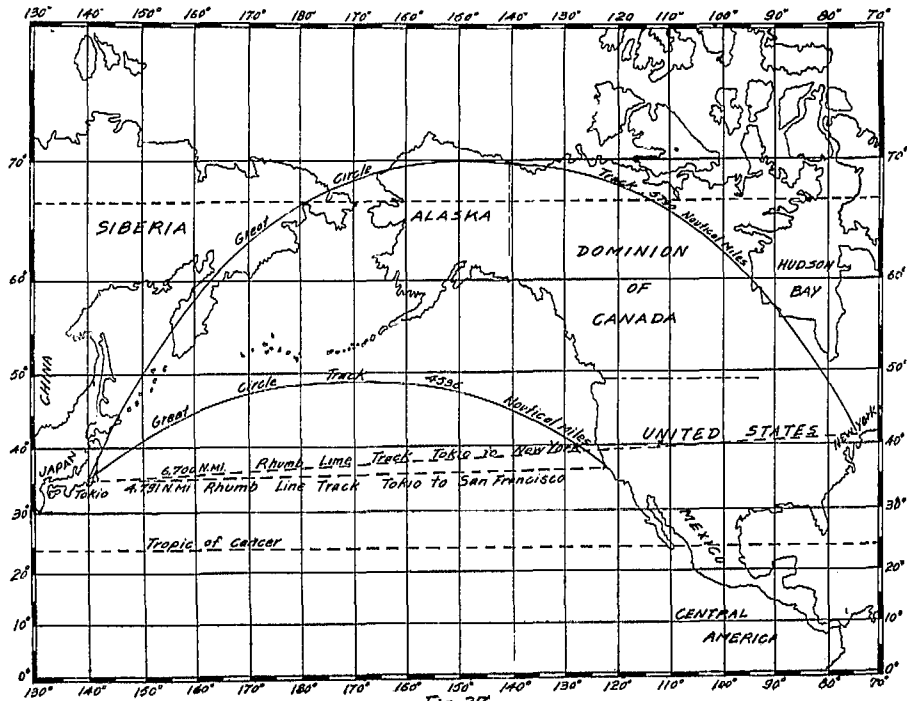


Fig. 37.

37. 第三十七圖

Great circle track

= 大圓弧軌跡

Nautical mile

= 海哩

由東京至約紐之航綫軌跡

由東京至三藩市之航線軌跡

(i) 任何時間求航空器之定位，先將各個緯差及橫距相加之，再求其南北或東西之總差。用緯差以求出終點推測位置之緯度，及中緯。再用中緯求出經差，經差等於橫距，由經差可求出推測位置之經度。推測位置計算之單位則為海哩，每度祇計算至分及十分之一為止。用表格計算此種問題，則可免去數學上之誤差。

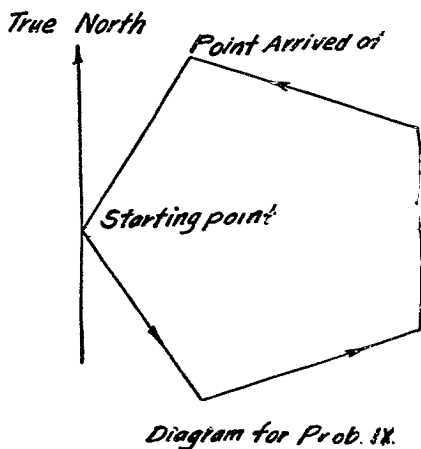


Diagram for Prob. IX.

附三十七圖

Diagram for prob. IX	例題IX之圖解
Starting point.	= 起機點
Point arrived at	= 達到點
True north	= 地球北極

有某快速飛機奉命巡航某軍港附近，以搜尋洋面敵軍航空母艦。空速為 100 英里每小時。

例題IX

Knots，風從正南方向吹來，風速每小時為20Knots，擬定之軌跡及航程如下所列。軌跡44.4及47.7海里，軌跡7.2及50.9海里，軌跡0°及45.6海里。軌跡28.3°及1.8海里。起機點之經度和緯度為80°W 30°33'N，磁差為6°W，羅差則如表格所示，求推測位置，並其擬定之軌跡及航程。

時間 I.A.M	磁差 或 偏差	羅差 或 自差	羅盤之 修正度	羅盤向	真向向	軌跡向	空速 Knots	地速 Knots	航程 (海里)	北	南	東	西	經差 DLo
1:14	6°W	4°W	10°W	161°	161°	144°	100	88	47		18	23		
2:03	6°W	6°W	12°W	95°	83°	72°	100	104	50	15.5		48		
2:26	6°W	0°W	6°W	6°	0°	0°	100	120	45.6	45.5				
2:57	6°W	4°W	9°W	279°	277°	288°	100	104	53	13				50
										77	38	76	50	
										88		50		
										46.5	39	26		30

始點

30°35'N

80°00'W

總差DLa

39'N

經差DLo

30°E

到達點之緯度

31°14'N

達到點之經度

79°30'W

中緯

30°51'•5N

第二節 位置線及定位 Position Line and Fixes

(a) 無論航海航空關於船隻或航空器之求定位法及位置線，均視爲重要。

(1) 位置線者即航空器所在之線也，並可用各種方法求得之，故在地圖上所劃之位置線有爲直線者有爲大圓弧者。

(2) 定位者 Fix 即二三位置線交會之點也。故該點在地圖上有一定之地位，以表明航空器所在之處所。最佳之定位爲同一時間內觀察所得二個以上位置線交會而成者。其交角以大爲宜。此種定位法稱曰標準定位法 An Absolute Fix

(3) 移動定位者 Running Fix 爲在任何時間內觀察所得兩個位置線交會而成者。即於不同時間內用同一物體之二方向以求定位之法則。此種定位不甚正確，故必要時仍取標準定位法。

(b) 標準定位法有三，均適合於實際飛航之用。

(a) 物體之交叉方向法 By Cross Bearing

(b) 用同線與他一物體之方向或與此方向所成之角 By Transit and Angle

(c) 用天文觀察定位法 By Astronomical Observation

至於第一第二之定位方法，其相似之點甚多，故簡略說明之。天文觀察定位法則詳述於第三編天文推測航行法。

(c) 用物體之交叉方向以求定位，茲說明之如左：

(1) 選擇二個地面認識之物體，或選用三個尤佳。

(2) 瞄取正前方一物體之方向，然後瞄取正後方 *Astern* 一物體之方向，最後瞄取正側方 *Beam* 一物體方向。

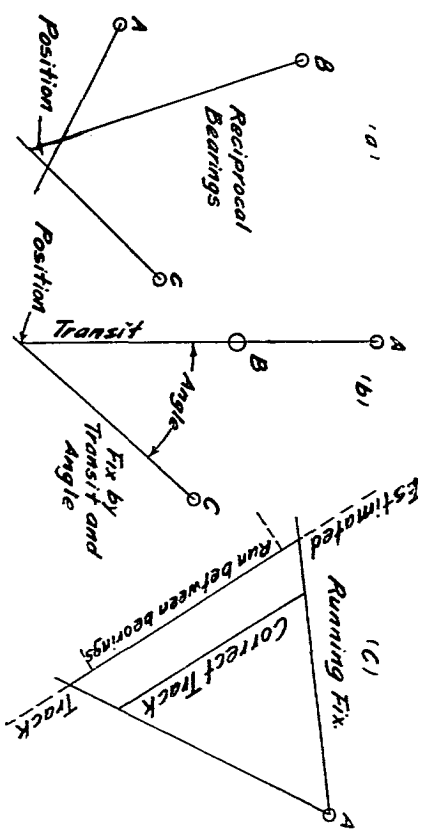
(3) 記錄各物體之名及其方向，以及瞄視最後一物體之時間，該時間即為定位之時間。

(4) 求各物體之相反方向 *Reciprocal Bearing* 並用量規角 *Protractor* 畫各位置線於地圖之中，且引長之使各線互相交會於一點。

(5) 各線交叉之點即為航空器之位置或定位。

(d) 用同線與他一物體之方向或與此方向所成之角以求定位法 *A Transit and Angle*

同線者 *Transit* 即為某一物體與航空器同在一線之謂。且為航空器最易得有用之線也。當航空器與地面二物體同在一線上時，瞄取第三物體之方向，或量該線與第三物體方向間所成之角。則可得一定位。欲求定準確，應有數事須注意之，即在同線上 *Transit* 前後二物體間距離，至少須有由前物體至航空器三分之一之距離。而第三物體之方向與同線所成之角，應在九十度 90° 左右，不宜少過三十度 30° ，有時於同一時間內瞄取二個同線以求定位，不須任何儀器，所用者惟地圖此例尺而已。



Method of making a Fix.
Fig. 38.

第三十八圖

定位之方法

Position	=	定位
Reciprocal bearing	=	相反方向
Transit	=	同綫
Fix by transit and angle	=	用角度及同綫定位法
Estimated track	=	推測軌跡
Correct track	=	正確軌跡
Running fix	=	移動定位法

(e) 移動定位法者。即於某時間內階取一物體或二物體之方向。當階視一物體之方向，記錄階取之時間。飛機經過若干距離後，再階取同一物體之另一方向並注意時間。由時間則可推測飛機經過之地面距離，在地圖或水路圖上劃物體相反之方向，並畫一線代表軌跡。另畫一線與軌跡平行，代表某時間內飛機於兩位置間之移動距離。此種定位法祇限於軌跡及地速為已知數，可應用之。

第二節 結論

(a) 駕駛法及推測航行法之撮要各項：

(1) 決定抵達地之真方向。

(a) 設航程甚短則可用航線 *Rumb Line* 以替代軌跡。

(b) 設航程遠，則用球面之大圓弧為軌跡。

(2) 航空器之羅盤須新近規正之，並附羅差表。凡規正磁差及羅差後之羅向即為航向。

(3) 決定不同高度之風向及風速。

(4) 已知風力則預先決定某種高度飛行最為有利。

(5) 用繪圖法座標計算器 *Aviator's Graph* 或航程航向計算器以定航向。

(6) 計算航空器之正確耐航時間 *The Fuel Hour (H)*

(7) 設飛機祇取一航線，用保險率以計算該機應有之航程。

(8) 設飛航往返某地而不着陸者，則求其活動半徑(偵察範圍)注意保險率(F)之百分數，該數於計算時寧可加大，以免有意外遭遇。

(9) 將軌跡平均分割數段以便計算地速。

(10) 注意羅差規正表是否正確，羅盤是否按表規正之。

(11) 用精確之橫距飛至抵達點，並注意其耐航時間。

(12) 飛至規定高度後，經過某時後飛機是否達到軌跡分割上之第一段，並注意飛機之航向是否吻合所擬之軌跡。

(13) 常常注意偏航 *Drift* 飛機之航向及軌跡是否維持適當。

(14) 紀錄飛機在軌跡兩段間之時間，可以推測地速。

(15) 設航空器離開軌跡時，航向必須更改使恢復原來之軌跡。改正時須取軌跡上之兩點以校正之。

(16) 駕駛員 *Pilot* 須正確按照航行者 *Navigator* 所擬定之航向飛航，故二人必須切實合作始可作正確飛航。

(17) 切實明瞭各種航空儀器之用法及糾正法，切勿臆測某種儀器為錯誤或不可靠。設確知某器含有誤差，方可下決心不依靠該儀器航行。

習題

- (1) 航空器推測航行法中，其五種名詞爲何？
- (2) 何謂航海七種推測航行法 SEVEN SAILING？
- (3) 平面航行之方法有幾？
- (4) 球面航行之方法有幾？
- (5) 平面航行與球面航行二者比較之，何種航行較爲正確？說明理由。
- (6) 何謂橫距 Departure？
- (7) 航程沿何線計算之？
- (8) 推測航行法之三角諸題，用何四種方法計算之？
- (9) 當你飛航時應採取四方法中之何法爲最便利簡捷？
- (10) 何謂曲線 A TRAVEL？
- (11) 略述曲線航行之解算方法。
- (12) 緯度一分是否等於一海哩？
- (13) 經度一分是否等於一海哩？
- (14) 緯度一分是否等於經度一分？
- (15) 橫距變換爲經差之方法如何？

- (16) 何謂平行航行法 Parallel Sailing
- (17) 平行航行法中引用何種名詞？
- (18) 何謂中緯 Middle Latitude 中緯如何計算之？
- (19) 何謂大圓弧軌跡？ A GREAT CIRCLE TRACK？
- (20) 何謂混合軌跡 A Composite Track
- (21) 何謂航線 A Rhumb Line
- (22) 何謂推測航行 D. R.，航行方法有幾？
- (23) 推測位置最易錯誤之點爲何？
- (24) 設推測位置十分精確時，天文推測定位是否必要？
- (25) 當觀察天文定位時，推測定位爲何仍屬重要？
- (26) 不用觀察天文定位法，而推測定位爲何仍屬重要？
- (27) 何謂用同線與他一物體之方向或與此方向所成之角以求定位法 A Transit and angle
- (28) 何謂定位 Fix？
- (29) 何謂標準定位法？
- (30) 何謂移動定位法？

- (31) 航空器之求定位，當用何種儀器？
- (32) 當長途飛航時，應注意諸何要點？
- (33) 有某機擬定 40° 方向之軌跡，地速為 70 Knots ，每一小時三十分鐘求緯差及橫距。
- (34) 有某機擬向某點飛航，該點距起機點為 250 海里 ， 200 海里 處求軌跡及航程。
- (35) 有某機奉命偵察，並擬定下列各軌跡及航程飛航，求航空機之位置： $N. 40. 50 \text{ 海里}$ ， $S. E. 40 \text{ 海里}$ ， $E. 30 \text{ 海里}$ ， $N. 60 \text{ 海里}$ ， $W. 45 \text{ 海里}$ ，求由最後之點至起點之軌跡及航程。
- (36) 按照上題，設風從正西吹來，風速為 35 Knots ，空速為 80 Knots ，則曲線飛航之各航向爲何？
- (37) 有某機從 $40^{\circ} N$ 平行向西飛航，航程為 100 海里 ，求經差爲若干？
- (38) 有飛機從 $Lat. 40^{\circ} N$ $Long. 75^{\circ} W$ 處起機，軌跡爲 235° (真向) 航程爲 670 海里 ，求達到點之經度緯度。
- (39) 有飛機從 $Lat. 30^{\circ} N$ $Long. 100^{\circ} W$ 處起機，飛至 $Lat. 45^{\circ} N$ $Long. 75^{\circ} W$ ，求該機之軌跡及航程。

第二編 天文推測駕駛法之原理

本篇簡略討論天文航行法中之實際應用航行方法。因限於篇幅，則天文推測航行之各種原理，一概從略，故本篇之目的爲便讀者得天文航行之概念，並熟習關於航行學之各種天文名詞：

第十一章 觀察天體之航行法

第一節 天文航行之需要及實用

(a) 飛航員由空中能瞰視地面時，則藉地圖中之已認識物體可以判斷航空器所在之位置，如第一編所述之駕駛法 *Plain Pilotsage* 是也。此種航行無須觀察天文以定航向位置。設飛至某區而不能瞰視地面時，如飛過海洋，或在雲端航行或於地圖上不註明之處飛航等，則航空器所在之位置，須賴觀天體方位以定之。遠距離航程之轟炸任務，以及近代氣艇之設計及構造均適於商業性質之遠途航行，天文航行航海已用多年，近以飛機製造改良，限程增加，故航空則有採取天文駕駛之趨勢。

(b) 往昔天文航行尙屬試驗性質，近來因力求改良，以致天文航行已供實際之應用，海軍航空及陸軍航空用各種試驗促成天文航行法，爲長途飛航最佳之航行方法。研究天文航行已成爲專門科學，而各種應用儀器由高級訓練之飛航人員之襄助，實日有進步也。

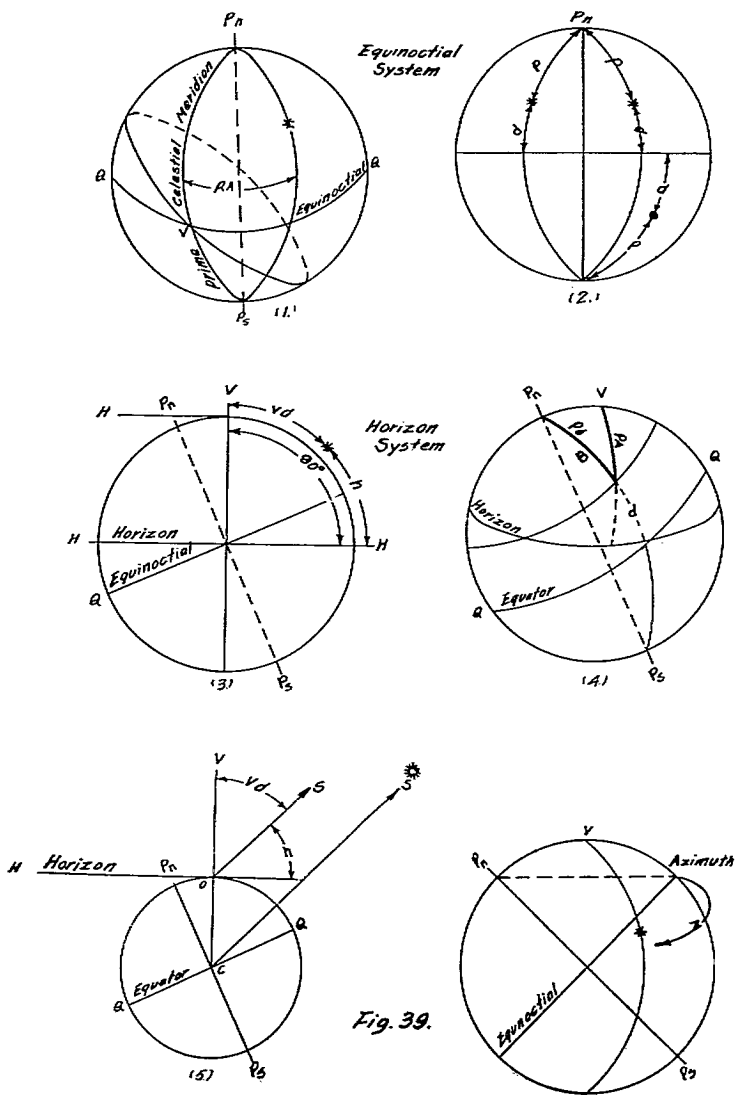


Fig. 39.

39. 第三十九圖

Equinoctial system	=	天球赤道系
Horison system	=	天球平面系
Azimuth	=	方位角

(c) 天文航行之專門技術，不外長時間之訓練及實際練習。本編所述各法或因儀器製造改良關係，現已變爲陳舊，總之，將來之天文航行法之手續必甚簡易明瞭迅速便利也。

(d) 天文觀察所耗之時間，乃爲天文駕駛法中之一重要問題，所耗之時間愈短愈爲正確。

第二節 觀察天體之航法

(a) 關於星之運動及其方位之種種智識，航空人員平時應研究之，黑夜飛行尤須依賴星座方位以定航空器之位置也。故航行家必具之要件即能觀察天體以定航位。苟有豐富天文智識，則黑夜飛行無須依賴羅盤以定航向也。

(b) 個人研究星座圖表，固可增加星座之智識，但同時須有人指導，則易瞭解與航海有關係之天文及其主要星宿之位置。

(c) 飛航人員平時須備一本星座名錄，即平時熟習便於記憶之星座名稱，並明悉各星座之關係位置。此表格內星座名稱於地球上任何部份，黑夜之時均能見之，通常二十個顯明之星名則已夠黑夜航行之用，設能記憶更多之星名及位置，於黑夜飛行亦不無小補也。

(d) 星座分爲兩類，一類星座及行星屬於北半球者，一類則屬於南半球者。

(e) 星座及行星之位置時有變化，故應用時頗感困難，總之對於航行仍屬有利。

(f) 設星座能完全觀測時，鮮用月球以定航空器之定位。若在明朗月光時，則星光線微弱細渺，用六分儀望遠鏡亦難觀測，則此時不得採取月球以求定位。

(g) 設太陽在地平面上之時，則以天文方法觀測太陽以求定位。

(h) 關於尋找方向之最重要星座厥惟大熊星 *Ursa Major* (*Great Bear*) 有時或稱之 *Big Dipper* 大熊星碗形外之二星指示北極星 *Pole Star* 北極星之位置乃近於天球之北極，並在天軸

Celestial Pole 二度以內之位置。黑夜飛行時飛行員能確定北極星之地位，則可推測大略之方向。相當高度之內並能計算航空器所在處之正確緯度。

第三節 天體之定位

(a) 欲知天體如太陽恆星星座等與地球之關係位置，則不得不假設之有天球 Celestial Sphere 存在，有時稱曰天宇 Celestial Convave 卽想象圍繞地球之凹曲圓形也。天球之南北兩極赤道卽地球之南北極赤道之投射，故天球之北極在地球北極垂直上面。天球南極在地球南極垂直上面。天球赤道之諸點亦在地球赤道諸點之垂直上面。

(b) 地球之小圓圈等於天球之赤緯 Declination，卽天球之小圓圈。赤緯之平面與天球赤道成平行。天球子午線與地球子午線之定義相等，卽從此極之大圓圈經過天球中心而再會合之圈曰天球子午線 Celestial Meridian

(c) 赤緯 Declination 乃天象與赤道間之小弧。赤緯與地球之緯度相似。設某星之位置與地球某地成垂直，則該星之赤緯與某地之緯度均相等。各種恆星之關係位置均恆定不動，因地球自轉之故，則覺諸星自東向西沿赤緯平行圈移動。故日，月，及行星之赤緯亦時時變換不已。

(d) 赤經 The Right Ascension 爲春分點 The First Point of Aries or Vernal equinox 至天象在任何緯度間所成在天球赤道上之弧。自春分點向東方起算至二十四小時止。故赤經之單位

爲時。譬如某星之赤經爲四小時，天球標準子午線 *Celestial Prime Meridian* 正爲垂直當頂，則某星之位置必設落於東方，故需四小時以爲某星昇至垂直當頂之位置，由斯觀之，某星赤經一小時等於弧之十五度。赤經者即天球經度，而與地球經度相似。設某地經度已知則可計算某地某星之時角 *Hour Angle* 計算法詳見後章。

第四節 觀察天體以定方位

(a) 當太陽行星及星座之真運動 *Apparent Motion* 爲已知數，則可推測將來任何時間之天體位置。美國海軍觀象台每年出版一部航海日曆 *Nautical Almanac* 其內容則將太陽月球行星及與航行有用星座之位置列入表格，以備檢查。任何時間內某一天象之位置，即等於垂直下面之地面位置，由是測者按航海日曆便可檢查某天體位置，藉天體位置即可推測，測者所在之地面位置。此爲天文航行法之最重要部分也。

(b) 下列數種天文名詞乃表明由地球某地以觀察天體之位置。並附圖解說明之（見第四十圖）設 O 點代表地球上觀察者之位置， S 表明天體之位置，天體如太陽或其他星座乃由 O 點觀察之。天頂者 *Zenith* 即測者頂上所當天球之點，以 V 表明之。

(c) 平面者 *Horizon* 爲經過 O 點與天球切割之平面之線也。如第四十圖之 HH' 則稱之曰平面 OV 與 HH' 成垂直。 S 代表太陽之位置而測者以地球中心爲始點。通常 OS 與 CS 均彼此平行，以便實際計算，蓋地球之半徑以與天體距地球之距離相較之，斯等平行，相差甚微也。

- (d) HOX 角度乃爲太陽之高度。Altitude of the Sun，乃即太陽在平面上之角距離也。
- (e) VOS 角度乃爲頂距。Zenith Distance，由圖上察得頂距即爲真正高度互成補角。
- (f) 天體之方位角者 Azimuth 即由真北計算之方位也。方位角又可用羅盤及方位圈計測之，或由初測高度 Observed Altitude 計算方位角。
- (g) 天體之高度 (h) 與其方位角 (z) 均依測者之位置而決定之。

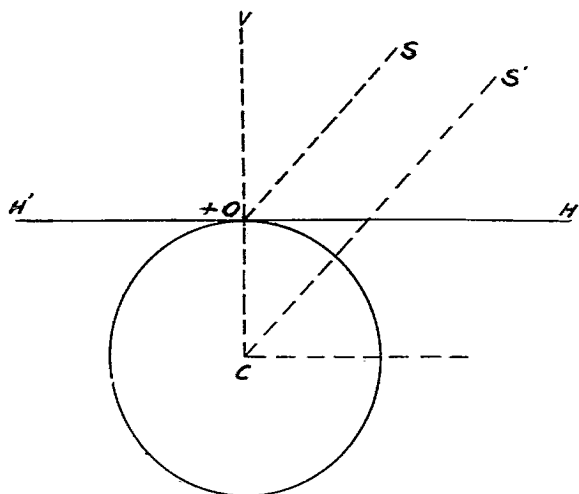


Fig. 40.

Diagram of Altitude and Zenith Distance.

Fig. 40. 第四十圖

Diagram of altitude and Zenith Distance = 高度及頂距之圖解

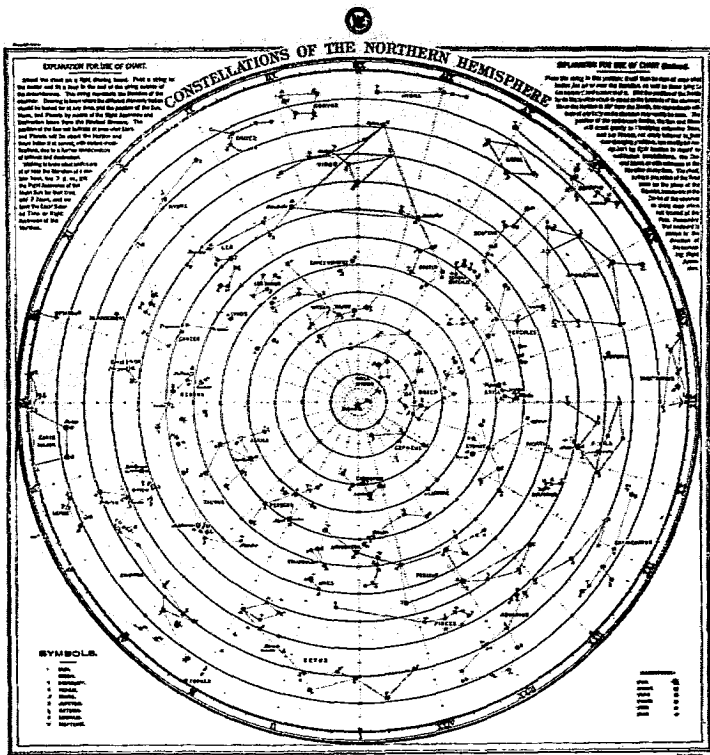


Fig. 41

Figure 41. 第四十一圖

Constellations of the Northern Hemisphere = 北半球之星座位置圖解

Symbols 符號

(☉)	Sun	太陽
☾	Moon	月球
☿	Mercury	水星
♀	Venus	金星
♂	Mars	火星
♃	Jupiter	木星
♄	Saturn	土星
♅	Uranus	天王星
♆	Neptune	海王星

Magnitudes 星之大小

★	First	第一等
☆	Second	第二等
●	Third	第三等
✧	Fourth	第四等
★	Fifth	第五等
*	Sixth	第六等

Explanation for use of Chart

星座圖表用法之說明

先將星座圖表釘置於岡板上，繫一綫於岡之中心，將綫之他端置岡之外圍，作一結以爲記號。該綫代表觀察者之子午綫，任何時間欲計算各天體之位置，則將該時內之太陽月球或恆星之位置，以赤徑赤緯推算之。（可檢查航海日曆）太陽位置，立即知悉，並指示水平面上爲何星座或恆星，凡水平面之下者則爲日落帶，因緯度及赤緯關係須有相當糾正。

如欲知悉某時間（下午七時）內近子午綫之天體爲何，先將該時平均日之赤徑求出，加上七小時，則得本地恆星時，或子午綫之赤徑也。

將綫放置此地位，先可求出近或在此子午綫之天體，亦可明瞭。以該赤緯（即等觀察者之緯度，推算天頂之位置，平面乃與天頂成九十度角度，則在該子午綫之星座或天體之相當高度，亦可求出。顯著之天體如太陽，月球等之位置，可藉以證明其他星座之位置，雖其運動位置不易觀察，藉顯著天體以定其他星座位置，是爲易事。

此岡係星座投影于赤道平面之岡也。故均集中於觀察者之天頂，而不在地位位置，有一注意之點，即東西向方位者係增加赤徑也。

Figure 42. 第四十二圖

Constellation of The Southern Hemisphere = 南半球之星座位置圖解

(用法同第四十一圖)

USEFUL NAVIGATION STARS 航行之有用P星座
(IN ORDER OF RIGHT ASCENSION) (按赤徑順次排列)

大 小 星 等 M ag n i t u d e	名 稱 N A M E		赤 徑 Ascension Right 徑 hr m-s	赤 緯 DECLINA- TION Deg. Min.	視 差 Parallax in Sec.	距離以光年計算 Distance in Light Year	距離以十兆哩計算 Distance in billions of miles
	恆 星 STAR	星 座 CONSTELLA- TION					
α	Alpharatz	Andromeda	0 4 9	N28 38.3	.059	55	324
α	Schedar	Cassiopeia	0 25 0	N56 00.0	.086	91	532
α	Mirfac	Persei	3 18 28	N49 34.2	.087	37	220
α	Capella	Auriga	5 10 28	N45 54.9	.95	34	202
α	Betelgeuse	Orion	5 50 00	S 7 20.0	.022	148	870
α	Canopus	Argus	6 22 8	S52 39.0			
α	Sirius	Canis Maj.	6 41 32	S16 36.2	.388	8	49
α ²	Castor	Gemini	7 29 22	N32 4.2	.198	16	97
β	Pollux	Gemini	7 39 00	N28 18.0	.057	57	336
α	Regulus	Leonis	10 03 00	N12 30.0	.089	37	215
α	Dubhe	Ursa Maj.	10 58 41	N2 11.6	.046	71	416
γ	Alkaid	Ursa Maj.	13 44 19	N49 43.3			
α	Arcturius	Bootis	14 11 55	N19 36.5	.016	204	1196
α	Antares	Scorpic	16 24 23	S26 15 1			
α	Vega	Lyrae	18 34 10	N38 42.4	.092	35	208
α	Altair	Aguila	19 46 47	N8 59.1	.214	15	89
α	Deneb	Cygnus	20 38 38	N44 59.2			
ε	Enif	Pegasus	21 39 00	N9 30.0			
α	Fornalhaut	Piscis	22 52 00	S30 12.0			
α	Mardab	Pegasus	23 00 00	N14 36.0	.081	40	236

航
行
學

一六三

天文航行之重要名辭及其單位

名	稱	縮寫	單位	計量之點	量之方向	計量之處	限
1	緯度	L	° , ' , ''	真子午綫	N 或 S	本地	90
2	徑度	O	° , ' , ''	赤道	E 或 W	本地子午綫	180
3	赤緯	d	° , ' , ''	經過天體之時圈 Hour circle thru Body	N 或 S	天體	90
4	極距	P	° , ' , ''	天極	從天極	''	180
5	高度	h	° , ' , ''	經過天體之垂直圈 Vertical circle thru Body	從天頂	''	90
6	方位角距離	V	° , ' , ''	垂直或天頂	從天頂	''	90
7	方位角	Z	° , ' , ''	Horizon 平面	順時計方向	經過天體之垂直圈	3·0
8	赤徑	RA	h m s	天球赤道 Equinoctial 道	Vernal Equinox 春分點 向東方向	經過天體之時圈	0至 94 ^h
9	時角	t	h m s	天體之天球子午綫	E 或 W	''	0至 12 ^h
10	本地真時	L.A.T.	h m s	本地子午綫	W	經過太陽之時圈	0至 24 ^h
11	本地常用時	L.C.T.	h m s	''	''	平均太陽	0至 24 ^h
12	本地恆星時	L.S.T.	h m s	''	''	春分點	0至 24 ^h
18	標準時	G.C.T.	h m s	格靈威子午綫	''	平均太陽	0至 24 ^h

第十二章 位置圈天象方位角天體之推測高度及初測高度

第一節 位置圈 The Sumner Circle or Line of Position

(a) 如上章所述無論任何時，地面必有一點乃正當頂于某天體也。如測者立地面此點以觀察太陽，而太陽位置必在天頂 Zenith，設同時另立一點觀察太陽，則太陽位置不與測者垂直當頂，如第四十三圖 B 所指，測者由 A 點觀察太陽，則太陽位置乃為天頂。設從 B 點觀察太陽（則為從 A 計算得四十度之大圓弧）太陽位置為天頂南四十度。設太陽在天頂北四十度時，則測者位置乃在從 A 計算四十度大圓弧之處也。頂距 Zenith Distance V 亦為四十度。而高度 (h) 則為五十度 50° ，因 $h + s = 90^\circ$ 。若太陽或天體之位置為已知數，高度亦已計算，則可計算垂直當頂太陽或天體之地面某點，在地圖上可劃一位置圈 a Circle of Position 此稱曰沈納圈或位置圈 The Sumner Circle or Line of Position 測者則可於此圈之某點上以定位置。一次觀測定位甚難精確，飛航員藉此可知自己位置在百哩範圍之內，并可決定自己位置在圈之某部。設能測得太陽之方位角時，取該角之相反方向畫第二位置線，此線與沈納線 Sumner Line 相交之點即為所求之定位也。求正確之定位，同時須觀測兩個天體，二沈納線相交之點乃為正確之定位也。

(b) 沈納圈之直徑通常為 1000 哩，測者之地位乃以一直線代表之，直線畫於地圖上即稱之

謂位置圈或沈納圈。

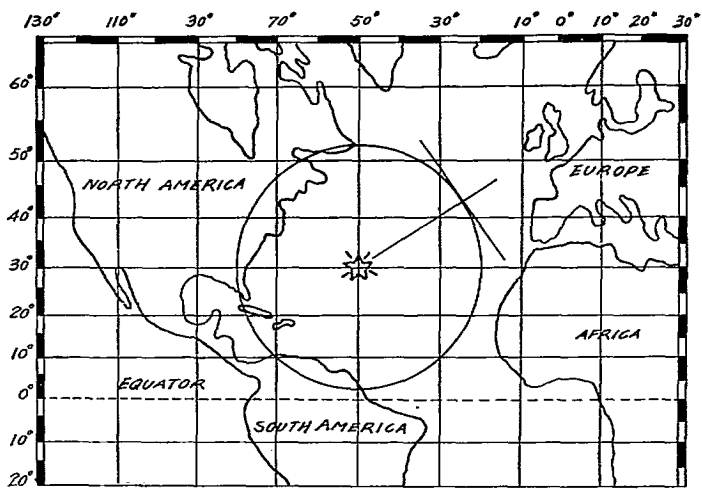
第二節 海蘭氏 *S. Hires* 之修改位置圈法

(a) 按諸理論位置圈容易計算，實際應用時以沈納之原來方法定地圖上位置圈之地位，頗為困難，檢查函數表，運用數學計算，甚費時間且不適航行之用。故法國海軍大將海蘭氏將沈之位置圈加以修改，計算手續甚屬簡捷且觀測天體之位置亦為正確也。

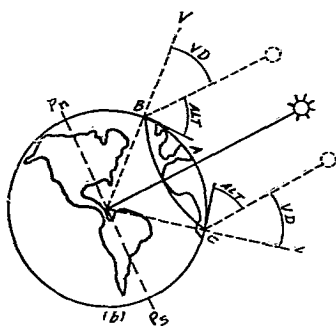
(b) 用此法時飛航員預定於某時間，飛機抵達某地，該地在地圖上標記之。此位置乃用推測駕駛法計算之（詳見第十章）於該位置地時飛航可以計算太陽之正確高度，此種高度曰推測高度 *The D. R. Altitude* 以上所述均屬理論，即假設飛機抵達某地而太陽之高度為推測高度也。太陽之方位亦可計算求出，用方位角表則求出該點之推測位置，經過推測位置畫一直線以代表太陽之方位。故 *AS* 線（見第四十三圖）為經過推測位置 *A* 之太陽方位也。

(c) 同時亦求出推測高度，飛航員藉六分儀測太陽之真正高度。設初測高度 *Observed Altitude* 小於推測高度 *The D. R. Altitude* 則沈納綫 *The Sumner Line* 距 *Subsolar Point* 甚遠，初測高度大於推測高度時，則沈納綫距 *Subsolar Point* 甚近。如第四十三圖 *C* 所示，*A* 點為推測位置，當初測高度小於推測高度時，則沈納綫經過 *C* 點。當初測高度大於推測高度則沈納綫經過 *B* 點。此法之利益即為從地圖何處畫沈納綫時，得粗略知道所在之位置也。故所在之位置必在推測位置之此邊或彼邊，與太陽之方位乃成正角。吾人已知大圓弧之一分等

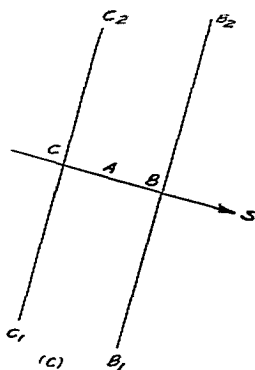
於一海哩，故亦可求得 AB 或 AC 之正確距離。設推測高度爲 $28^{\circ}1'$ ，初測高度爲 $28^{\circ}33'$ ，則沈納線較之推測位置有 32 哩，與 Subsolar Point 相近也。



(a)
A Circle of Position



(b)
Summer Circle



(c)
Fig 43. Plotting the Summer Line

Fig. 43. 第四十三圖

A circle of position	=	位置圈
Equator	=	赤道
Europe	=	歐洲
Africa	=	非洲
N. America	=	北美洲
S. America	=	南美洲

沈納氏圈 = Summer circle

沈納氏圈之劃法

(d) 當推測高度與初測高度為相同之沈納線，則其推測位置即為實際飛機所在之位置也。
(e) 用推測方位角線 The D. R. Azimuth Line 與沈納線相交以求航空器之定位，有時亦不精確（第四十三圖 C）設推測位置計算誤差甚大，而當觀察時方位角線 (A) 亦不能正確代表太陽之方位，但方位角線之誤差影響推測高度及初測高度甚少。藉六分儀之方位盤可求得太陽之真正方向。再將此新測得之方向畫於地圖上以與沈納線相交，相交點即為航空器所在之位置也。

第三節 天文之交叉方位 Astronomical Cross Fixing

(a) 於第二編第十章內已述認識地面兩物體之交叉方位以求定位。按同樣情形天文航行亦可用二線相交以求定位。此二線者即沈納線與方位角線或二沈納線相交以求航空器之定位。
(b) 此法不得行之於白晝，但亦有例外，設太陽及月球同時發現於白晝，仍可採取此法以定方位。夜間則同時觀察兩星手續甚簡易也。航海日曆 The Nautical Almanac 中則有一百五十星座之定位；夜間無論何時航空器在雲端上層飛航時，選擇兩星用天文之交叉方向可求得該機之定位。當選擇星座時，其方位角之差須超過三十度，而沈納線相交所成之角度即等於兩星方位角之差也。設線切割所成之角度大於三十度時，則相交之正確點容易決定，故相交角度與正角 90° 相近時，則定位頗為正確。第四十四圖即說明天文交叉方位法也。

(1) O 為推測位置 D. R. Position

決定之。

- (2) OS_1 及 OS_2 爲兩星座之推測方位角。
 (3) AO 爲第一沈納線， BO 爲第二沈納線，該線則依推測高度與初測高度相減之差而
 (4) 相交點 C 卽爲航空器之位置。

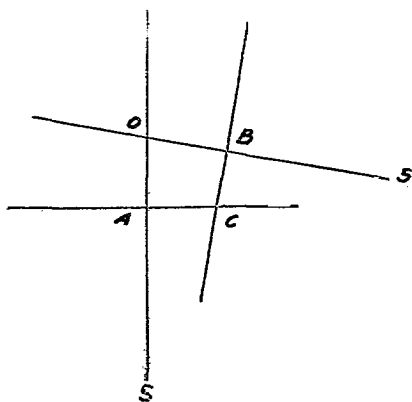


Fig. 44.

Astronomical Crossbearings.

天文交叉方位法

第四節 星之觀察 Stellar Observation

(a) 沈納，海蘭氏方法乃觀察太陽求定位，同樣情形觀察行星 Planets 或星座亦可求得定位也。恆星時 The Sidereal Time 可從標準時 G. C. T. 計算之，或按經線儀 Chronometer 亦可求得恆星時。所謂恆星日者 Sidereal Day 乃即地球沿地軸自轉一週之謂，亦即等於某星兩次經過同一子午線之時間，此時間與平常日 Civil Day 完全不同。

(b) 先將測量經線儀 The Sidereal Chronometer 放置於標準恆星時 The Greenwich Sidereal Time，星之高度已經測得，則求某星之時角之手續如下：

(1) 改正初測恆星時以求經線儀之差。

(2) 從推測經度（單位以時表明之）減去改正之時則得某地之恆星時，即航空器所在之位置也。

(3) 從某地之恆星時減去某星之赤經 Right Ascension 即得恆星時角 t

(c) 觀察星座之計算法與觀測太陽之計算相似，赤緯赤經之數可從航海日曆中檢查之，經度即為推測經度也 D. R. L. o.

(d) 設飛航員當觀測星座時而無測量經線儀，太陽常用時變換為恆星時，其計算手續甚為繁縟。且多用航海日曆表檢查之。

(e) 下列諸符號為解算天文航行之球面三角各部之名稱。

h = 天體之真正高度 True Altitude

h' = 天體之改正高度 Apparent Altitude

d = 天體之赤緯 Declination

p = 極距 Polar Distance = $90^\circ - d$

t = 天體之時角 Hour Angle

o = 測者之理想位置

v = 頂距 True Zenith Distance (即為天頂與天象間之小弧 $v = 90^\circ - h$.)

v' = 改正頂距 Apparent Zenith Distance

zn = 方位角，順時計從 0° 至 360° 計算之。

z = 天體之方位角從天極東西 0° 至 180° 計算之。

第五節 計算推測高度 D. R. Altitude

(a) 計算推測高度或假定位置之高度須根據球面三角原理解算方法。如第四十五圖所示。

(1) 取 V 為假定之位置，該位置之經緯度則推測 D. R. 計算之。S 為由 V 點觀察太陽之位置。

(2) EE' 代表赤道， P 及 P' 為天極。

(3) ΔV 為推測緯度 D. R. Latitude, $T S$ 為太陽之赤緯， p 代表測者之時間（計算之

VS 爲頂距。LVDS 爲太陽之時角 t 。

(4) 球面三角之 PV 邊等於 $(90^\circ - h)$ ，PS 邊等於 $(90^\circ - d)$ ，VS 邊等於 $(90^\circ - h)$ ，h 代表高度也。

(5) 設 t 爲太陽之時角則 $\angle PV$ 與 $\angle VS$ 關係可用下列之數學公式說明之。

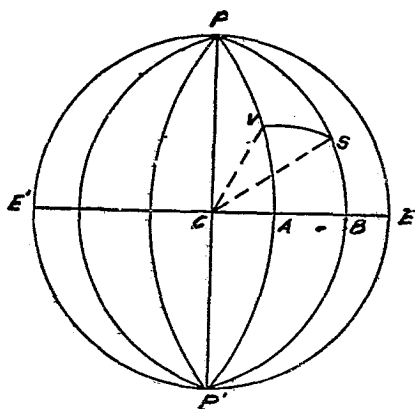


Fig. 45.

Spherical Triangle of Altitude

高度之球面三角

(d) 從球面三角之下列公式可求得高度

$$\sin h = \sin L \sin d + \cos L \cos d \cos t$$

此乃為航行之基本重要公式，設各項中已知三項則可求其他之未知一項。

(e) 於航海時則 h 之值皆以對數計算之。對數有兩種：其一為 $T. N. \& J. D. Noyes$ 出版之 ‘Summer Line Table Simplified’，其一為美國水路局出版之 ‘Table of Position Table’。

(d) 如用上列二表時，則將公式另變換三角之方式寫之：

$$\text{hav. } v = \cos L \cos d \text{ hav. } t + \text{hav. } (L \pm d),$$

v 為頂距，而 ‘hav.’ 符號則表示 *hav*ersine 即為 *versine* 之半數，或等於 *Sine* 平方之半角。頂距 v 乃為高度 h 之互成補角。

(e) 設題中之已知三數為：

(1) L = 緯度，推測而待之。

(2) d = 太陽之赤緯觀察之時取航海日曆檢查之，則為標準常用時(太陽) Greenwich

Civil Time (Solar)

(3) t = 太陽之時角，或某地之真時 Local Apparent Time 即鐘表 Time Piece 推測

經度 $D. R.$ Longitude 所指示之時也。

(f) 表之種類：

(1) A Cosine 表包括 Cosine 角至每一分弧之對數。從 0° 至 90° ，用於計算緯度及赤

緯。

(2) A Haversine 表則爲指示 Haversine 角至每一分之二對數。從 0° 至 180° 。該表用以計算時角者。時角單位爲時。故時角之 Haversine 對數可由 0 至 12.6 等計算之。

(3) A table of Natural Haversine 爲從 0 至 90° 度諸角度之自然 Haversine，此表不適於飛機航行之用，但氣艇駕駛因地位寬大，計算從容，故常用此表。此表之用法詳載蒲氏所著之航行學大綱。

(4) 飛機航行之實際應用之計算厥爲各種航行儀器之計算，如 By-Grave Slide Rule 算尺，及 Pours Line of Position Computer 位置圈計算器。第十三章第五節說明之。

第六節 時之計算法

(a) 航行所用之時間有二種，一爲太陽時 Solar Time 一爲恆星時 Sidereal Time 太陽日者 Solar day 卽爲太陽兩次經過同一子午線之時間也。恆星日者 Sidereal day 乃卽兩次經過地球始點子午線之時間。

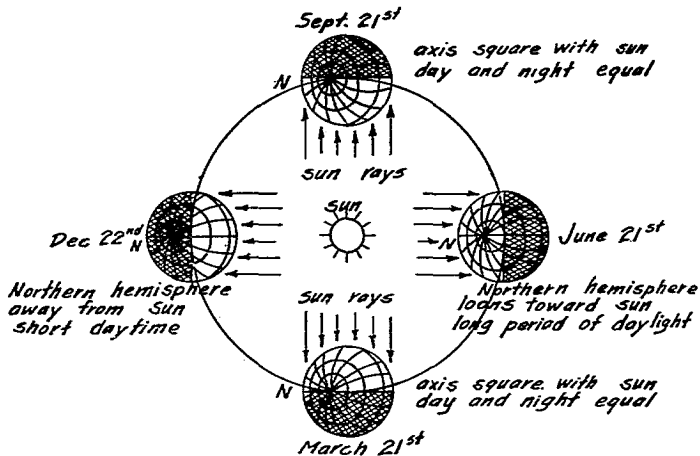
(b) 太陽在宇宙中之真運動 The Apparent Movement 並非恆定不變，因地球繞日之軌道爲橢圓形，則真日時分秒亦非恆定不變也。如太陽由華盛頓之子午線至十五度西之處，所需之時間以太陽之平均運動計算之則大約稍超過一小時或不及一小時。欲求恆定不變之時單位，則想象太陽沿軌道爲平均運動，此種想象太陽之時間稱之曰平時 Mean Solar Time 常用時

或鐘表所指之時皆以平時爲準則焉。真時者卽表太陽真正位置之時也。設太陽在東經 A° ，則本地真時爲 $G.A.M.$ ，該時常較平時及常用時大或小，此皆依地球在軌道之位置而定之。

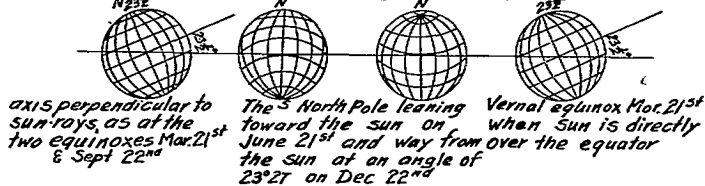
(c) 時差者。Equation of Time 乃平時與真時相差之角度。可查航海日曆表以求之，一日之中每隔二小時則有時差，常平均如此。

(d) 航行時必須攜帶經線儀 Chronometer 以便求標準時，該器表示十二時正午者卽平均日正在格靈威之子午線上。通常有三種經線儀。一種表示標準恆星時 Greenwich Sidereal Time，其他二種表示標準常用時 Greenwich Civil Time 二種間互用之，則可互相較正也。

PLAN VIEW OF THE EARTH IN ITS ORBIT



THE EARTH AS IF SEEN FROM THE SUN AT DIFFERENT TIMES OF THE YEAR



The axis remains constantly in the same plane in regard to space but changes in relation to the sun rays as it travels around the path of its orbit or in the plane of the elliptic.

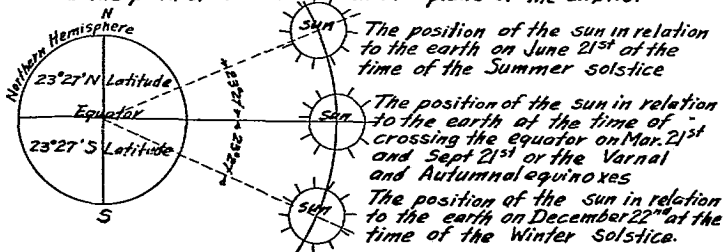


Fig. 46

Fig. 46. 第四十六圖

Plan view of the earth in its orbit	=	地球在軌道上之平面圖
Axis square with sun day and night equal	=	地軸與太陽成垂直，晝夜時間平均
Sept. 21st	=	九月二十一日
North hemisphere away from sun short daytime	=	北半球距太陽遠，晝短
Dec. 22nd	=	十二月二十二日
North hemisphere loons toward sun long period of daytime	=	北半球向太陽，白晝時間長
Sun	=	太陽
Sunrays	=	太陽光綫
June 21	=	六月二十一日
March 21	=	三月二十一日

假設由太陽觀察一年不同時季之地球位置

axis to sun rays, as to the two equinoxes Mar. 21 and Sept. 22 地軸與太陽光綫垂直，春秋二分為三月廿一日及九月廿二日

The north pole leaning toward the sun on June 21, and way from the sun at L. of 23° on Dec. 22. 地球北極于六月廿一日乃傾斜朝向太陽，至十二月廿二日離開太陽並成 23° 之角度

Vernal equinox Mar. 21, when sun is directly over the the equator. 于三月廿一日乃為春分，太陽光綫直射於地球赤道上

The axis remains constantly..... in the plane of the elliptic 按天球空間而言，地軸于地面上仍為不變，當地球沿其軌道轉動，祇有太陽光綫變化而已。

The position of the sun in relation to the earth on June 21 at the time of the summer solstice 六月廿一日夏至日，太陽與地球之關係位置。三月廿一日九月廿一日即為春分秋分，太陽與地球之關係位置，十二月廿二日冬至日，太陽與地球之關係位置

(e) 求假設位置之太陽時角。

(1) 由經線儀測得之時藉經線儀改正之，則得標準常用時 Greenwich Civil Time

(2) 用日曆檢查時差以求標準真時 Greenwich Apparent Time

(3) 設推測經度 $D \cdot R \cdot Longitude$ 爲西，則與標準真時相減，設經度爲東，則與標準真時相加也。經度單位爲時（卽時分秒是也）。

本地真時卽時角 (t) 於本章第五節之公式中則用以推測高度者。

(f) 測量經線儀之時間必須指示標準恆星時 Greenwich Sidereal Time，設星之高度已經觀測之，求某星座之時角手續如次：

(1) 用經線儀之差以改正初測恆星時。

(2) 從改正時減去推測經度（單位爲時）則得航空器於某假設位置之本地恆星時。

(3) 從本地恆星時再減去某星座之赤經，則得恆星時角 t Sidereal Hour Angle

第七節 天象方位角之計算法 Computation of Azimuth

太陽之方位角用各種表皆可檢查求得之。如美國海軍部航務署頒發之 Azimuth Table 以及美國水利局出版之 'Line of Position Table' 中可檢查特種方位角表。此表依時角，高度，方位角及赤緯四種比例關係而定之。時之 Sine 與高度之 Cosine 之比率等於方位角之 Sine 與赤緯之 Cosine 之比率。設表中求時角與高度之已知之比率，則可求出方位角與已知之赤緯

所成之比率。以上四項亦可用計算器求之如 *For's Calculator* 及 *My-Grave Slide Rule* 此種計算器之構造乃依上述之原理製成之。

第十三章 求位置圈之應用儀器

第一節 六分儀

(a) 六分儀者乃航海家用以觀察太陽或星座之儀器也。其種類甚多，但構造原理均屬相同。六分儀之各部構造原理於第四十七圖 a 說明之。

(1) 六分儀架上附有圈弧約有八十度。

(2) 弧面刻劃分度，分度單位則爲度分，從右至左計算之。

(3) 架上裝有望遠鏡 A Telescope T

(4) 有一動鏡 Index Mirror I 直定於儀面之半徑軸上，鏡可隨之左右轉動。

(5) 半徑軸之外端爲游尺 Vernier 另有一裝置放大鏡 Magnifying Glass 該鏡專以放大分弧度及游尺之刻劃以便觀覽較爲清晰也。

(6) 水平鏡 Horizon Mirror (H) 其上半爲透明之玻璃，下半爲有水銀之反射鏡。

(b) 六分儀應用時，先將望遠鏡須平行於儀面。分度弧面垂直，將游尺指矢置於分度儀弧之零度位置，遠方映入物影則爲平行，光線 OH 及 SI 成平行。由 I 及 H 一部之水銀反射之影即 OH 光線，將半徑軸移動時，則可視零一物影，該影則經過 H 之透明部。由望遠鏡窺之見真水平線物影與另一物影相合時，則游尺指矢爲真正零度。設游尺不爲零度時，須檢查

器差 Index Error 以規正之。此種規正。須引用太陽及星座之高度也。器差之規正設差在另度左邊者則減之，在右邊者則加之。

(c) 六分儀與太陽方位角之平面成垂直時，用望遠鏡窺視太陽經過 H 之影。再將半徑軸轉動之使移動鏡成 a 角，窺視另一太陽之影，以與水平太陽影相合成一直線，則太陽之高度爲 $2a$ ，而角度 a 者乃經過 L 鏡所成之角也。儀器上測得弧度乃爲真正弧度之二倍。觀察太陽時常於 L 與二鏡之間置一有彩色玻璃，藉以減弱太陽之強烈光線，使測者之目不致受傷。

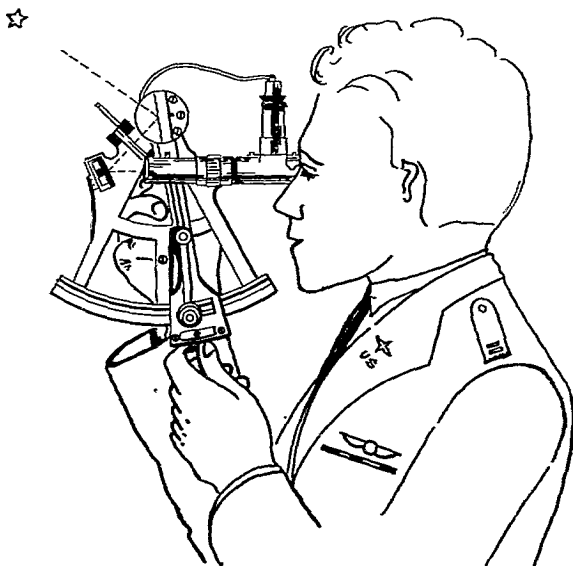
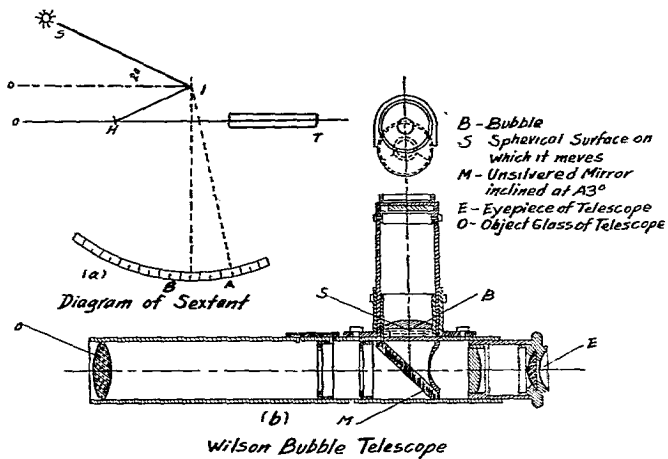


Fig. 47

Methods of using bubble telescope with rolling clamp

Fig. 47. 第四十七圖

Diagram of sextant	=	六分儀之圖解
B.	=	水泡
S.	=	移動之球面
M.	=	不透明之鏡面，傾角為 43°
E.	=	望遠鏡之觀察處
O.	=	望遠鏡之鏡頭

Wilson Bubble Telescope 威爾遜水泡式望遠鏡

Methods of using bubble telescope with rolling clamp 水泡望遠鏡裝配轉動夾板之
使用法

第二節 航空器所用之六分儀

(a) 航空器之設計及裝配而用爲天文航行者，則於航空器上觀察六分儀亦不困難，與航海船隻之觀察情形相等。理由詳見第一編第一章。但觀察時間必須迅速耳。

(b) 欲求正確之初測高度 Observed Altitude 則望遠鏡必須水平。水平線者卽物影經過H而與測者之目成水平也。海洋面船隻觀察時，則取水天交界之點爲水平線。地球本體爲球形，故目瞄之水平線乃在真水平線 True Horizon 下端。故測者真水平線與水天交界線相會於眼中之角度，稱曰眼高角 Dip，測者愈高，此角愈大，如第四十八圖所示。

(1) HO線爲真水平線，OI爲海平面或稱視平面 Visible Horizon 由六分儀測得之太陽高度爲 HOs ，然太陽之真高度乃爲 HOS 。

(2) 平面之眼高差乃爲 HOI 角度。

(e) 按諸幾何原理則水平面之眼高差（單位爲弧之分數）等於高度之平方根（單位爲呎）再從天體之初測高度減去眼高差。以上公式乃由 Dr. H. H. Russell 證明之，於 10,000 呎高度，經過 129 次觀察結果其平均差爲弧之一分 One Minute of arc 此法觀察高度最適天文航行，因觀察時與視平面無關也。此法詳述下章。

(d) 設經過海洋面航行時，高度在 3,000 呎之下，則取視平面爲指示線 Line of Reference 飛機若過陸面或雲之上層時，則不能取視平面爲指示線，其理由如下：

(1) 天氣雖晴朗但地平線非常曖昧不明，高度若增加至 3,000 呎以上，則視線為薄霧
Haze 遮蔽，蓋由 3,000 呎至 4,000 呎高全為薄霧蒙蔽，除此種情況外，則不取平面為指示線
也。

(2) 地平線為雲霧籠罩晦暗時。

(3) 多山陸面崎嶇不平，視平面呈不規則形勢，而眼高差亦無準確計算。

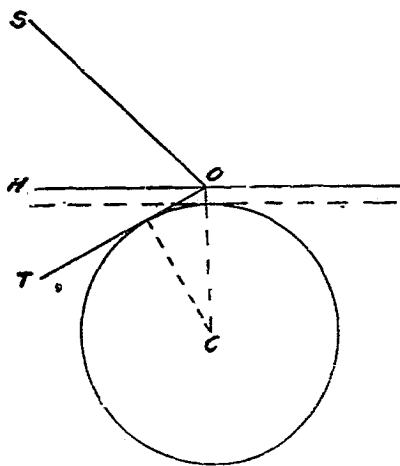


Fig. 48.

Dip of the Horizon

平 面 之 傾 角

因觀察平面諸多困難，故遂用人造水平面以為準則焉。人造水平面乃以水泡六分儀測量之。

第三節 水泡六分儀 Bubble Sextant

(a) 六分儀望遠鏡之軸於測天體高度時，須放置於水平面以作計測天體高度之指示線。美國哈佛大學教授 Prof. R. W. Wilson 則以簡易精巧之方法製成水泡六分儀，製法則將普通六分儀之望遠鏡上附加一球面水泡平衡 a Spherical Bubble level 見第四十七圖。

(1) 水泡平衡面置於望遠鏡上面而近於窺視之一端。

(2) BB' 為水泡，可於球面玻璃 C 之下端移動之。

(3) M 為透視鏡置於 45° 角度之位置，反射水泡影於望遠鏡之軸上。

(b) 設望遠鏡置於水平面，觀察遠方物之位置則在真平面上，水泡影與物體之影相交於一點。望遠鏡軸向上傾斜，物體與水泡影像亦向上傾斜，而所成之影為顛倒者。故物體與眼睛之焦點。水泡球面之曲半徑成相當比例時，加入副鏡 L ，則物體與水泡所成之傾斜相同，設望遠鏡有傾斜時，而物體投影亦在水泡中央。此種儀器乃專為空中觀察者所用，其他種之水泡六分儀均無斯項設備也。

(c) 尋常六分儀附有水泡望遠鏡者，則於平面鏡後加一不透視鏡。白晝觀察時則光線由露口射於水泡面上，夜間則用微細之電光以觀察之。當觀察時先轉移動鏡以取太陽之粗略高度，測者再視水泡及太陽之投影，將太陽之投影漸次規正之，使與水泡吻合。

(d) 水平鏡之透視鏡規正不良時則發生器差 Index Error 器差之總和見本章第一節中已說

明之。觀察時須注意者乃即水泡管之軸與六分儀弧之平面必成平行，經 *Finsen* 博士於空中觀察試驗結果，水泡六分儀較之人造水平線有同樣之正確，熟練此法觀察甚屬簡易敏捷也。

(e) 美國海軍部另製一種水泡六分儀專為海軍飛航者，現已陳舊廢用，該儀器採取細微酒精平衡管裝置望遠鏡下端之六分儀架上，放置一鏡與望遠鏡軸成 45° 角度，此平衡之影反射於望遠鏡上，望遠鏡之物影則由鏡之半面射入，其餘之半面露口則為太陽光線射於水泡平衡者，現海軍部業已改良設計之，以適合海軍航行之用。

(f) 凡六分儀之用於航空者須有下列各特點：

- (1) 樣式精巧佔位不多而攜帶輕便者。
- (2) 望遠鏡之視界須廣，放大倍數須低。
- (3) 度刻分劃須清晰以便計讀。
- (4) 移動指標之游尺度數不用放大鏡即可計讀。

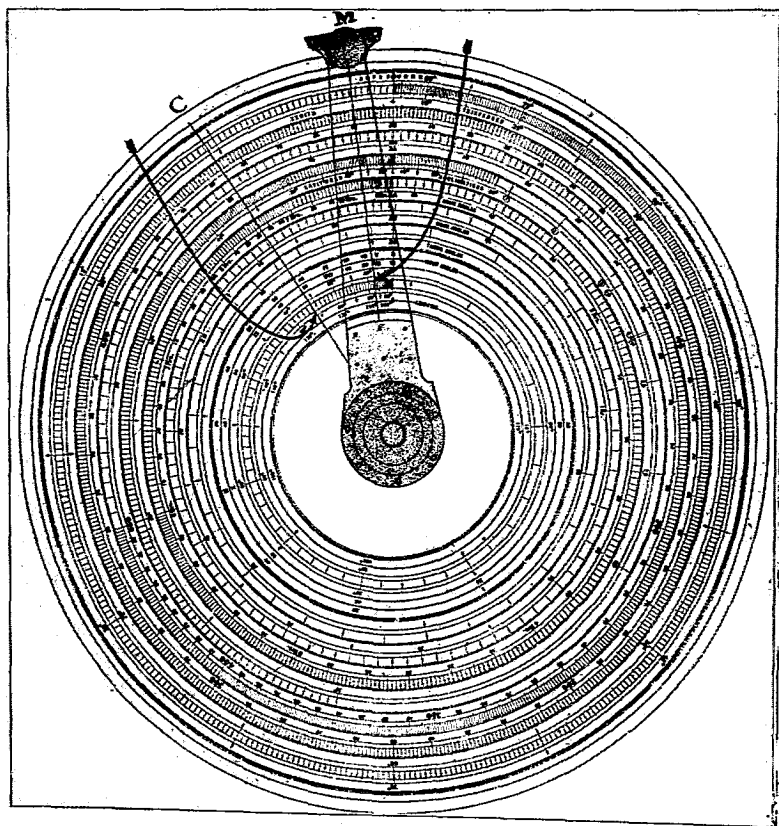


Fig. 49—Poore's Line of Position Computer

Figure 49. 第四十九圖

Poore's Line of Position Computer

= 蒲氏位置綫計算器

第四節 計量高度之修正法

(a) 六分儀備測物體時，須有相當修正始得真正高度。修正手續如次：

(1) 改正器差。

(2) 改正折光差 *Refraction*

(3) 規正太陽之半徑差 *Semi-diameter*

(4) 規正平面之眼高差 *Dip*

(b) 改正器差於本章第一節述之。其第二節(c)項所述之第四種規正眼高差，水泡六分儀則不需要也。

(c) 太陽星座之光線經過地球所圍繞之大氣，則發生折光，故六分儀須有折光差之改正。因折光之故，吾人所視之太陽或星座均非真正位置，當太陽在天頂 *Nadir* 則無折光。折光之發生乃因光線由密度全無之媒質經過密度濃厚之媒質時，則光線反折而改變其原來之方向。折光之最普通現象如光線由空氣而經過水中，或由空氣經過玻璃。大氣之密度近地面較為濃厚，愈高則密度愈稀，故由星球或太陽所來之光線，必折為曲徑而達於測者之眼簾也。顯見位置 *Apparent Position* 與真正位置之差則曰折光差。

(d) 折光則使天體高於真正位置，折光之多寡與天體距天頂之遠近甚有關係。故於天頂之位置必無折光。因天頂之天體所發射之光線乃與測者成垂直。愈近地平線則折光差愈大。折

光又受大氣密度影響，氣壓增加折光愈多，溫度增加折光減少也。

(e) 太陽之半徑差，因測者觀測時有取太陽之上半邊有取其下半邊者。計算太陽中心之真正位置，則必須規正其半徑差。太陽之顯見直徑 *Apparent Diameter* 為弧之 32' 分。若測象時為 *Lower Limb* 則從初測高度加入此數 (16分) 若為 *Upper Limb* 則減去之。

(f) 航海所用之六分儀常將折光差半徑差及眼高差合併為一，另備一表說明各種高度之天象及大氣之情況以為檢查規正之。凡用 *Wilson* 水泡六分儀則無須改正眼高差及半徑差，所須改正者乃器差及折光差也。前項兩種差誤乃儀器本身之差誤，故必須改正之。折光差則用表檢查之。

第五節 蒲爾位置圈計算器 *Poor's Line of Position Computer*

(a) 航空器較洋海船隻之速度大，計算時間必須迅速，故遂有蒲爾位置圈計算器及 *By-Grave Slide Rule* 之發明。

(b) 該儀器之說明詳見蒲爾教授所著 “*Simplified Navigation*”，若擇其要點說明之。該儀器如第四十九圖所示，乃為一圓形之算尺。其構造主要部分如下：

- (1) 一圓面盤，盤上刻劃數種之圓圈分度。
- (2) 一轉動透明之圓圈。
- (3) 一轉動指臂，可與轉動圓盤分離或重疊。

刻劃分度之圓圈分爲兩類，求高度者屬於一類，求方位角者另屬一類。後者乃爲內圓圈。
(c) 外圓圈者（用 a_2 及 b_2 標明之）表高度頂距之圈也，圓圈上所刻之分劃乃爲度數及度之分數，卽等於 Natural Haversine 之相同角度。圓圈外沿邊之分劃表高度，圓圈內沿邊之分劃表頂距。

(d) 第二圓圈（用 s 標明之，見第五十圖）乃爲間隔相等之分劃，從 0 至 500 止。

(e) 第三圓圈（用 s 標明之）表對數之分劃從 50 至 500 止。

(f) 第四圓圈（用 a, b, c 標明之）表時角。圈也。故時角之分劃乃等於 Haversine 之對數。

a 圓圈計算從 2h 27m 至 6h 或從 6hr. 至 12hr. 之每一分時角 Angle to single Minute b 圓圈計算從 2hr. 27m 至 0hr. 46m 之每一分時角。c 圓圈計算從 0hr. 46m 至 0hr. 14m 之每一分時角。

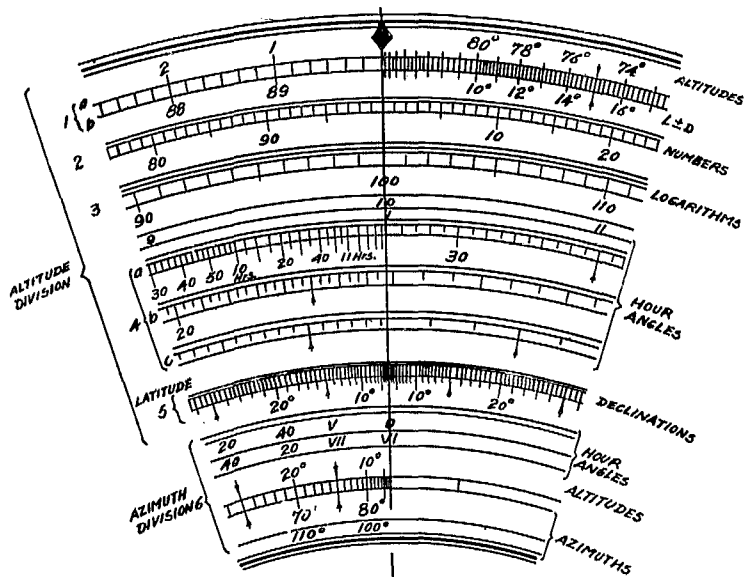


Fig. 50—Section of Line of Position Computer Showing Division of Circles

Fig. 50. 第五十圖 位置綫計算器之一部，并表示各圈之分割

Altitude division	=	算高度之部分
Azimuth division	=	計算方位角度之部分
Altitude	=	高度
Number	=	數目
Log.	=	對數
Hour angle	=	時角
Declination	=	赤緯
Hour angle	=	時角
Altitudes	=	高度
Azimuth	=	方位角度

(g) 第五圓圈表緯度及赤緯。從零點向左計算者爲緯度，向右計算者爲赤緯，單位爲度及度之分數。其分割間隔等於 Cosines 之對數相同角度。緯度分割至 70° 止，赤緯至 30° 止。太陽之赤緯從未超過 $23^\circ 27'$ 。星座之赤緯均恆定不變，故標明星座之赤緯則已夠用，於 30° 外則取數主要星座之赤緯而與航行有利者。（近來該器業已改良，故可測至 70° 之赤緯）。

(h) 第六圓圈內之圈表方位角部份。刻分割圓圈祇有一個即表時角。高度及方位角。刻分割度之間隔乃等於從 6° 至 90° 之 Sine 對數之相同角度也。時角分爲兩類：

(1) 從 $0\text{hr. } 24\text{m}$ 至 6hr. 其間隔爲 4m 者則向右計算之。

(2) 從 6hr. 至 $11\text{ hr. } 30\text{m}$ 其間隔爲 4m 者則向左計算之。

時角若在 24° 以下概忽略不計。每一度之高度以外邊分割內邊時角表明之。每一度之方位角則以內邊二分劃圈表明之。

(1) 從 6° 至 90° 則向右計算之。

(2) 從 30° 至 174° 則向左計算之。

方位角及高度小於 6° 度者概不計算之。

(i) 該儀器之計算手續及說明詳見於蒲爾教授所著之 *Simplified Navigation* 飛航員當未熟練此種儀器之前，勿取該器以計算各種航行問題。最妥之法，飛航員於地面上先求得飛機之定位並用第一編第九章之各法飛航於熟識之陸面，藉方位角計算器計算之，直等該儀器各

部完全了解，能作正確之應用，則始可飛航於不熟識之陸面以計算各種問題也。

第四編 航行駕駛所用之儀器

第十四章

指示高度，速度，垂直變化，與地平綫之相對位置及偏航與時間之各種儀器。

第一節 航空儀器之功效

(a) 航空儀器者為指示或輔助飛航員所駕駛之航空器能得最大效能及安全。儀器約分二類：一類對於軍事飛航或長途航行為有利，一類對於飛機之性能測驗用者。

(b) 黑夜飛行或雲霧中飛行，欲求安全及有效之飛航，除依賴儀器指示外，別無他法。設自己飛機為雲霧包圍，時間久暫勿計，此時惟有信賴儀器加速度表，飛行儀及羅盤。不然則立刻失去平衡之感覺，飛機易於失事或遭尾旋 *spin* 之虞。空中轟炸空中測量尤須注意速度表及飛行儀，蓋依儀器指示所得之結果常較感覺更佳。飛機之式樣及其性能則各種儀器均能表示之。

第二節 航空儀器之保管法

(a) 不可靠之儀器較無儀器尤為最壞，常使飛航員對於所有各種儀器起懷疑及不信任之心。飛機所用之各儀器，時時檢查，應用時不得發現任何毛病以減少飛航員之信心。儀器因受飛機之劇烈震動，故壽命亦短。設有適當之保管及注意，亦可用之較久。每一航空站須有

一機械士專備清潔修理各種儀器或核準各儀器之度數。

(b) 儀器之保管：有數種儀器每隔一相當時間，必須上油並清潔之。飛行儀及轉表每隔三月須檢一次，時計隔六月檢查一次。其餘各表因其內部轉動緩慢，且裝置密縫，塵埃亦不致進入內部，凡磨擦部分及障礙少之儀器無須特別檢查。

第二節 空速指示器 Air Speed Indicator

(a) 無論長途或短途航行，首先決定者乃為地速。設有可靠之地速表，則用表指示地速，但地速表尚未臻至善地位，則不得不用空速指示器以定地速也。空速者乃航空器經過空中之速度也。於低空靜空氣中飛機，速度表指示速度是為地速。有風時航行，則地速乃為空速與風速二者之矢量總和。設航空器之飛行高度超過海面數百呎時，空速須用高度改正數糾正之，始可求得真正空速。此改正法詳見下節。第五十一圖為三種不同之空速指示器：The

Vertical Scale Airspeed Indicator, The Venturi Pitot Tube, The Pitot Static Tube

(b) 空速表之基本原理：空速表分為二部即壓力管與指示部分。但亦有例外，指示器附有薄膜，氣壓有細微之變化則薄膜前後移動。

(c) 支持力 Sustaining Force 阻力與密度及速度平方相乘之積成比例，其公式如下：

$$p = k D v^2$$

(壓力等於常數密度速度平方相乘之積) 空速指示器有直接表明空速者，有直接表明空速

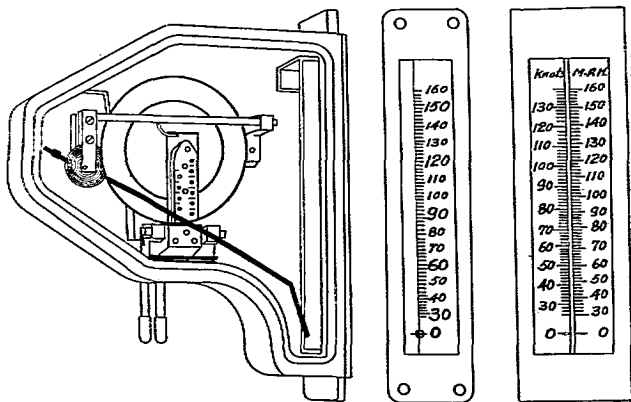
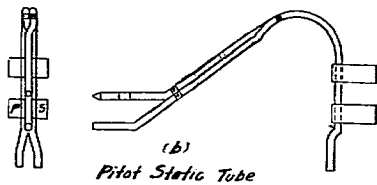
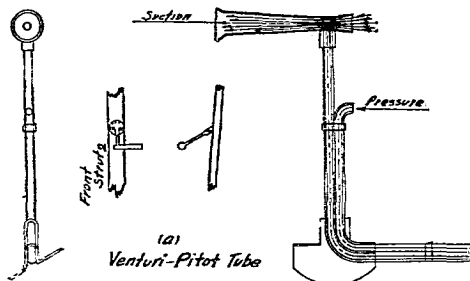
壓力者。

航
行
學

一九三

航
行
學

一
九
四



Vertical Scale Airspeed Indicator
Fig. 51.

Fig. 51. 第五十一圖 垂直式空速指示器

Suction	=	吸引空氣部分
Pressure	=	氣壓
Front strut	=	前支柱
(a) Venturi pitot tube	=	文德利管
(b)	=	靜壓管

(d) 空軍所用之空速指示器種類甚多，茲擇其要者列表於後：

Type B Range 30—160 m. p. h. Venturi—Pitot

Type C Range 30—160 m. p. h. Venturi—Pitot

Type E Range 30—160 m. p. h. Venturi—Pitot

Type H Range 30—160 m. p. h. Venturi—Pitot

Vertical Scale Type Range 30—160 m. p. h. Pitot—Static

Model 1923 Range 5—80 m. p. h. Pitot—Static

High—Range Range 30—250 m. p. h. Pitot Static

(e) 空速指示器之誤差。表中指示之空速最大誤差不得超過二哩每小時 3 m. p. h.，壓力管有 1.5 m. p. h. 之誤差，其餘一半誤差乃屬指示器機械誤差。其他種類指示器之誤差常有超出此數，易使飛航員不信任普通一般空速指示器。核準壓力管及指示器之度數亦甚屬重要，普通誤差之起因有二，(一)爲接頭處漏氣，(二)磨擦過甚而發生機械誤差。混氣或鏽壞部分之酸質易使鋼製樞軸腐蝕，於是空速表示不正確而發生誤差也。

(f) 高度改正法：氣動力式之空速指示器其核準之標準則爲氣壓 29.92 in 氣溫 16° c 時之

空氣密度也。按物理定律而論密度增加則氣溫減低，密度減低則高度增加。下列一表爲在 16°。氣溫不同之高度改正數。應用此表則所得航行時之真正空速也。通常每增加一千呎高度則增加表中指示速度百分之二。普通指示器之空速常較真正空速低。寒冷天氣氣壓超過 29.92 吋海平面飛航，指示器所示之空速反而增高故有用密度改正數以糾正之。

氣溫 16° 時之空速改正數

高度(呎) 改正數

2,000.....	1.035
4,000.....	1.070
6,000.....	1.110
8,000.....	1.150
16,000.....	1.195
12,000.....	1.240
14,000.....	1.280
16,000.....	1.330
18,000.....	1.380
20,000.....	1.430

* 改正教典空速相乘

(g) 空速指示器之裝配法，裝配錯誤常見指示器不發生作用。有時壓力管之位置裝配不當，常有 10 m. P. h. 之誤差。各式指示器之裝配法另有專冊說明之。

(h) 其他種類之空速指示器。

(1) Anemometer tachometer Type 風碗式速度表，魯濱孫風碗式空速表係用小風扇或四隻風碗裝置空氣順流地位，其轉動速率與空氣速度成正比例，推動風碗之力量微弱時，則速度乃依空氣密度為轉移。一指示器連接風碗指示轉速率。核準指示器之盤面則表明每小時哩之空速。

(2) Morrell Airspeed Indicator 摩納爾式速度表，該表即為魯濱孫風碗式速度表 Robin-son Anemometer Cup Type。指示器裝置於翼上或支柱上，不受空氣所擾，飛航員容易讀盤面指示之速度。

(3) Holtschor Airspeed Indicator 荷列斯卡式速度表與 Morrell 式相似，其轉動部分乃為小螺旋而非風碗也。

(4) Anemometer Condenser Type 風力計電容器式速度表。該表專為低速航空器用。裝置風碗或小風扇於空氣不受所擾之地位。風力計每轉一次電流關閉一次，電容器充電一次。電容器之放電則經過十分之一之流電計 Milli-Volmeter 流電計指示之偏差 Deflection 與某

定時間內電容器放電次數成正比例，或與風力計之轉速成正比例。指示器可裝置於任何適當位置。表示每小時哩之空速。有用節度計 Chronometric Mechanism 表示轉數者。

(10) Anemometer-Magnetic Voltmeter Type 風力計電流計式速度表。該表與 Magnetic Voltmeter Tachometer 相似。於順流裝置小風扇以便磁電機轉動。

(9) Pressure Plate Type 壓力平板式速度表，即 Pv^2 式指示器也。現已廢棄不用，於順流處裝置一平板，平板受氣壓影響則向後退，但平板後面置一彈簧。平板所受之氣壓與彈簧之抗力均衡時，則得均衡位置，該位置與速度成正比，以指針表明之。指示器盤面數目須大而清晰以便於閱讀。

第四節 高度表 Altimeter

(a) 高度表者為計測航空器在海平面上之高度，並指示所飛之高度，或指示距起機地點之高度。

(b) 無液高度表之原理 Aneroid Type of Altimeter 普通之高度表皆無液氣壓計 Aneroid Barometer 修改而成。見第五十二圖。按物理之高度氣壓公式，求出盤面之分割高度單位。使高度單位所指之數等於氣壓之對數單位。空盒感受氣壓最敏捷，接於可伸縮彈簧 f 上。空盒因氣壓變化而起運動，空盒運動藉彈簧 f 及橫桿 h 則傳動於指針 n 。液體表面之壓力與深度成比例。深度增加壓力亦增加。同樣情形大氣重量壓力亦依深度增加而增加之。海平面之

平均氣壓爲 1.033×10^5 平方吋。氣壓均以水銀柱測計之。無論何種儀器指示氣壓變化者即可用爲高度表。但所指之數目不能代表爲正確高度，因氣壓與高度之關係時時變化。氣壓與高度之關係由實驗結果則將高度表規正之。多數高度表皆用空盒。空盒內空氣宜完全抽盡，否則氣溫增減之時則盒內之剩空氣必膨脹或收縮，以致高度表發生誤差。

(c) 零度之規正。飛機放置地面時，高度表應指示於零度。因大氣氣壓每日變化，故裝置一旋轉螺絲以備飛行前將高度表指針規正於零度上。

(d) 高度表之誤差：(1) 感應滯。差。空盒感應遲滯或不靈敏，此種誤差英文則稱曰 *Lag* 感應滯差。其發生原因係氣壓激烈變化而高度表之彈簧部感應遲滯或不靈敏之所致。又如飛機離地時高度表指示甚正確，設於飛機落地之前，做俯衝 *Dive* 動作，降落時所指高度常超過原來數 200 呎或 300 呎直等數分鐘後始可復原，此種誤差無法改正，乃因反應遲滯之所致也。故於俯衝之後不宜用高度表以作飛機降落。誤差之多寡則視俯衝速率強弱而定。

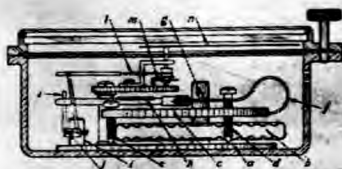
(2) 零點位置之誤差。高度表最困難之誤差即爲零點地位之變換。地面氣壓變化則於飛行前可較正之，而空中各種高度之氣壓變化影響於高度，則無法糾正之。現在所用各式高存表均無免除此種誤差。

(3) 溫度變化之誤差：溫度變化則影響於金屬製之各部。製造改良可以免去此種誤差。但另有二種溫度誤差，其發生之原因由於大氣密度之變化而引起氣溫變化也。常使高度表

指示不正確，如在冬際高空飛行時之情形。普通皆忽略之。惟空中轟炸，空中測量，或其他實驗飛行時，斯項誤差必須計算也。



(a) Dial of Altimeter



(b) Mechanism of Altimeter

Fig. 52



(a) Bubble Inclinometer



(b) Steel-ball-in-glass-tube Inclinometer



(c) Liquid Type Inclinometer

Fig. 53

Figure 52. 第五十二圖

- (a) Dial of Altimeter 高度表之盤面
- (b) Mechanism of Altimeter 高度表之機械部份

Figure 53. 第五十三圖

- (a) Bubble Inclinator 水泡傾斜儀
- (b) Steel-ball-in-glass-tube Inclinator 玻璃管內鋼球之傾斜儀
- (c) Liquid Type Inclinator 液體式傾斜儀

第五節 傾斜儀 Inclinator

(a) 傾斜儀之用途有二：

(1) 表示飛機之轉灣傾斜坡度適當，無側滑外滑之弊。

(2) 表示飛機對於水平或垂直面之傾斜度。

表示第一之用途者則稱曰轉灣指示器 Banking Indicator 該儀器附有一水泡圓球，錘擺或其他混合之儀器，此皆視飛機式別而用之，以定適當轉灣坡度也。

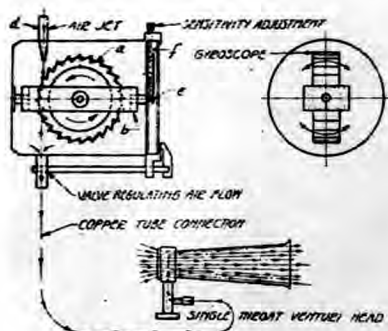
當空中轟炸，測量或航行時，須精細計量飛機之傾斜度數。單用傾斜儀不足以計量之，故用迴轉儀 Gyroscope 或用迴轉錘擺儀 Gyro-Pendulums 以輔助之。

(b) 傾斜儀構造原理，當轉灣時離力心及地心吸力之合力以同一方向大小施與飛機之各個部分，故傾斜儀之液體圓球或錘擺等則指示傾斜方向，其重量大小概不指示。用迴轉儀可兼指示方向及其重量。飛機發生側滑而不作轉灣，則傾斜儀所指示方向乃在飛機已成峻急側滑之後，而非在側滑起始動作之時。故飛機正在峻急側滑中，於數秒鐘內儀器并不指示傾斜度數也。適當之轉灣傾斜之水泡或錘擺須在零點位置。設不在零點，則指示轉灣角度須糾正之。除大馬力飛機外，普通所用傾斜儀之反應常較感覺遲滯，故飛航員面部感受傾風時，而儀器猶未指示傾斜。關閉坐艙 Closed Cockpit 之飛機當轉灣時不易計測機翼與地平面之傾斜。設飛機速率不變則傾斜儀可指示俯仰。

(c) 最簡單之傾斜儀有火酒平衡，火酒常混以他種有色顏料以便觀察也。第五十三圖 a 爲水泡傾斜儀。

(d) 第五十三圖 c 爲液體式傾斜儀。

(e) 玻璃管內鋼球式之傾斜儀（見第五十三圖 b）較水泡式便利，當飛機不在轉灣之時有傾側坡度，則鋼球滾至機翼傾側之方向。飛航員用操縱桿糾正傾側後，則球之位置在零點。



(a) Gyrostatic Turn Indicator



(b) Bank and Turn Indicator (front)

Fig. 54

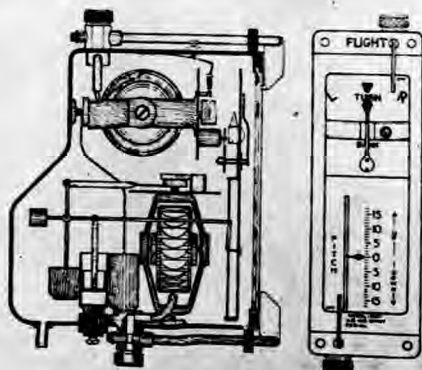


Fig. 55—Flight Indicator

Figure 54. 第五十四圖

(a) Gyrostatic Turn Indicator 靜力迴旋轉向指示器

D.

Air Jet. 空氣噴口管

Sensitivity Adjustment 靈敏調整器

A.

F.

E.

Valve Regulating Air Flow 調整氣流之活門

Copper Tube Connection 銅製聯接管

Single Venturi Head 單文德利管頭

(b) Bank and Turn Indicator (Front) 傾側轉向指示器(正面)

Figure 55. 第五十五圖

Flight Indicator 飛行儀

第六節 轉灣指示器 Turn Indicator

(a) 轉灣指示器者表示飛機於地平面之適當轉灣也。當飛行於雲霧中而無地平線或能見目標時，則用該器以輔助之。轉灣指示器輔助飛航員感覺之不足時用之。其用途則能正確指示直線飛行，或變換航向。並使飛機橫面均衡。於各種軍事或其他長途飛航中，轉灣指示器正為重要有利儀器，轟炸或測量尤須此種儀器輔助之。近代飛機限程日益增加，故需用此儀甚廣。該器有二種：一為靜力指針式 Static Head 一為迴轉靜力式 Gyrostatic

(b) 迴轉靜力式轉灣指示器 Gyrostatic Turn Indicator 為一構造簡單之傳動式。迴轉器裝置於水平軸之平衡環上 Gimbal 平衡環則裝於架上迴旋之軸為逆向者，常使輪齒上緣邊緣動方向指示機鼻，平衡環 b 之軸與飛機縱成平行，迴轉器乃由空氣管 d 之進流空氣轉動之。流出之空氣另以一管連接之，或用 Venturi 管裝於順流處，以為空氣流出也。設管內之空氣被 Venturi 管吸出，因氣壓關係空氣由進氣管擠迫而流入之。彈簧 f 為糾正迴轉軸於水平位置。如飛機右轉灣，則發生一偶力 Torque 使右端之迴轉軸向上移動。故有彈簧以糾正抵抗此種偶力，彈簧不起作用時，迴轉器則在零點位置。設飛機向左轉灣時，迴轉軸起向反方向移動。故軸上之偶力與飛機轉速率成正比例。軸因偶力而移動之情形，甚為靈敏。設飛機祇有傾斜坡度并不轉灣如側滑，則指示器不發生作用。當飛機在側滑時而有轉灣情形者，則指示器指針有轉灣動作，改平後指針在零點位置。指示器應於晴朗天氣或雲層中試驗之。轉灣

指示器於任何情況中乃為最可靠之儀器也。

第七節 傾側轉灣指示器 Bank and Turn Indicator

傾側轉灣指示器即為迴轉靜力式轉灣指示器外附加管內鋼球式之小傾斜儀。

第八節 飛行儀 Flight Indicator

飛行儀者乃混合三種儀器以製成者，即用迴轉靜力式轉灣指示器，玻璃管內鋼球傾斜儀及迴轉靜力式俯仰指示器混合而製成之。俯仰儀可兼作轉灣儀用。該器在平衡位置其軸與飛機縱軸成平行。設機頭向上則發生一偶力使軸之左端向後移動，藉槓桿作用傳動力於指針，表示飛機上昇動作。連接出氣管 Venturi Tube 祇有一處。流進於盒內之空氣另有空氣門 Valve 以節制迴轉器之轉速率，故指示器之靈敏性甚佳。見第五十五圖。

第九節 直昇速率指示器 Rate of Climb Indicator

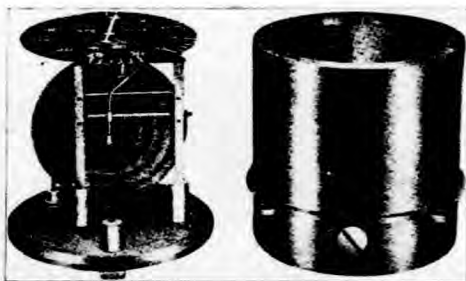
(a) 直昇速率指示器表示航空器之上昇下降速率也。該器可指示航空器最高直昇速率。發動機關車後亦可指示飛機之最低下降速率，輕於空氣之航空器當降落時，須知其下降速率。

(b) 最近通用之直昇速率指示器多為露口細毛管式 Capillary Leak Type 該器之內部構造有一斷溫室 Thermally Insulated Chamber 以細毛管連接，可通外面空氣。空盒有槓桿連接之，將空盒之感應傳動於儀器盤面之指針。上昇時則外面大氣壓力減低，該時斷溫室內之氣

壓較外面氣壓高，內外氣壓則藉細毛管之流通空氣而平衡之，但管內置一小球使氣流流通，遲滯阻礙，故遂發生氣壓差，空盒薄膜感應而起作用，指針依昇高速率強弱而定之。下降時，細毛管阻滯外界空氣流入室內。該器之裝配甚屬簡易，須注意者即出氣管不應阻塞。

航
行
學

1107

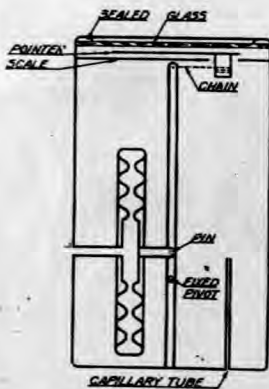


(a)

(b)

Rate of Climb Indicator

Fig. 56



(c) Rate of Climb Indicator



Fig. 57—Aircraft Clock

Figure 56. 第五十六圖

(a)

(b) Rate of Climb Indicator 直昇速度指示器

(c) Rate of Climb Indicator 直昇速度指示器之圖解

Sealed 封固,

Chain 絞鏈

Glass 玻璃,

Pin 小針

Pointer 指針,

Fixed Pivot 固定輻軸

Scale 指示盤面,

Capillary Tube 細毛管

Figure 57. 第五十七圖

Aircraft Clock 航空器內之時計

第十節 航空器之時計 *Aircraft Clock*

(a) 航空器內須裝配一時計，飛機之總載油量有一定數量，航行時注意時計則可計算每小時之耗油量，飛航員預計燃油量未完之前，抵達航空站則安全之降落，但地速須預前知道，地速可用下法計算之，於已知航程中，視其所耗時間為若干，再用速度比例尺以定地速及耐航時間 *Duration of Flight* 於時即可決定在規定之航程，中途是否降落加油。

(b) 時計之普通樣式如第五十七圖所示。時計用一柄頭轉開之。有時分秒針各一。盤面之時記號以放光燐質塗之。夜間亦能見之。每開轉一次可行八日，時計內有七寶石。航空器時計須有下列之特性，無論氣溫如何變化及震動情況如何，每日速率差(快或慢)不得超過七十秒，仔細檢查航空器之時計，每日平均速率差較減低。航空器時計開轉須有定時，該時計作為天文推測航行，殊欠正確，因經線儀以定平時 *Mean Time* 及恆星時 *Stidereal Time* 經線儀者為計算時間之最準確儀器也。裝置於特製盒內以減少偏差及震動。并有平準環 *Gimbals* 為之均衡之。

第十一節 地航徧航表 *Ground Speed and Drift Meter*

(a) 於第一編駕駛法 *Pilotage* 之諸航行問題中，用已知因數於任何時間內，則可計算欲求之數。空速，航向，地速，軌跡，風向，風速，已知任何四項則可求其他二項，用速度三角之因數可解算之，解算法有用繪圖法，有用三角速度法。空速航向則用羅盤速度表指示之氣

象報告則指示各種高度之風向及風速。設已知以上四項因數，可求出軌跡及地速。但實際飛航未有如是簡易，風向風速時時變換，最妥方法，即以已知之飛航軌跡推測或較正未知之風力也。換言之，乃以已知之航向空速以定徧航角度及地速也。

(b) 求徧航角度及地速有數種不同儀器。計量徧航之最要條件，即測者須能視察地面，所謂徧航角度者乃航空器之縱軸與航空器經過地面之軌跡所成之角度也。

(c) Pioneer 式徧航表乃計算地速徧航儀器之一種，由 Pioneer Instrument Company 出品。見第五十八圖。其構造原理與徧航指示器 Drift Plate 相似。

(d) 儀器附有一支架，以備裝置於飛機上用。基板有一弧刻有分割度數之比例尺。瞄視盤一，規板 Vane 上有一十字形鐵絲，當求基線上之地速時，將十字形鐵絲對準於飛行高度，規板和基板可裝置適當地位觀察航空器之機鼻或兩旁以定徧航角度。

第十二節 目標瞄視器 Bearing Plate

(a) 目標瞄視者為計算徧航角度之最簡易儀器也，如第五十九圖所示。其構造係用三個同心環組成之。中環之直徑約有五吋，固定於航空器上面，其餘二環可以轉動，儀器須配置於機身外面，環為水平位置，以便瞄視經過之地面物體。直徑應恆在航空器縱軸上或與航空器縱軸平行，直徑刻有二個正反對之記號。內環之圓周上刻有度數，外環附有一直立瞄視臂棍 Vertical Sighting Arm，臂棍上有一游動指尺代表由基線起(五哩)之飛行高度(呎)，臂棍下

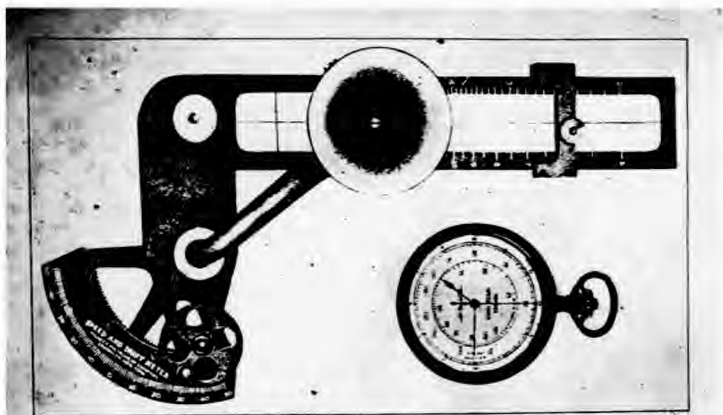


Fig. 58—Ground Speed and Drift Meter

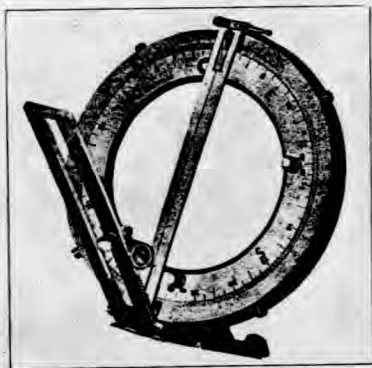


Fig. 59—Bearing (drift) Plate

Figure 58. 第五十八圖

Ground Speed and Drift Meter 地速偏航表

Figure 59. 第五十九圖

Bearing (drift) Plate 目標瞄視(偏航)器

端有二平行瞄視線經過外環，垂直臂棍與此線平行，經過中環則有一瞄視線以組成瞄準視線 *Lead Sights* 前後瞄準視線及環之瞄視線混合組成則可瞄視基線上五哩地物之目標。

(b) 目標瞄視器之用法：瞄視線與飛機縱軸瞄平行以瞄視地面物體，設物體沿瞄視線通過之，則無徧航角度。設有徧航時，將瞄視線移動之，直至所瞄物體沿瞄視線通過之為止。此時瞄視綫乃與真正軌跡平行，瞄視綫與飛機中線所成之角謂之徧航角度 *Drift Angle* 由物體經過儀器基線所耗之時間，以定地速。

第十五章 航空器之各種羅盤

第一節 磁針羅盤 Magnetic Compass

(a) 航行之各種問題及計算，均與羅盤有關係。如：

- (1) 用羅盤以定飛機之航向。
- (2) 計算偏航角度以定軌跡。
- (3) 用交叉法以求定位。

各種磁針羅盤可以供給上列各項用途，但羅盤在航空器之位置須補正之，羅盤之作用及誤差飛航員亦應明瞭之。

(1) 地區磁氣，欲使磁針羅盤指示正確，毫無差誤，首應注意者即地區磁氣（某地之磁差）爲若干，地球本身乃一大磁石也。磁極一端在地球北極附近，他端在地球南極附近。有一磁鐵棒於其壓力中心處懸之以繩，則磁棒受地磁感應，一端向北一端向南，磁棒北端之磁力線與其南端之磁力線相等而相反之。磁針以繩懸之，其四周則發生磁力線。於北半球磁極地位，則磁針北端與磁極成垂直，於南半球磁針南端則與磁極成垂直。於赤道地區則磁針位置爲水平，此區域稱曰磁氣赤道 Magnetic Equator。磁氣赤道至磁極之間，磁針與水平面所成之角度曰俯角或伏角 Dip or Inclination。設俯角爲 O ，總磁力線爲 T ，水平分力爲 H ，垂直

分力爲 V ，則得下列公式：

$$H = T \cos \theta$$

$$V = T \sin \theta$$

羅盤另有數根磁棒補正之。磁棒置於架上，彼此平行，磁棒架子設於羅盤下面之樞紐上，位置乃爲水平均衡。如是則祇有地磁水平分力可影響於羅盤。地磁磁力線之分佈情形，見第一編第八九兩圖。該圖磁差相等地區，以線連接之，此線則謂之等磁差線 *Isogonic Lines* 代表零磁差之線謂之零磁差線 *Agonic line*

(c) 磁針羅盤種類有二：即直立式水平式是也。直立式磁針羅盤又分爲二類：垂直式及倒立式 *Upright and Inverted* 垂直式如空軍所用之 *Type B, B-3, A* 倒立式如空軍之倒立 *Type B* 此二種之羅盤面度數皆由正前方側邊視之，水平式之羅盤面爲水平位置，由上望下而讀之。直立式羅盤較其他種羅盤於儀器屏上裝配容易。

(d) *BTS* 式羅盤如第六十圖所示，現認爲空軍之標準儀器也。羅盤面之直徑爲 $2\frac{1}{2}$ 吋，羅盤面上端有二根圓筒形之鎢鋼 *Tungsten Steel* 磁石棒。盤面每分劃代表十度。主要方位則以字母代表之 *N E S W*，而不以數目代表之如 $0^\circ 90^\circ 180^\circ 270^\circ$ ，所謂 30° 者指依時計方向之 30° 方位也。度之分數均不標明，以減省羅盤之地位。

(e) 羅盤面中心有一向下之樞軸，樞軸則裝配於寶石碗上，寶石碗之位置乃在轉旋球體內

邊，用一支柱由羅盤底面支持者。羅盤面有一阻滯裝置 Retaining Device 以阻滯樞軸離開寶石碗，樞軸乃銅製之，因飛機震動之故，常使樞軸挫鈍，減少羅盤之靈敏性。由實驗結果樞軸用鈷鎢合金 Stellite 製成，較鋼製優良耐久，且寶石亦宜用青玉 Sapphire。

航
行
學

三
二
四

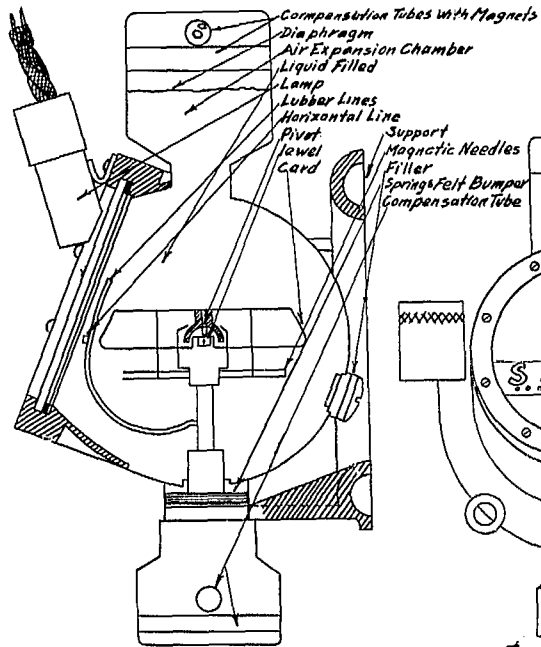
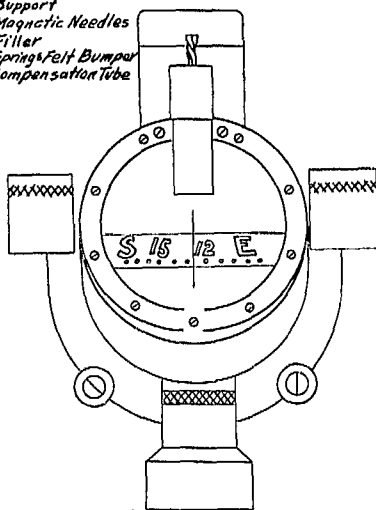
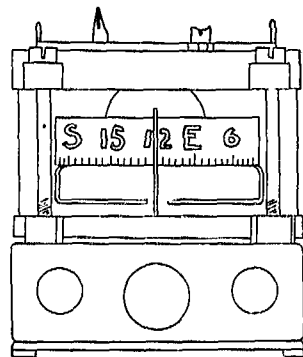


Diagram of Type B-3 Compass



Type B-3 Compass

Fig. 60.



Navy Type 1 Compass

Fig. 60. 第六十圖

Diagram of type B-3 compass B-3 式羅盤之圖解

Compensation	=	糾正羅差之小磁石
Diaphragm	=	薄膜
Air expansion chamber.	=	空氣膨漲室
Liquid filled	=	裝儲之液體
Lamp	=	燈
Lubber	=	基綫
Horizontal line	=	水平綫
Pivot	=	羅盤輻軸
Jewel	=	寶石
Card	=	羅盤面
Support	=	支托物
Mag. needle	=	磁針
Filler	=	螺釘
Spring and felt bumper	=	彈簧
Compensation tube	=	糾正管
Diagram of Type B-3 Compass	=	B-3 式羅盤之圖解
Type B-3 Compass	=	B-3 式羅盤
Navy Type I Compass	=	海軍 Type I 式羅盤

(f) 第六十圖表示 B-3 式羅盤內部構造之圖解。垂直基線裝配於轉旋球體內面，且直接近外罩之玻璃面。減震組織分爲二部；球體之液體及彈簧之機械組織用以減少震動。B-1 或所用之液體乃爲火油，其作用乃減少羅盤面因震動急轉灣或不穩定所起之震蕩。

(g) 海軍用 Type 1 羅盤如第六十圖所示。其構造即爲直立水平式混合而組成之。羅盤方位可從上成正前方側邊面讀之。該器因有巨大圓筒形球碗，故體積甚大，關於俯仰 Pitching 及傾側 Rolling 之感應甚是靈敏。此種儀器應用祇可限於大型飛機。

第二節 各種羅盤之裝配法

(a) 羅盤之裝配依飛機種類分別之。選擇最佳式樣之羅盤及其裝配位置，須有相當之實驗，非呆板法則可以規定者。各種飛機關於羅盤之選擇及裝置，茲縷述之如下：

(1) 裝於儀器屏之直立式羅盤，則閱讀容易。設羅盤本身補正困難時，則須採用水平式羅盤如海軍用之 Navy Type 1 羅盤。

(2) 羅盤所在之位置，須在飛機磁氣感應最少之處，切勿接近電壓調整器，電門開關，機關槍，磁電機始動器或磁電機之線圈。尤須注意者磁力線乃與磁體距離平方成反比。羅盤所在之位置距發動機電門開關，發電子，電流表，最少需有十吋之遠。

(3) 羅盤之基線 Lubber Line 必與飛機中軸成平行，平面乃通過樞軸，裝配始稱適當。

(4) 裝配羅盤須精確仔細，切忌粗忽亂動，易使樞軸滯鈍，寶石破裂。

(5) 羅盤之裝配，其位置或在儀器屏上，或在其他處所，而所用螺絲，螺帽，墊圈，控門等，須用銅製，切勿用鉄製。

(6) 用於黑夜飛行之羅盤，糾正其有燈及無燈之補正。

(7) 未應用之前，須將羅盤本身補正之，方位盤之羅差，製成一表，粘於儀器屏上，以便隨時較正。

(8) 每一新式軍用飛機，須精確設計羅盤之位置及其補正法，震動為發生羅盤差原因之一種。因發動機之轉動，羅盤難免震動，因有震動遂發生羅盤差。羅盤差之大小，視震動大小而定之。有時大至十度，然通常不能過二度。可在地上將發動機轉動，并開至各速度而視察之，若其差數甚大，當更換羅盤，蓋或因羅盤樞軸阻力過甚，不能轉動自由之故，有時將羅盤位置挪動，亦足以減少差數也。

第三節 羅盤差發生之原因

(a) 羅盤因受五種擾亂原因而生誤差：

(1) 飛機內鋼質物有固定及殘餘磁界感應而生之磁性。

(2) 飛機內軟鉄受地球磁界感應而生之磁性。

(3) 震動。

(4) 轉灣。

(5) 增減速度。

(b) 由(1)(2)兩種原因而發生羅差，可用訂正或補正法以減少之。(由3)種原因而發生羅差，可由航空器構造上之改良以減少之。若夫由(4)(5)兩種原因而生之羅差，殊無法減少之也。飛機上鋼質物受磁界感應而生之羅差(1)，並非常時間恆定不變。發動機震動或其他震動，足使航空器鋼架之感應磁性，時時變換。軟鉄感受地球磁性為暫時性質，航空器改變方向，磁性方向亦隨之改變。

(c) 茲為解析軟鉄影響於羅盤差之情形起見，則可分為A B C D E五種。

(1) 凡軟鉄圍繞羅盤而發生磁性為不對稱者，或羅盤之基線與航空器中軸不平行者皆稱曰A種差誤。糾正此種差誤，須將羅盤位置另新裝配。

(2) 第二種B為順航空器中線之磁界，最大羅差乃在機首對東或西之時。可用磁棒安插於羅盤內之縱軸孔中以訂正之。

(3) (c)種羅差之發生乃受水平磁界感應而起之變差。最大羅差當機首對南或北之時。安插磁棒於水平孔中，可以訂正之。

(4) (d)種羅差乃因航空器之中線及水平磁界，混合感應而生之變差。由此發生之羅差，無法訂正。

(5)(e)種羅差發生於機頭指向東北，東南，西南，西北，四向時。此種羅亦無法訂正。以上各羅盤差誤之代數總和，則稱曰白差或羅差 Deviation

(d)航空器轉灣時，羅盤因地球磁界垂直分子之吸引而起變差，此變差僅航空器由「南」一北」轉向「東」「西」兩方有之。由「東」「西」轉向「南」「北」則無。由北方轉向東方或西方時，羅盤面因離心力之作用，與航空器一般偏倚，致受地球磁界垂直分子之影響，使N端向下轉動。若航空器轉灣大而且緩，羅盤仍保持水平；當無變差。若轉灣小羅盤必與航空器同方轉動，機雖轉而不覺其轉。由南轉向「東」「西」，羅盤轉動方向與航空器轉動之方向相反，故航空器轉動之速度、視之若非常迅速。由「東」「西」向「南」「北」轉則無此現象。由轉灣而發生之羅盤差，以由北轉向「東」「西」為最大，且對於飛航員為最危險。

(e)羅盤面及磁針懸於樞軸上，使其重心在支持點下端，藉以抵抗磁針之俯角作用。飛機若增減速度則發生變差。羅盤地球磁界垂直分子之感應，於是發生羅差。此種變差無法改正。

(f)羅盤應用期限之久暫，依磁鐵強度之強弱而定。短期限之羅盤皆用強磁鐵製成，長期限之羅盤則用弱磁針製成。

第四節 地應羅盤 Earth Inductor Compass

(a)地應羅盤之構造分為三部：

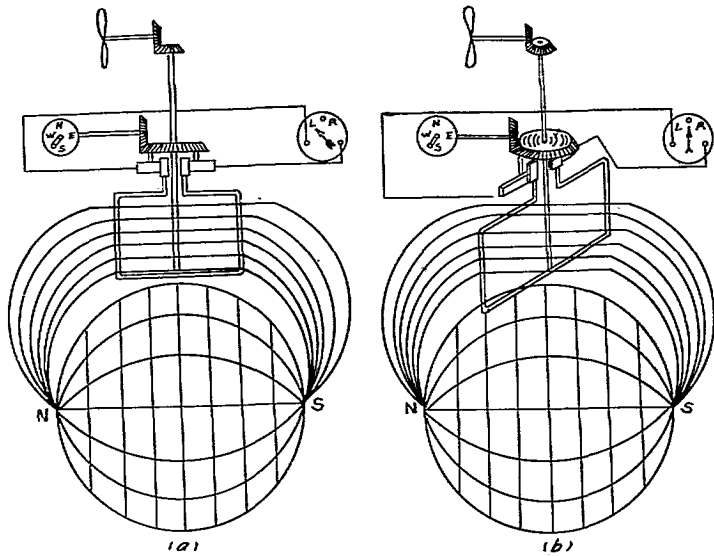
(1)發電子。

(2) 調整器。

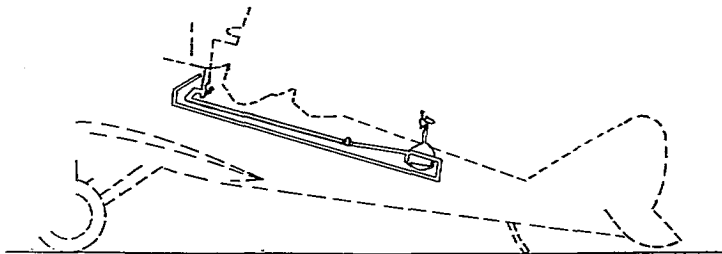
(3) 指示器。

(b) 發電子(見第六十一圖)之位置，須免去航空器鋼質物磁氣之影響。調整器及指示器裝於儀器屏上，以便閱讀所取之航向。航行人員用調整器規正航向後，則駕駛員接此航向飛行。有時航行人員與駕駛員所用之調整器以同步器連接之。或駕駛員處無調整器。指示器有用一個或兩個。最善用一個指示器。當航空器對正航向時，將調整器之指針放於零點位置。設航空器之航向有偏航時，則指針不在零點，依偏航方向而偏之，指針盤上所刻之分割由零點向左向右計算之。

(c) 地應羅盤構造原理之說明：地應羅盤即為磁針羅盤之一種，其受地磁感應，所指之方向乃為磁氣方向。該器不用磁針指示方向，所用者為一垂直平面之線圈轉動於垂直軸上。(見第六十一圖 A B)，線圈之二端則連接於方向相反之整流器節環上。當轉動線圈之平面與地磁力線成平行時，整流器之節環上則發生最大感應電壓，磁性之強弱則依線圈轉動方向與地磁方向而定之。整流器上方向相反之銅刷接觸於線圈之節環，此時偏差最大。設線圈平面與地磁成直角時，則無電流流通，因此轉瞬時間無感應電壓存在，指針仍在零點位置。當線圈轉動時，銅刷每次接觸節環(每轉兩次)則指針稍有偏差。



Principle of Distant Reading Compass



Installation of the Earth-Inductor Compass
Fig. 61

Fig. 61. 第六十一圖

The principle of distance reading compass	=	地應羅盤之基本原理
Installation of earth inductor compass	=	地應羅盤裝配法

(d) 指示器指針由零點所偏之左右方向，則依線圈轉動方向與地球磁界之水平分子當銅刷接觸整流器時應垂直線圈而定之。銅刷則取基準線而裝配之，蓋基準線乃與地磁力線互相關也。故航空器之地應羅盤能指示航向。發生之電流為間斷的，指針之閃動則以數線圈節制之。每一線圈于整流器上有一對節環，但銅刷祇有一對，并與指示器連接之。有一小風扇鼓動線圈旋轉，小風扇裝配於受風之順流處，或以小電動器轉動之。發電子之轉動則發生螺旋作用，常使之平衡。銅刷則裝置與飛機中軸平行位置，以調整器節制之。調整器藉大軸之同接縫斜齒輪箱運動而連接於發電器。

第五節 航空器羅盤訂正法

(a) 羅盤訂正法者即乃求得各主要方位之羅差，并將所求得之羅差而補正之，英文則稱 *Swinging* 其意義即為擺動航空器於規定平坦圓圈之主要方位上，以求羅差。每個永久飛行場須設一訂正羅盤地點。先選擇一平坦地，劃一圓圈其半徑足夠最大型之飛機依圓圈中心移動，該地四周之五十碼內不得停放任何種飛機，距各個鐵建築物如飛機棚廠，鐵道等至少須有一百碼之距離。地面圓圈之方位先由磁氣北極為始點，每隔十度劃一半徑，當飛機置於圈內訂正羅盤，飛機撐用木架支持之，使飛機得到水平（飛行）位置。訂正時發動機開動，并備二輪擋及數個五十磅沙袋，以便均衡機頭沉重之飛機。

(b) 臨時飛行場則不需上述之設備。訂正羅盤之地面，土質堅硬，面積平坦始可應用。

(e) 訂正羅盤之第一步手續茲述如下：

- (1) 將飛機尾部昇起，支持於木架上，使飛機得平飛位置，再將尾部以繩固牢之。
 - (2) 置落地輪之中心於圓圈之中心上，並視察飛機左右是否傾斜，設有，須規正之。
 - (3) 機頭放置于圈內 N 線上，機頭向北，并校正輪盤及機翼前邊須在 N 線上。
 - (4) 輪擋將輪盤塞緊，將發動機開動并注意螺旋槳不致碰擊地面。
 - (5) 將機內鋼製或鉄製之活動部及操縱桿放置於適中位置。
 - (6) 訂正時須將前較正所用之小磁石除去。
 - (7) 單發動機之飛機訂正每一方位時，發動機之轉速須開至 800—1000 r. p. m.
- (d) 先放機於 N 線上，使飛機中軸與 N 線平行，視其誤差多寡，放小磁石於東西補正孔內以糾正之，東西補正孔乃與 N 線成九十度直角。直使東西錯誤爲零。再將飛機放置 E 線上，放小磁石於南北補正孔內以糾正之。南北補正孔亦與 E 線成九十度之直角。東西誤差較南北大，設羅盤太近發動機則零加一補正室以糾正之，而需要之小磁石亦多。校正是否有誤差，設誤差甚微，則按下法訂正之。先將機頭向北，機身放置於 N 線上，求其羅差，紀錄於表上，再向 30° 直至 360° 依上法求其羅差。以後製成一表，註明羅差若干，羅差若干以爲航行較正羅盤之用。
- (e) 訂正羅盤之第二步手續。用一正確可靠之羅盤懸於翼尖附近之處而校正之。

(1) 懸一正確可靠之水平式羅盤(如 Navy Type I)於翼尖附近之處，注意羅盤之基線必與飛機中軸平行。

(2) 將機尾升高至水平位置，按第一步手續用羅盤求每方位之羅差。

(f) 羅盤移動須注意其位置是否錯誤。

(i) 定方位以前之注意各點：

(a) 羅盤樞軸不得因磨擦過甚，失去其靈敏性，注意磁針轉動是否敏捷，羅盤輕微移動，指針震盪後是否歸還原來位置

(b) 羅盤內裝置之減震液體是否適當。

(c) 注意羅盤基線須與飛機中軸成平行。

(d) 將機身內之鐵製活動部分置于適中位置。

(e) 將機身內之羅盤補正孔小磁石，完全移去。

(1) 當訂正時五十碼內不得停放飛機。

(2) 校讀時免去視差

(3) 爲求羅盤的正確起見，凡作長途飛行之飛機須每隔二星期訂正一次。

航
行
學

航 行 學 英 漢 名 辭 對 照

1. Aeronautical Mile.	空哩
2. Air Navigation.	航行學
3. Agonic Line.	零磁差線
4. Air Speed.	空速
5. Air Speed Meter.	空速指示器
6. Altimeter.	高度表
7. Astronomical Avigation.	天文推測航行法
8. Altitude, Calculated.	改正高度
9. Altitude, Observed.	初測高度
10. Azimuth.	方位角
1. Bubble Sextant.	水泡六分儀
2. Bank and Turn Indicator.	傾側轉向指示器
3. Bearing Plate.	目標瞄視器

4. Beam Radio Station.	電信標放射電台
5. Bearing.	方位
6. Bearing, True.	真方位
7. Bearing, Magnetic.	磁方位
8. Bearing, Compass.	羅盤方位
9. Bearing, Reciprocal.	相反方位
1. Celestial Axes.	天軸
2. Celestial Concave.	天宇
3. Celestial Sphere.	天球
4. Chart.	水路圖
5. Chronometer.	經線儀
6. Circle, Great.	大圓圈
7. Circle, Small.	小圓圈
8. Compass.	羅盤
9. Compass, Earth Inductor.	地應羅盤

10. Compass, Gyro.	迴旋羅盤
11. Compass, Magnetic.	磁針羅盤
12. Compass, Radio.	無線電羅盤
13. Compass, Sun.	太陽羅盤
14. Composition of Forces.	力之組成
15. Course.	航向
16. Course, Compass.	羅向
17. Course, Magnetic.	磁向
18. Course True.	真向
19. Convergence of the Meridian.	經線之會合性
20. Course and Distance Computer.	航向航程計算器
1. Deviation.	羅差，自差
2. Deviation Chart.	羅差表
3. Departure Dep.	橫距，東西距
4. Dead Reckoning.	推測航行法

5. Developed and Undeveloped Surface.	能展開及不能展開之平面
6. Dip.	俯角，眼高差
7. Difference of Latitude D _{la} .	緯差
8. Difference of Longitude D _{lo} .	經差
9. Distance Dis.	航程
10. Drift.	徧航
11. Drift Angle.	徧航角度
12. Duration (Fuel Hour.)	耐航時間
13. Declination.	赤緯
1. Ecliptic.	黃道
2. Equator.	赤道
3. Equation of Time.	時差
4. Ellipsoid.	橢圓體狀
1. Fix.	定位

2. Fix, Absolute.	標準定位
3. Fix, Running.	移動定位
4. First Point of Aries or the Vernal Equinox.	春分點
5. Flight Indicator.	飛行儀
6. Field.	磁場
7. Flying, Plane.	平面航行
8. Flying, Composite.	混合航行
9. Flying, Great Circle.	大圓航行
10. Flying, Traverse.	曲線航行
11. Flying, Mercator.	麥克托航行
12. Force, Horizontal.	水平線力線
13. Force, Magnetic.	磁力線
14. Force, Vertical.	垂直磁力線
15. Graphic Computer.	座標計算器

16. Ground Speed.	地速
17. Ground Speed and Drift Meter.	地速偏航表
1. Haze.	薄霧
2. Horizon.	平面
3. Intersection Problem.	空中攔截法
4. Incliningmeter.	傾斜儀
5. Knct.	海哩 (每小時之海哩)
1. Latitude.	緯度
2. Longitude.	經度
3. Lodestone.	天然磁石
4. Line of Position or The Sumner Circle.	位置圈, 沈納氏圈
5. Line, Agonic.	零磁差線
6. Line, Isogonic.	等磁差線
7. Line of Total Force.	總磁力線

8. Line, Isoclinic.	等俯角線
9. Line of Reference.	指示線
10. Magnetic Poles.	磁氣兩極
11. Magnetic Equator.	磁氣赤道
12. Magnetic Meridian.	磁氣子午線
13. Magnetic Course.	磁向
14. Magnetic Force.	磁力線
15. Magnet.	磁鐵
16. Magnetic North.	磁氣北極
17. Map.	地圖
18. Meridian.	子午線
19. Meridian, True.	真子午線
20. Meridian, Prime.	標準子午線
21. Mile.	哩
22. Mile, Geographical.	陸哩

23. Mile, Nautical.	海哩
24. Mile, Aeronautical.	空哩
25. Mile, Statute.	法定哩
1. Nautical Almanac.	航海日曆
1. Orbit.	軌道
1. Parallax.	視差
2. Poor's Line of Position Computer.	蒲氏位置圈計算器
3. Projection.	投影法
4. Projection, Cylindrical.	圓筒形投影法
5. Projection, Mercator.	麥克托投影法
6. Projection, Polyconic.	多圓錐形投影法
7. Pilotage.	駕駛法
8. Place of Application.	作用點
1. Range.	限程

2. Range of Action.	活動限程
3. Radio Avigation.	無線電航行法
4. Radius of Action.	活動半徑
5. Reciprocal Bearing.	相反方向
6. Resolution of Forces.	力之分解
7. Refraction.	折光差
8. Rhumb Line.	航線
9. Right Ascension.	赤徑
1. Semi-Diameter.	半徑差
2. Sextant.	六分儀
3. Sidereal Time.	恆星時
4. Sun Compass.	太陽羅盤
5. Seven Sailings.	航海七種推測駕駛法
1. The Time To Return.	掉頭時間 = $t = \frac{H(1-F)S'}{S+S'}$
2. The Rate of Climb Indicator.	直昇速度指示器

3. Transit.	同線
4. True Course.	真向
5. True North.	地球北極
6. True Bearing.	真方位
7. Track.	軌跡
8. Time.	時
9. Time, Civil.	常用時
10. Time, Sidereal.	恆星時
11. Time, Greenwich.	格靈威時或標準時
12. Time, Apparent.	真時
13. Time, Greenwich Civil.	標準常用時
14. Time, Mean Solar.	平時
15. Turn Indicator.	轉向指示器
16. Traverse Table.	曲線表
1. Vibration.	震動

2. Variation.	磁差，偏差
3. Visible Horizon.	視平面
4. Variation Chart.	磁差地圖
1. Wind Direction.	風向
2. Wind Velocity.	風速
1. Zenith.	天頂
2. Zenith Distance.	頂距

