# 航　海　術

熊德極編譯
馮玉蕃校



商務印書館發行

# 自序

硝烟彌漫。彈雨紛飛。有形之戰也。吾人猶可抵禦之。避免之。今有無形之戰焉。寓於人心。發於事業。所謂經濟侵略是也。列邦以吾國土地遼廓。物產豐富。無不饞鷹睇兎。飢虎逐鹿。載生材以去。造熟貨而來。漸次吸收利源。更進而操財政。吾人苟不速起抗拒之。則亡無日矣。抗拒之法爲何。卽以振興航業。挽回海權爲最要。夫國之有交通。猶人之有血脈也。血脈停頓。人必疾病。交通阻滯。國必貧弱。故運動以使血脈流通。人乃康健。舟車以使交通便利。國乃富強。近年來謀國之士。莫不亟亟以謀交通之便利。陸則建築軌道。水則擴張航路。顧地球上水多於陸。故航線較軌道爲尤亟。蓋航業之爲用。明爲交通媒介。暗則攻戰利器。一商輪之勢力。不啻十萬雄兵。凡商輪所達之區。卽其國勢力所及之地。商輪愈多。所得權利亦愈厚。故國之強弱。須隨商輪之多寡爲轉移。如英日兩邦。商輪較多。直可各執歐亞海權之牛耳。反觀我國。不獨無航行國外之船隻。卽國內者。亦寥若晨星。况駕駛人員。借重外人。是以航業公司所得權利。已無形中入於外人之手矣。因之海權旁落。國勢

日衰。殊可歎也。今國人漸已覺悟。知航業之興替。關於國勢之強弱。於是政府提倡於上。各輪船公司振興於下。依次設立航海專校。造就駕駛人才。以期挽旣喪之海權。收已失之航業。蒸蒸日上。大有一日千里之勢。第以航業幼稚。關於航海之專書。苦無漢文善本。以資研究。而徒藉西文。不免有隔閡之弊。鄙人忝居航界。有鑒及此。不揣譾陋。將歐美著名航海著述。及歷來心得。譯成中文。以貢於海內學者。此爲初次出版。不免有所見未到之處。世有高明。倘祈匡我不逮。則幸甚焉。

民國十三年八月序於東瀛華甲舟次

# 例　言

1. 是書專供航海教本及航海者自修參考之用。

1. 是書注重大洋航海(Ocean Navigation)。凡關於航行應用之天文駕駛等。無不應有盡有。以臻完善。

1. 書中天文及駕駛之推測法則。層次清楚。舉例詳細。且中西互相對照。卽無師長指導。自修亦可領悟。

1. 航海書籍。向無漢譯善本。是書對於各種專名。均審愼採譯。并附原名。便於檢查。

1. 是書初次出版。應有未完備之處。海內同志如加以校正。不勝歡迎之至。

# 航 海 術

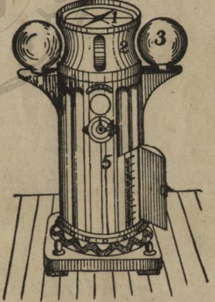
## 目 錄

# 航海術

## 第一章 航用儀器

(1) 總說 航用儀器。乃航海學中以之測量船位，方向，氣象各種重要之儀器也。既爲行船必需之物。吾人當知其構造用法，保存與修理諸端。不然。差之毫釐。謬以千里。孟子曰。工欲善其事。必先利其器。其斯之謂也。

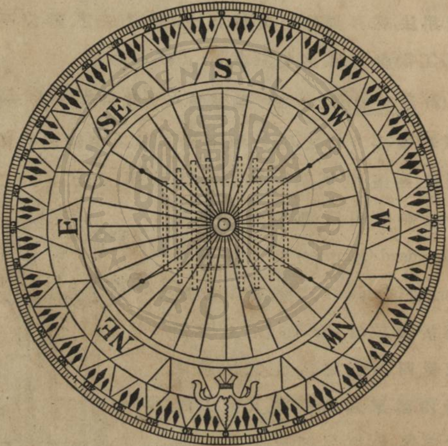
(2) 羅經儀(Compass) 羅經儀亦名羅針盤。爲指示船舶方向，及測物體方位之用。乃航海者不可須臾離之器械也。其於測量，建築，荒漠旅行，以及戰爭等事。亦有莫大之用途。近世船舶所用羅經。可分標準羅經(Standard Compass)與駕駛羅經(Steering Compass)二種。標準羅經。多裝於駕駛橋(Bridge)之上層。因其感受四周之鐵器最少。故以之爲船內諸羅經之標準。凡定方向。測方向等。均用之。至駕駛羅經。則裝置於舵輪(Rudder Wheel)之前。爲舵手(Quarter Master)保持舵行方向之用。如下圖。表明羅經儀之全部。




1. 盤面(Card)
2. 羅盤(Bowl)
3. 調整球(Soft Iron Balls)
4. 水平針(Chinometer)
5. 盤櫃(Binnacle)

(3) 羅經儀之構造

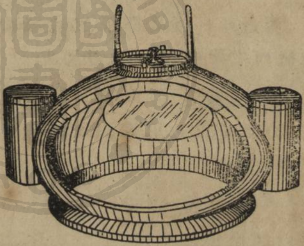
1. 盤面 (Card) 其構造可分兩種。一爲黃銅 (Brass) 或紫銅 (Copper) 薄片所製。重 180 克許。背面有磁針 (Magnetic Needle) 四條。或八條。各針平行。相距等遠。最內二針長約七吋三。最外二針約五吋三。正面貼有厚紙。分圓周爲東南西北四象限 (Quarters)。每象限又分九十度 (Degrees)。幷八方位 (Points)。




他一種以有礬素之紙片。作盤面之中心。及其外緣。以三十二根強靭絲線連之。外緣亦分爲 360 度。因恐紙片受大氣。發生伸縮。以至方向有差。故各方位。須一一分開。盤面正中有軸帽 (Cap)。內嵌碧寶石。以便旋轉於軸針 (Pivot) 上。其背面亦有磁針四條或八條。

2. 羅盆 (Bowl) 爲盛盤面之銅盆。盆面直徑兩端。凸出兩樞。鑲諸銅環上。環之橫徑二端。亦有二樞。置諸架上。似此船雖擺動。盆面仍得常平。是謂常平架 (Gimbal)。盤面上有玻璃蓋 (Glass Cover)。乃以氣密釘著者。縱有濕氣。其裏面絕不生翳曇。前面正中畫有黑線一條。作爲基點(Lubler's Point)。正對船首。且垂直於龍骨 (Keel)。若盤面遂透明體。電燈可裝於其下。不然。則須安於上。有種盤面爲琺瑯質 (Enamel)者。羅盤內可充以酒精。其震動可較爲沈靜。并可減輕軸針之磨擦。增加敏度之功用。

3. 盤櫃蓋 (Top of Binnacle) 乃保護羅盤之銅蓋。在夜間或天氣不佳時用之。後面有橢圓形之玻璃窗。人可自外觀其基點所指示之船首方向。蓋之左右兩側。各具油燈一。以備無電燈之船。或電燈損壞時之用。



4. 調整球 (Soft Iron Balls) 爲無磁氣軟鐵製成。載於盤櫃兩側突出之支腕上。能左右移動。以適當之距離。可調準磁針之象限自差 (Quadrantal Deviation)。其徑有過五方吋。例皆中空。而厚約一吋許。在櫃之前面正中。有一直竪之黃銅筒 (Brass Cylinder)。以供軟鐵圓棒 (Flinders Bar) 插入。亦爲調準磁針半圓自差之用者。

5. 盤櫃 (Binnacle) 爲羅盤之支柱。其上部中央有圓孔。

以小鍊吊一黃銅架。內有磁氣桿 (Magnetic Bar)。一以至七根。當改正半圓自差 (Correct the Semicircular Deviation) 時。則昇降之。

6. 水平針 (Chinometer) 位於盤櫃之中部。內有充酒精與設指針兩種。以檢羅盤之水平者也。

(4) 自差修正法 (Adjusting) 修正之法有四。

1. 自行檢驗法 (The Tentative Method)。

2. 測天氣或陸標法 (By the Aid of the Co-efficients)。

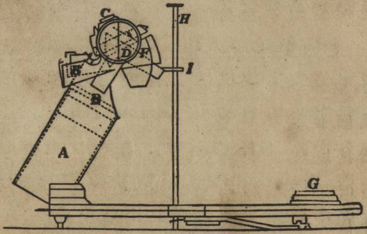
3. 用偏針儀法 (By the Vibrating Needle)。

4. 用傾船差法 (The Deflector)。

磁針既已修正準確。宜將鐵球固定。盤櫃鎖閉。以防觸動櫃內之磁氣桿。而生差謬也。

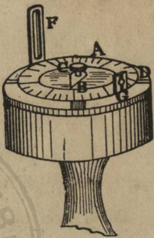
(5) 方位儀 方位儀爲測天象 (Heavenly Bodies) 或陸標 (Aim) 諸方位之用。藉以求船位之器械也。分方位鏡與方位羅盤針二種。

(6) 方位鏡 (Azimuth Mirror) 下圖爲方位鏡。其下有脚。得以裝置於羅盤玻璃蓋上。A爲圓筒 (Tube)。B爲筒中之透鏡 (Lens)。C爲三稜鏡(Prism)。平安於水平軸上。D爲旋轉輪。E爲彩玻璃 (Coloured Shades) 之框。F爲架制 (Mounting Stopper)。

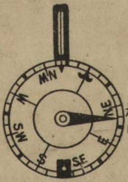


G爲小圓形水準儀。以檢羅盤之水平者。H爲晷針 (Shadow-pin)。測時將其插入I框。使垂直於羅盤玻璃蓋。再徐徐旋轉三稜鏡。使物體之像。反映於盤面上。吾人自透鏡中。觀其矢尖所指示之度數。卽某物體之方向也。

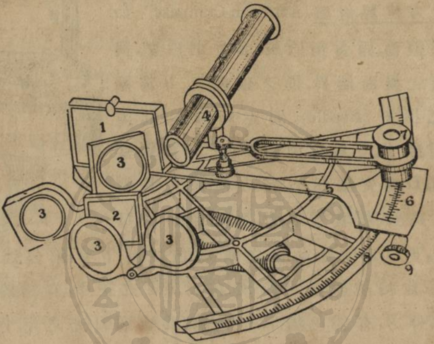
(7) 方位羅針盤 (Azimuth Compass) 如圖。A爲盤面。係黃銅所製。其分刻度數。與羅經儀之盤面無異。惟乏磁性耳。B爲盤面上之指針 (Needle), 固定於軸心。其尖端正對船首。C爲螺旋帽 (Nut)。乃夾緊盤面之用。D爲支盤面心軸之橫架。E爲盤軸下之鐵錘。賴其重心力。可保盤面永呈水平狀。F, G爲盤緣前後之銅架。在盤面下有銅條連之。故能自由旋轉於盤面之四周。在高架F之正中。有細線一根。架脚之外方。有紅色玻璃一長條。爲減弱日光之用。內方有小指針一。爲指示度數之用。低架G之正中。有微隙一條。其外方亦有紅色小圓玻璃一片。有種製造簡單者。可直接將此架裝置於羅盤玻璃蓋上。無須另設盤面。




假如今有某船向東北五十度航行。欲求其左舷B物之方位。先移轉盤面。使其東北五十度處。正對指針。然後將螺旋帽旋緊。使盤面固定。再由低架之微隙中。窺高架中心線。平分欲測之物而後止。在高架脚下指針所指示之度數。卽該物對於某船之方位也。



(8) 六分儀 (Sextant) 六分儀亦名測天儀。因其弧爲全圓六分之一。故名。乃測天象之高度 (Altitude) 或兩物體間之度數之儀器也。測角至大祇能及120度。如下圖。乃表明六分儀之全部耳。




1. 動鏡 (Index Glass)
2. 固定鏡 (Fixed Glass)
3. 彩色鏡 (Coloured Shades)
4. 望遠鏡 (Telescope)
5. 半徑軸 (Radius Bar)
6. 游尺 (Vernier)
7. 放大鏡 (Magnifying Glass)
8. 分度弧 (Graduated Arc)
9. 正切螺旋 (Tangent Screw)

(9) 六分儀之構造

1. 動鏡 (Movable Reflector or Index Glass) 爲一有水銀之

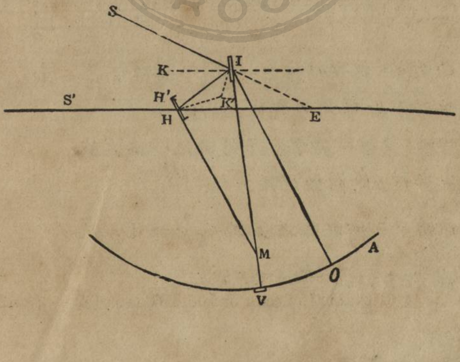
反射鏡。直定於儀面之半徑軸上。鏡可隨之左右轉動。

2. 固定鏡 (Fixed Reflector) 或稱水平鏡 (Horizon Glass)。直定於儀面之右邊。其上半爲透明之玻璃。下半爲有水銀之反射鏡。

3. 彩色鏡 (Coloured Shades) 分褐赤紅綠四色。在動鏡與固定鏡之前。各有該色玻璃四片。當測太陽時。以弱其強光者。

4. 望遠鏡 (Telescope) 有長筒, 短筒, 空筒, 星鏡四種。長筒用於精測。短筒用於粗測。空筒用於測近距離之角度。星鏡用於夜間之觀測。在儀面之右邊。有銅環 (Collar)。專以安插望遠鏡者。

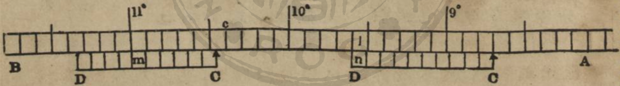
5. 半徑軸 (Radius Bar) 其上端以釘連於儀面。下端卽爲游尺 (Vernier)。與分度弧 (Graduated) 相依切。軸之中段。另有一裝置放大鏡 (Magnifying Glass) 之銅拐。該鏡專以放大分度弧及游尺之刻劃。以便觀覽較爲清晰也。



6. 正切螺旋 (Tangent Screw) 正切於分度弧上。爲移動游尺之用。尺之下面有夾緊螺旋 (Clamp Screw) 一枚。爲固定游尺之用。

(10) 分度弧之原理 自天象或物體S所來之影。映射於動鏡I。復由I映射於水平鏡H。再由H反射以達人目E。於是SE與HE相交。成一∠SEH。該角卽爲所測得之高度。今若將游尺之矢。置於零度O。則I鏡與H鏡平行。是則∠SEH角爲∠MIO角(卽OV弧)之二倍。玆證明於下。

$$\frac{1}{2}\angle SEH=\frac{1}{2}(\angle SIH-\angle IHE)=\angle KIH-\angle IHK$$
$$=(90^\circ-\angle HIM)-(90^\circ-\angle IHH')$$
$$=\angle IHH'-\angle HIM=\angle IMH=\angle MIO$$
$$\therefore\quad \angle E=2\angle MIO=2\widehat{OV}$$




如圖。AB爲分度弧之一段。CD爲游尺之一段。

游尺十格。等於分度弧九格之長。

假設l爲弧一格之長。n爲游尺一格之數。

故游尺n格在弧之長爲 $(n-1)l$。

卽游尺一格在弧之長。爲 $\frac{n-1}{n}l$。或代以V。

則 $l-V=l-\frac{n-1}{n}l=\frac{nl-nl+l}{n}=\frac{l}{n}$。

游尺之一格。等於弧上$\frac{1}{n}$。此名微數 (Smallest Reading)。

例如 $l=10'$。 $n=60$。求其微數若干。

即 $l-V=\frac{l}{n}=\frac{10'}{60}=10''$…………微數。

如上圖。游尺與弧上之線相對於M。游尺之指矢↑(Index) 對於C點之左方。故其度數爲10°.4+C↑。

$$\therefore\ C\uparrow=CM-M\uparrow=xl-x\frac{n-1}{n}l=xl(1-\frac{n-1}{n})$$

$$=x\times\frac{l}{n}=x\times\text{微數}。$$

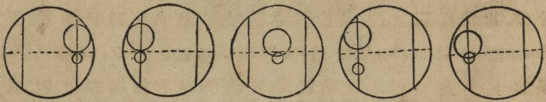
(11) 六分儀修正法

1. 動鏡須垂直於儀面　先將游尺指矢置於分度儀弧上。儀面向上而水平持之。注視動鏡。斜視映弧及眞弧。如兩者爲一直線。則爲垂直。不必矯正。苟若弧影比眞弧低時。是則鏡傾於後方。此時須締緊其後面之螺旋而修正之。如弧影比眞弧高。鏡必傾於前方。須放鬆螺旋。使眞弧與弧影成一直線而後可。

2. 固定鏡須垂直於儀面　嵌望遠鏡於其銅環內。置游尺指矢於零度。由望遠鏡中窺之。見眞水平線與其影相合爲一直線。是鏡垂直。若爲二線。其必向前後傾斜。可鬆緊後面之螺旋以矯正之。

3. 望遠鏡須平行於儀面　望遠鏡與儀面不平行。則所測角度。必生誤差。檢正之法。先嵌入望遠鏡。令鏡內之井字

形。其＝字形細線。平行於儀面。擇相隔九十度以上之兩天象或物體。使其邊觸於最近儀面細線之中央點。如甲圖。然



甲　乙　丙　丁　戊

後將儀少動。移於他一細線之中央。如乙圖。再移鏡如丙圖。使二象相重疊。則爲平行。若如丁圖。是則望遠鏡前端傾於儀面。如戊圖。爲後端傾斜。可伸縮銅環側方之小螺以矯正之。

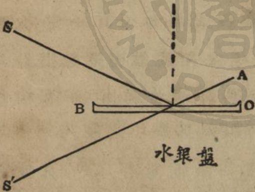
4.動鏡須平行於固定鏡　先置游尺之指矢於零度。由望遠鏡中窺天象。若眞像與像相合。又視水天交界處。見水平線與其影正合爲一直線。是卽兩線平行。不然。亦須伸縮固定鏡之平行調整螺而調整之。若相差甚少。以之爲器差(Index Error)。可加減於所測得之角度。故勿庸修正。

(12) <u>六分儀收藏法</u>　取六分儀。須持其柄或框。不可觸弧與鏡部。凡各矯正螺旋。至不得已時。方可扭動。嵌卸望遠鏡時。須輕輕旋轉。免傷螺痕。至生視差(Parallax)。測高度時。如象影光輝不齊。可伸縮望遠鏡銅環下之升降螺旋(Up and Down Piece)。使光力等一。看度數時。眼須在劃度之直上。方無誤差。該儀不可曝於烈日中。用畢以柔革或絹巾輕拭之。水平鏡上之水銀。最易剝落。須防濕氣侵融。弧與游尺。苟有汚翳。可以少量橄欖油或阿母尼亞水拭之。其裏面及正切夾緊二螺旋。須常加少量之油。使之滑動。六分儀放置匣內。必須固定。且宜乾燥。

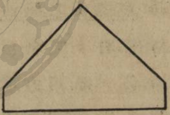
(13) 水銀盤(Mercury Basin)　水銀盤。又名人造地平儀(Artificial Horizon)。分海用陸用兩種。海上用者。皆裝着於六分儀。爲當濛霧之際。或夜間水天交界不明晰時所用者。有Hezzamith 及 Paget 人造地平儀兩種。陸上用者。爲普通水銀盤上。有屋頂形之玻璃罩。以防觀測時有風吹動水銀。或塵土之飛入。

以水銀盤及六分儀。如測太陽高度。太陽必映現於水銀盤及水平鏡。然使兩像之上邊互相觸接。則所測得者爲上邊高度$\overline{\odot}$。又下邊相觸。則測得者。爲太陽下邊之高度$\underline{\odot}$。

若裝望遠鏡於六分儀。以測下邊高度時。太陽倒映於水銀盤。其映像與太陽上下邊相反。然自望遠鏡透視之。望遠鏡再將該映像倒轉。與太陽上下一致。又映現於水平鏡




水銀盤



盤罩

之像。因動鏡之關係。不致倒映。祇因望遠鏡而倒轉其上下。此可知映於水平鏡之上邊。卽太陽下邊。若使之與水銀盤映像下邊(卽太陽下邊)相觸。當得下邊高度(此時水銀面之映像在水平鏡映像之上方)。依同理。水平鏡映像之下邊(卽太陽上邊)。與水銀面映像上邊相觸。則得上邊高度(此時水銀面映像在水平鏡映像下方)。

據上理而言。用望遠鏡測太陽下邊。爲兩倍之高度。則使映現於水平鏡之太陽上邊L。與映現於水銀面之太陽下邊L'相觸可也。但在午前太陽漸升。L與L'觸點。必暫相離。狀如  午後太陽漸降。L與L'之觸點。必暫相疊。狀如 。又測上邊高度則反之。使他兩邊相觸。午前爲相疊之狀。午後爲相離之狀。

(14) 經線儀(Chronometer) 經線儀。乃一種構造精巧之時鐘。爲航海上修正時辰及觀象之重要儀器也。其內部之金屬彈機。對於溫度之高低。可自行膨脹收縮而調正。巨艦中須備有該儀三座。以其日差較少者爲標準儀。若只二座。則不能判別其何者爲差誤。

(15) 經線儀之開法 開經線儀。每日須有一定之時間。左手持儀。右手旋鑰。至捲若干次。須視儀面捲數指針爲標準。在末後一捲。用力須輕。捲畢將鑰匙取出(亦有種鑰匙與儀相連者)。閉其鑰孔。以防濕氣與塵埃之侵入。

(16) 經線儀收藏法 於船內最近重心之所。及搖動不甚。寒暑不烈。距發電機與磁氣較遠之處。置一內鋪軟絮之木箱。安經線儀於箱內。方無搖動與受磁電氣感應之患。若稍微搖動。其步軌生差。故平時最忌搬動。果欲搬運。先將其環架夾緊。將盒蓋好。徐徐提之以行。

(17) 分度儀 分度儀。有普通分度儀(Protractor)與三桿分度儀(Station Pointer)兩種。普通分度儀。又分半圓，全圓，

四分圓，矩形，及尺形諸種。總之。皆繪角或量角度之儀器也。而三桿分度儀。則專以測三物標間之兩夾角。而定船舶之位置。其構造爲一金屬圓規。附有三條尺狀之桿。中桿固定。不能移動。其左右二桿有游尺。可用正切與固定螺旋。使之移動或固定圓規上之角度。以中桿斜邊爲零點。向左右各分百八十度。

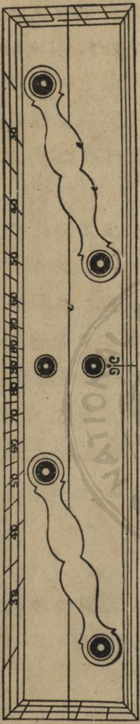
三桿分度儀之測船位法　由三物標。求本船之位置。先由方位儀測得三物標間之二夾角爲若干度。再將三桿亦依其角度之大小固定之。乃置中桿於海圖之中間物標上。然後徐徐移動圖規。使左右兩桿之斜邊。亦與各物標相合。以鉛筆記細點於圖規之中心。該點卽本船之位置也。

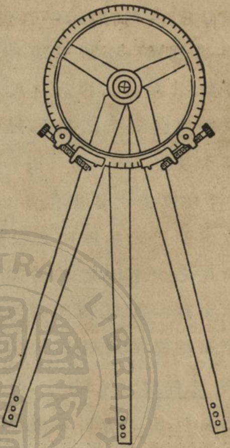
(18) 計程儀 (Log Line)　計程儀。又名測程儀。乃計算航程之器具也。有瓦克計程儀 (Walker's Patent Log) 與扇形計算儀 (Sector Log) 兩種。普通船舶。多用前者。至帆船與速力較緩之船。則用後者。

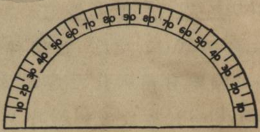
(19) 瓦克計程儀之構造

1. 旋轉器 (Rotator)　乃旋轉於水中之銅質螺旋。長約呎餘。上端繫有兩呎長之短索。索之他端。又繫一銅質之卵形空筒 (Shell)。當投旋轉器時。以之握手者。

2. 旋轉繩 (Rotator Line)　係蔴棉合織而成。質軟而堅。粗逕小指。長約四十拓 (六英尺爲一拓 Fathom)。其下端連於卵形空筒。上端有銅鈎。鈎於指程表後部之銅環內。距鈎二呎處。有小鐵輪一。以助繩之旋轉力。



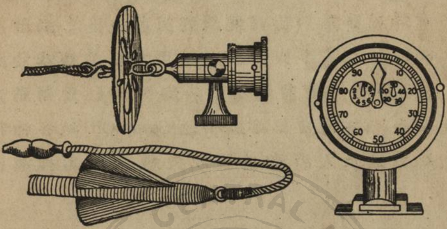







3. 指程表(Register) 有支腕。能嵌定於表座上。後方有眼環之旋桿。以傳達旋轉繩之運動於內部齒輪上。常以船舶速力之不同。故指程表亦分三種。

(a) Cherub Log 用於每小時行十浬以下之船。表面有大小二指針。大針一周表示一百浬。小針一周表示一浬。每轉六分之一浬。則鐘自擊一聲。




(b) Cherubal Log 與上種無大差異。惟不鳴鐘耳。在十浬以上之船多用之。

(c) Neptune Log 在十浬以上之船則用之。表面有大小三針。大針一周表百浬。小針一周表五百浬。他一小針表一浬。

4. 表座 (Shal) 為一銅質蹄鐵形之座。固定於船尾或舷側。以安指程表者。

(20) 瓦克計程儀之用法　凡在內河或沿海岸航行。有陸地爲標識。無用計程儀之必要。故須於四望無涯水天一色時方用之。用時先將指程表嵌入表座內。啟開表面之玻璃蓋。撥各指針於零點。將旋轉繩鈎於指程表後之銅環內。將繩理順。握於左手。右手持卵形空筒。用力投旋轉器於海中。隨將左手之繩放出。有時海草附於旋轉器上。爲轉動之障礙。須收入去之。并時常加草蓖子油 (Castor Oil) 於各油孔。當船停止或後退及入港前。必須收入船中。免爲推進器擊斷。

(21) 瓦克計程儀收藏法　旋轉器使用後。以清水洗淨。再抹以油。免其生銹。旋轉繩亦須以淡水洗淨。晒乾理順備用。指程表可常分解拭淨。

(22) 扇形計程儀之構造

1. 扇形板 (Log Ship)　爲扇形之木板。其弧部有溝隙。可填鉛其中。三隅繫有脚線。弧邊二根。連於遊線 (Stray Line)。頂上一根。末有木栓。以爲插入木管之用。

2. 遊線 (Stray Line)　爲計程儀線 (Log Line) 之外端。於當全船之長處。結一白布符號。自此再分三節。第一節有革皮結。第二節有二蔴線結。第三節有三蔴線結。平時捲於絡車 (Reel) 備用。

3. 沙時計 (Sand Glass)　爲一鼓形之器。有細沙盛於玻璃管內。若將其倒轉。則細沙自上端流落下端。以計秒時。普通有十四秒 (Short Glass) 及廿八秒 (Long Glass) 兩種。在速率大之船舶。多用十四秒者。

計程儀線各節長之算法。乃依沙時計之秒時。與一時間之比。以一海里乘得者而定之。(一海里等於6080呎。一小時等於3600分。)

對於十四秒沙時計一節之呎數$\frac{14\times 6080}{3600}=23.64$呎

對於廿八秒沙時計一節之呎數$\frac{28\times 6080}{3600}=47.29$呎

(23) 扇形計程儀之用法　測時須三人行之。先將脚線所繫之木栓插入木管中。一人持沙時計。一人高舉絡車。一人持遊線。口呼「預備」(Ready)。卽遠投扇形板於水中。徐徐放出遊線。及至遊線符(白旗布)通過手中時。卽呼「倒轉」(Turn)。此時持沙時計者。急將沙時計倒轉。待砂落盡。立呼「停止」(Stop)。放線者隨卽止住線之走出。檢查其長度。卽可測得船之速力也。

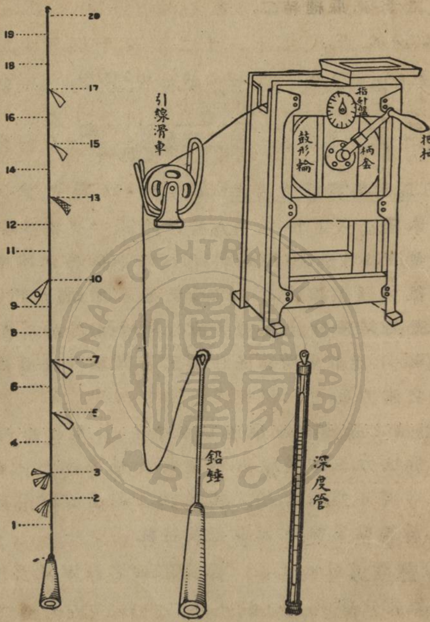
扇形板之弧邊有鉛。故能在水中直立。及收回時。木板受水之抵抗力。則木栓脫出。板遂臥倒。便於收入。木栓若插入過緊。收時不能脫出。納入甚難。再計程儀線使用日久。自然延長。故須常常檢查。而改正其符號。

(24) 測深儀 (Lead Line)　測深儀。俗名打水錘。乃探水之深淺與底質之器具。在水深不過二十拓 (1 Fathom＝6 Feet) 之處。則用淺水測深儀 (Hand Lead)。再深則用深海測深儀 (Deep Sea Lead)。

(25) 淺水測深儀之構造

1. 鉛錘 (Lead)　爲一鉛質之長錘。重自七磅至十四磅不等。錘底有凹窪 (Arming Hole)。爲藏脂油之處。備測海底

之性質用。




2. 錘繩 (Line) 用細蔴合織而成。長自廿五拓至三十拓。自錘向上。記有各種符號 (Marks)。茲列於下。

二拓，裂皮二條。 三拓，裂皮三條。

五拓，白布一條。 七拓，赤布一條。

十拓，有孔皮一條。 十三拓，青布一條。

十五拓，白布一條。　　十七拓，赤布一條。

二十拓，蔴繩結二。

餘外一，四，六，八，九，十一，十二，十四，十八，及十九各拓。皆無符號。名曰 Deep。

(26) 淺水測深儀之用法　在駕駛橋下船舷之外。有小木板一方。圍有膝蔽 (Apron)。用時將板放平。測者立於其上。先將線之上端。繫於船邊之鐵欄 (Rail) 或鐵柱 (Stanshion)。以左手執繩。右手持錘。上部十餘呎處之一橄欖形木栓。將錘順船側擺動數次。待錘向前方時。右手放釋。繩卽走出。及船前進經過錘達海底之處。則繩垂直。視水面在何符號。則知水之深矣。若船係停止。可一直投下。不必擺動。若欲測海底之土質。須塗脂油於錘底之凹窪。當錘觸海底。有沙泥貝殼等貼於脂油上。卽知海底爲何質。幷知船大約之所在地。因海圖上有表載何地係何性質故也。

(27) 深海測深儀　深海測深儀。又分普通與用機械 (Sounding Machine) 兩種。前者之構造。與淺水測深儀無大差異。惟鉛錘較重。自二十八磅至三十磅不等。繩長爲一百拓。其符號亦異。玆列如下。

二十拓以下之符號。與淺水測深儀相同。

二十五拓，蔴線結一。　三十拓，蔴線結三。

三十五拓，蔴線結一。　四十拓，蔴線結四。

四十五拓，蔴線結一　五十拓，蔴線結五。

其餘如上之順序。直至百拓而止。

機械測深儀。利用水之壓力。測定水深之器具也。

(28) 深海測深儀之構造

1. V形溝輪 ("V" Grooved Pulley) 爲鐵製之V形溝輪。兩邊有圓鐵板 (Plate)。夾住鋼線。繞於輪周。其形似鼓。故名爲鼓形輪 (Wire Drum)。有橫軸 (Spindle) 支於鐵架 (Frame)。軸之兩端。各有柄套 (Handle Socket) 一。以便插入把柄 (Handlle)。爲旋轉鼓輪之用。輪之兩面。又有遏止器 (Check) 各一。爲遏止鼓輪旋轉之用。

2. 指針盤 (Dial) 裝置於鐵架之右側或頂上。盤面刻有二百或三百拓之度數。盤面有一指針。內具齒輪。與鼓輪連絡。當鼓輪旋轉放出鋼線。若干長可由盤面觀之。

3. 鋼線 (Flexible Steel Wire) 爲六根亞鉛鍍鋼線合組而成。長有三百拓。

4. 鉛錘 (Sinker) 乃一鍍鉛之圓鐵棒。長約兩呎許。重廿二磅餘。底有凹窪。可充牉油。

5. 深度管 係白士來氏所發明。或稱白士來管 (Bassnett's Tube)。爲一二呎長之玻璃管。上端閉塞。下端開口。管面刻有自五拓至百拓之度數。爲防玻璃管之破碎。於其外面。包有銅質保護套。上端亦閉塞。惟下端有小孔二個。當管投入水中。因水有壓力。水卽由小管浸入管中。迄自水底收起。視管內水在若干拓。卽爲水之深度也。

(29) 深海測深儀之用法 先以遏止器。抑制鼓輪之旋轉。撥指針盤面之指針於零拓。再繫深度管於鉛錘上部之鋼線上。將鋼線安於突出船尾之引線滑車 (Fair Leader) 之漕中。并放鉛錘與深度管於船外。懸於滑車上。然後轉動把

柄。脫去遏止器。鉛錘與深度管卽帶線走出。及感觸其已達水底。卽以把柄轉動鼓輪。將線捲入。收起深度管。視管內水在何拓數。

(30) 深海測深儀收藏與用時之注意　在測之先。須將指針置於零度。玻璃管之開口。須在下端。當錘旣達海底。卽止住鋼線之走出。否則。懸垂過長。恐鈎於巖礁上。若鋼線走出二百五十拓。仍未達水底。須立刻以遏止器抑制鼓輪爲妥。若船速率十一浬。鋼線須放出二倍水深。方達水底。若十五海浬。須二倍半。當船停止時。可不用深度管。只視指針盤上之拓數亦可。用畢須拭淨塗油。以免生銹。

(31) 寒暑計 (Thermometer)　寒暑計。亦稱溫度表。其發明已二百六十餘年矣。乃一長細之玻璃。下端作球狀。內蓄水銀或酒精。利用該液體。隨寒暖而縮脹。視管側所劃之度數。以知溫度之高低。在近世所用者。概分華氏,攝氏,列氏三種。

華氏 (Fahrenheit) 寒暑計。自氷點至沸點。分一百八十度。定三十二度爲氷點。二百十二度爲沸點。

攝氏 (Centigrade) 寒暑計。自氷點至沸點。分一百度。定零度爲氷點。一百度爲沸點。

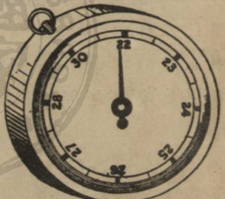
列氏 (Reaumur) 寒暑計。自氷點至沸點。分八十度。定零度爲氷點。八十度爲沸點。

三氏寒暑計。互相變換之公式。

華氏變攝氏　　$(F-32^\circ)\frac{5}{9}=C$

| | |
|---|---|
| 華氏變列氏 | $(F-32°)\frac{4}{9}=R$ |
| 攝氏變華氏 | $(C\times\frac{9}{5})+32°=F$ |
| 攝氏變列氏 | $C\times\frac{4}{5}=R$ |
| 列氏變華氏 | $(R\times\frac{9}{4})+32°=F$ |
| 列氏變攝氏 | $R\times\frac{5}{4}=C$ |

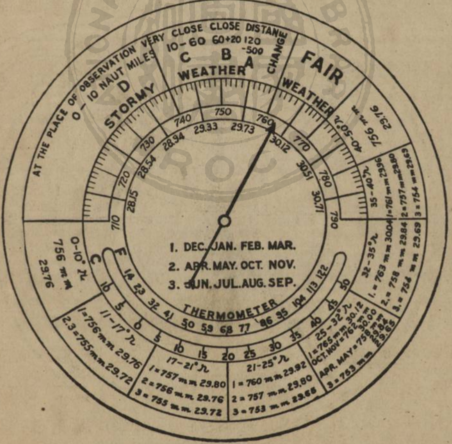
(32) 空盒晴雨計 (Aneroid Barometer) 空盒晴雨計。或簡稱風雨表。其中心係一金屬之空盒。因空盒近於眞空之故。得依外部氣壓之變化而變其形狀。當氣壓增大時。空盒爲氣壓之力押入於內部。氣壓減少時。則膨脹於外部。因空盒之收縮膨脹。其所附之發條。遂隨以伸縮。而指針軸以槓桿之作用。亦連同動作。以左右其指針。故因氣壓之變化。可視指針之度數。以測氣候之晴雨。




(33) 颶風晴雨計 (Baracyclonometer) 颶風晴雨計。係馬尼剌觀象臺所創造。玆將其構造與觀測法。分述如下。

(34) 颶風晴雨計之構造 該器由空盒晴雨計與風位盤二部而成。其一部用最精良之空盒晴雨計。表面分爲三區。曰晴好區 (Fair Weather)。變化區 (Change)。風雨區 (Stormy Weather)。在變化區之左界線。設有指針。倘氣壓由此上昇。

則天氣平穩。若由此下降。可知漸入於颶風區內。此區分A, B, C, D四部。設指針指於A部。則知此地與颶風中心之距離。在五百以至一百二十浬。指入B部。其中心近在百二十乃至六十浬。指C部時。接近於六十乃至十浬。及入D部。則在十浬乃至零浬。然中心之方位。非晴雨計之示度所能斷定。必賴所測風之方位。由風位盤 (Wind-disk) 而推定之。此風位盤分八直徑。附十六方位之風位於周圍。盤之中央有短矢。使用時。當與颶風之進路同一致。又於中央部。設兩條長針。內有一條。自中央軸部起。至針三分之二處止。刻爲百等分。名曰單針。又一條自中央部至三分之二處。附一小針。




空盒晴雨計

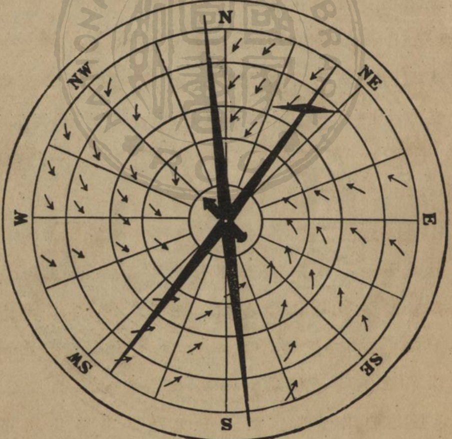
且能回轉。名曰複針。

(35) 颶風觀測法

1. 先將中央之短矢。使與其地之平均進路略相符合而轉盤面。次將現在之風位。以單針一端合於盤面。則他端之方向。卽颶風中心所在之方位。此時晴雨計若漸降。而風位又不變。則中心所在之方向愈確實矣。

2. 依上法。倘晴雨計降下入於B部時。則更觀測風位。以求中心所在之方位。如風位變轉。而晴雨計未甚下降。得決定其中心不通過於此地也。

3. 晴雨計尙在下降中。而風位變轉時。則加用複針。由




風 位 盤

小針所附着一端。可知其中心之方位。此後倘風位不變。而晴雨計下降。此當推定其中心從所示之方向襲來也。

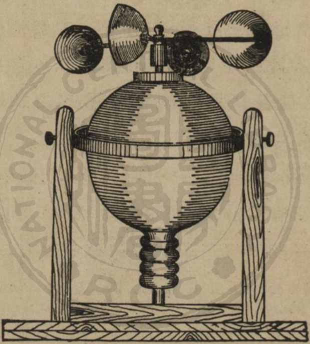
(36) 佛尼愛氏定則 (Fournier Rule) 依下式。得概測颶風中心之距離。$\frac{D_1}{D_2}=\frac{P-P_2}{P-P_1}$

P代日來之最高氣壓(但須減去0.12吋)。$P_1$為自入颶風區以後最先所測得之晴雨計下降之度數。$P_2$為經過若干時後所測得晴雨計之度數。$D_1$為第一次觀測時之中心距離。$D_2$為第二次觀測時之中心距離。然$P, P_1, P_2$為巳知數。今假定$D_1$為100。而計算之。則$D_2$之值可得。但於$P_1, P_2$各值。加減其時之相當日變化。是為尤要者也。

颶風 (Cyclone) 隣界線之平均氣壓。載入表面之下部。并記緯度季節及晴雨計之度數。例如17°–21° N。卽北緯十七度乃至二十一度。1=757 m.m之一。指十二月,一月,二月,三月之氣壓。2=756 m.m之2。指四,五,十,十一月之氣壓。3=755 m.m之3。指六月,七月,八月,九月之氣壓。

(37) 舶用風力計 (Marine Anemometer) 該器為日本馬場氏創於明治三十六年。其作有水平回轉裝置。對於船舶之搖擺無關係。法以四個金屬半圓形之風杯。被風力吹之旋轉。而軸心隨之。在軸之下部。設有螺旋。與其旁之齒輪相接。依軸心之旋轉而傳動於齒輪。復由齒輪傳動於指針盤。得表示風速自若干米以至若干哩。玆將馬場氏舶用風力計一分間之示度。與美氏風力階級之關係表示如下。

| 一分間杆 | 美氏風力 | 一分間杆 | 美氏風力 | 一分間杆 | 美氏風力 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.1 | 0 | 0.2 | 1 | 0.4 | 2 |
| 0.5 | 3 | 0.6 | 4 | 0.7 | 5 |
| 1.0 | 6 | 1.1 | 7 | 1.3 | 8 |
| 1.5 | 9 | 1.7 | 10 | 2.0 | 11 |
| 2.4 | 12 | | | | |



## "BOXING" THE COMPASS

| N—E | N—W | S—E | S—W | Points | 0 ′ ″ |
|---|---|---|---|---|---|
| North | North | South | South | | |
| N¼E | N¼W | S¼E | S¼W | ¼ | 2° 48′ 45″ |
| N½E | N½W | S½E | S½W | ½ | 5° 37′ 30″ |
| N¾E | N¾W | S¾E | S¾W | ¾ | 8° 26′ 15″ |
| NbE | NbW | SbE | SbW | 1 | 11° 15′ 0″ |
| NbE¼E | NbW¼W | SbE¼E | SbW¼W | 1¼ | 14° 3′ 45″ |
| NbE½E | NbW½W | SbE½E | SbW½W | 1½ | 16° 52′ 30″ |
| NbE¾E | NbW¾W | SbE¾E | SbW¾W | 1¾ | 19° 41′ 15″ |
| NNE | NNW | SSE | SSW | 2 | 22° 30′ 0″ |
| NEbN¾N | NWbN¾N | SEbS¾S | SWbS¾S | 2¼ | 28° 18′ 45″ |
| NEbN½N | NWbN½N | SEbS½S | SWbS½S | 2½ | 28° 7′ 30″ |
| NEbN¼N | NWbN¼N | SEbS¼S | SWbS¼S | 2¾ | 30° 56′ 15″ |
| NEbN | NWbN | SEbS | SWbS | 3 | 33° 45′ 0″ |
| NE¾N | NW¾N | SE¾W | SW¾S | 3¼ | 36° 33′ 45″ |
| NE½N | NW½N | SE½W | SW½S | 3½ | 39° 22′ 30″ |
| NE¼N | NW¼N | SE¼W | SW¼S | 3¾ | 42° 11′ 15″ |
| NE | NW | SE | SW | 4 | 45° 0′ 0″ |
| NE¼E | NW¼W | SE¼E | SW¼W | 4¼ | 47° 48′ 45″ |
| NE½E | NW½W | SE½E | SW½W | 4½ | 50° 37′ 30″ |
| NE¾E | NW¾W | SE¾E | SW¾W | 4¾ | 33° 26′ 15″ |
| NEbE | NWbW | SEbE | SWbW | 5 | 56° 15′ 0″ |
| NEbE¼E | NWbW¼W | SEbE¼E | SWbW¼W | 5¼ | 59° 3′ 45″ |
| NEbE½E | NWbW½W | SEbE½E | SWbW½W | 5½ | 61° 52′ 30″ |
| NEbE¾E | NWbW¾W | SEbE¾E | SWbW¾W | 5¾ | 64° 41′ 15″ |
| ENE | WNW | EbE | WSW | 6 | 67° 30′ 0″ |
| EbN¾N | WbN¾N | EbS¾S | WbS¾S | 6¼ | 70° 18′ 45″ |
| EbN½N | WbN½N | EbS½S | WbS½S | 6½ | 73° 7′ 30″ |
| EbN¼N | WbN¼N | EbS¼S | WbS¼S | 6¾ | 75° 56′ 15″ |
| EbN | WbN | EbS | WbS | 7 | 78° 45′ 0″ |
| E¾N | W¾N | E¾S | W¾S | 7¼ | 81° 33′ 45″ |
| E½N | W½N | E½S | W½S | 7½ | 84° 22′ 36″ |
| E¼N | W¼N | E¼S | W¼S | 7¾ | 87° 11′ 15″ |
| East | West | East | West | 8 | 90° 0′ 0″ |

# 第二章 駕駛推測

(38) 總說 航海學(Navigation)爲航行中推測船位之經緯度。以定目的地方向之法。其法大別之有二。卽駕駛推測與天文推測是也。本章卽論前一法。所謂駕駛推測 (Dead Reckoning) 者。取一地之經緯度爲起點。依以後所航之方向及航程。以推測船位之經緯度。或以已知之兩地經緯度。求其間之航程與方向是也。駕駛方法。又分下列八種。

1. 平面駕駛 (Plane-Sailing) 假定地球面爲平面。以推測船位之方法也。

2. 曲線駕駛 (Traverse-Sailing) 船舶航行中。因島嶼之障礙。只得曲折駛行後。合算其各曲線之方向與航程。以求其直行之方向與航程及船位之法也。

3. 潮流駕駛 (Current-Sailing) 因船體受海流之影響。以致方向改變。必須施以糾正之方法。以求船位也。

4. 平行駕駛 (Parallel-Sailing) 船向正東或正西駛進。與赤道平行。故其緯度不變。惟其東西距不同。因而經度有變也。

5. 中緯駕駛 (Middle Latitude-Sailing) 乃平面駕駛與平行駕駛二者合併之方法。其起地與到地之緯度不同。故取兩緯度平均中分之。

6. 墨克特氏駕駛 (Mercator's Sailing) 依墨氏所發明之海圖而駕駛。今日航海者皆用之。

7. 大圈駕駛 (Great Circle-Sailing) 乃船舶遠渡重洋時。

所用以定船位之法也。

8. 混合駕駛 (Composite-Sailing) 乃合大圈與平行兩駕駛而成。因以大圈航駛。及將近緯度六十度有冰山之險。只得取平行駕駛之法焉。

(39) 定義　駕駛推測中所用種種名詞。茲述其定義於下。

地軸 (The Axis of the Earth) 卽地球南北之直徑。爲其自西向東旋轉之樞軸。

地極 (The Poles of the Earth) 乃地軸南北之末端。卽地球之南北兩極。合稱曰地極。

赤道 (The Equator) 爲與地軸成直角之大圈。其上各點。相距兩極爲九十度。

子午線 (Meridian) 卽通過地極。與赤道直角相交之大圈。

標準子午線 (The Prime Meridian) 爲計算經度特定之基本子午線。例以經過英國格林威 (Greenwich) 天文台子午儀之中心。爲經度之基本子午線。

經度 (The Longitude of a Place) 乃某地之子午線。與標準子午線間所算得在赤道上之弧。卽爲經度。假定標準子午線爲零。而分其東西各爲百八十度。故從東計算者。曰東經(定以E號)。其自西計算者。曰西經(定以W號)。船出發之經度。曰起程經度 (Longitude From)。目的地之經度。曰達到經度 (Longitude In)。

緯度 (The Latitude of a Place) 自赤道之南或北。而計量

某地子午線之弧。曰緯度。例由赤道上零度起算。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。曰南極（定以S號）。凡船發航地之緯度。曰起程緯度 (Latitude From)。目的地之緯度。曰達到緯度 (Latitude In)

經差 (Difference of Longitude) 卽於兩地子午線間所算得赤道上之弧。

緯差 (Difference of Latitude) 卽於兩地等距圈間所算得子午線上之弧。(按等距圈。乃與赤道平行之小圈也。)

航程 (Distance) 從起程地至目的地。以海里計算之距離。

橫距 (Departure) 或曰東西距。卽在同緯兩地間之距離。亦以海里表之。若兩地緯度各異。則於兩地間假設有許多子午線。使與航線相會。而後加其各點所貫通等距圈之小弧。

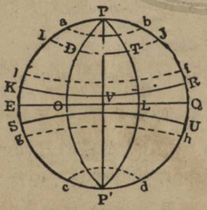



圖 解

PVP' 地軸
P,P' 地極
EQ 赤道
PLP' 子午線
POP' 標準子午線
OL 經度
DO,TL 緯度
DT 橫距
IJ,KR 等距圈
a b 北極圈
c d 南極圖
e f 北回歸線
g h 南回歸線

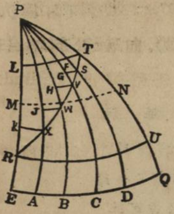



圖　解

PE, PA, PB, PC, PQ　子午線

FT, GS, HV, JW　橫距

LT, RU　緯度

FT+GS+HV+JW+KX=MN　中緯

RT　航程

EQ　赤道

P　地極

偏差 (Variation)　乃眞子午線 (True Meridian) 與磁氣子午線 (Magnetic Meridian) 間之角度。其差隨地不同。

自差 (Deviation)　羅針因受附近鐵氣之感應。以致羅針南北線。對於磁氣子午線。成若干之角度。是曰自差。

羅經方向 (Compass Course)　乃羅針與船之首尾線相交之角。

眞方向 (True Course)　乃眞子午線與船之首尾線相交之角。

物體之羅經方位 (Compass Bearing)　乃貫通物體及測者之大圈與羅經方向間之角度。

物體之眞方向 (True Bearing)　乃貫通物體及測者之大圈與眞子午線間之角度。

羅經差 (Compass Error)　乃偏差與自差之和。

風壓差 (Leeway)　乃航跡與船首尾線相交之角。

船速率 (Speed of a Ship)　以海里計船每小時之航程若干。一海里等於6080呎。

潮速率與方向 (The Rate and Set of a Current)　於若干時

內海流所流之距離。其每時平均之速力。曰速率。潮之方向。指流去之方向。如云東北海流。謂潮向東北流動。非如風言東北。自東北來者。

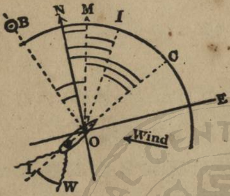



圖 解

ON 眞子午線

OM 磁氣子午線

SOC 船首尾線

∠NOM 偏差

∠MOI 自差

∠NOI 羅經差

∠NOC 眞方向

∠MOC 磁氣方向

∠IOC 羅經方向

∠LSW 風壓角

∠BOM 物體之羅經方位

∠BON 物體之眞方位

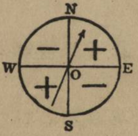



圖 解

Var.=True Co−Comp Co=Dev

Dev.=T. Co−C. Co−Var

Error=Dev+Var

Comp Co=T. Co−Error

True Co=C. Co+Error

Mag Co=Dev+Comp Co

(40) 駕駛推測之初則 自(41)節至(51)節。均論駕駛推測之基本運算方法。學者宜熟習之。

(41) 改度爲浬法 一海里當緯度一分之長。故以60乘

度數。即成海里。若以60除秒數。則成海里之小數。

(例一) 試改48°6′15.″6爲浬。

$$\begin{array}{r} 48°\ 6'\ 15.''6 \\ 60 \\ \hline 2880 \\ +\quad 6 \\ \hline 2886 \\ +\quad .26 \\ \hline 2886.26 \end{array}$$

2886.26浬

$$60\,\underline{|\,15.6}\quad .26$$

(例二) 試改10° 00′ 57″ 爲浬。

$$\begin{array}{r} 10°\ 00'\ 57'' \\ 60 \\ \hline 600 \\ +\quad .95 \\ \hline 600.95 \end{array}$$

600.95浬

$$60\,\underline{|\,57}\quad .95$$

(例三) 試改179° 59′ 59″ 爲浬。

$$\begin{array}{r} 179°\ 59'\ 59'' \\ 60 \\ \hline 10740 \\ +\ 59 \\ \hline 10799 \\ +\quad .98 \\ \hline 10799.98 \end{array}$$

10799.98浬

$$60\,\underline{|\,59}\quad .98$$

(42) 改浬爲度法　以60除海里。其商爲度。餘數爲分。分之小數。以60乘之。卽爲秒。

(例一) 改 853′9 浬爲度數。

```
60 ) 853′9 ( 14° 13′ 54″
     60
     ───
     253
     240
     ───
      13
     ───
       9
      60
     ───
      54.0
```

(例二) 改 4733 浬爲度數。

```
60 ) 4733 ( 78° 53′
     420
     ───
      533
      480
      ───
       53
```

(43) 知緯度之起點與到點求緯差法　法則

兩緯度同名。則以大數減小數。異名則相加。其求得之差或和。卽爲緯差。若到點在起點之北。加一N號。到點在起點之南。則加一S號。

(例一) 某船自北緯 38° 0′ 30″ 之地出發。至北緯 8° 6′ 45″ 之地止。問其緯差若干。

Lat From　38° 0′ 30″N

Lat In　8° 6′ 45″N

Dlat＝29° 53′ 45″S

(例二) 一船自南緯10° 20′之島。開赴北緯7° 6′ 30″之港。試求其緯差。

Lat From　10° 20′ 00″S

Lat In　7° 6′ 30″N

Dlat＝17° 26′ 30″N

(例三) 有船從A地 (3° 4′ 40″S) 至B地 (7° 3′ 00″S)。其緯差幾何。

Lat A　3° 4′ 40″S

Lat B　7° 3′ 00″S

Dlat＝3° 58′ 20″S

(44) 知緯差起點之緯度求到點之緯度法　法則

起點與緯差同名時則相加。異名則相減。其和或差。卽爲達到之緯度。至南北之符號。概視到點在赤道之南或北爲斷。

(例一) 某船發自北緯34° 22′ 00″之地。向北航行。其緯差爲432.25海里。問達到地之緯度幾何。

60 | 432.25

Dlat 7° 12′ 15″N

Lat From　34° 22′ 00″N

Dlat　7° 12′ 15″N

Lat In＝41° 34′ 15″N

(例二) 有船自北緯3° 28′ 00″ 某商港駛出。向南航 300.5 海里。抵一小島。問該島當緯度若干。

$$60\,|\,\underline{300\,5}\qquad\qquad \text{Lat From}\quad 3°\,28'\,00''\text{N}$$

$$\text{Dlat } 5°\,0'\,30''\text{S}\qquad\qquad \text{Dlat}\quad \underline{5°\,\;0'\,30''\text{S}}$$

$$\text{Lat In} = \underline{\underline{1°\,32'\,30''\text{S}}}$$

(例三) 一船自赤道出航。向北航 2013.55 海里。至一海灣。問該灣之緯度如何。

$$60\,|\,\underline{2013\,55}\qquad\qquad \text{Lat From}\quad 0°\;\;0'\;\;0''$$

$$\text{Dlat } 33°\,33'\,33''\text{N}\qquad\qquad \text{Dlat}\quad \underline{33°\,33'\,33''\text{N}}$$

$$\text{Lat In} = \underline{\underline{33°\,33'\,33''\text{N}}}$$

(45) <u>知經度之起點與到點求經差法</u> 法則

兩經度異名則相加。同則相減。其差或和。卽爲經差。若到點在起點之東。則記以E號。在西則記以W號。有時二數之和。大於180°者。則須以360°減之。其記號與上相反。

(例一) 某船自東經 20° 0′ 42″ 至東經 7° 2′ 0″ 停泊。問經差幾何。

$$\text{Long From}\quad 20°\;\;0'\,42''\text{E}$$

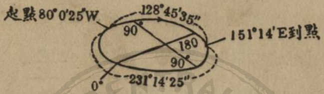
$$\text{Long In}\quad \underline{7°\;\;2'\;\;0''\text{E}}$$

$$\text{Dlong} = \underline{\underline{12°\,58'\,42''\text{W}}}$$

(例二) 又有由A地 (5° 36′ 30″E) 至B地 (23′ W)。問兩地之經差若干。

$$\begin{array}{ll} \text{Long A} & 5^\circ\ 36'\ 30''E \\ \text{Long B} & \quad 23'\ 00''W \\ \hline \text{Dlong} = & \underline{\underline{5^\circ\ 59'\ 30''W}} \end{array}$$

(例三) 有船從西經 80°0′ 25″。航抵東經 151° 14′。試求其經差。




$$\begin{array}{ll} \text{Long From} & 80^\circ\ \ 0'\ 25''W \\ \text{Long In} & 151^\circ\ 14'\ \ 0''E \\ \hline & 231^\circ\ 14'\ 25'' \\ & 360^\circ \\ \hline \text{Dlong} = & \underline{\underline{128^\circ\ 45'\ 35''W}} \end{array}$$

(46) <u>知經差及起點之經度求到點之經度法</u>　法則

1. 起點與經差同名時。則相加。卽得到點之經度。其東或西之符號。與起點同。其和若大於 180°。必須以 360° 減之。到點之記號。與起點相反。

2. 起點與經差異名時。以大數減小數。其差卽爲到點之經度。惟東西之符號。須概視到點在標準子午線之東或西爲斷。

(例一) 有船由西經 14° 20′ 出帆。向東駛 75.2 海里。求到點在何經度。

$$60 \,|\, \underline{75.2} \qquad \text{Long From} \quad 14^\circ\, 20' \;\; W$$
$$1^\circ\, 15.2' \qquad \text{Dlong} \quad \underline{1^\circ\, 15.2' E}$$
$$\text{Long In} = \underline{\underline{13^\circ\;\; 4.8' W}}$$

(例二) 某船自東經165° 59′起椗。知其經差爲8° 29′ 42″E。問目的地之經度幾何。

$$\begin{array}{ll} \text{Long From} & 165^\circ\, 59'\, 00'' E \\ \text{Dlong} & \underline{\;\;8^\circ\, 29'\, 42'' E} \\ & 174^\circ\, 28'\, 42'' E \\ & \underline{360} \\ \text{Long in} = & \underline{\underline{185^\circ\, 31'\, 18'' W}} \end{array}$$

(47) 知緯度之起點與到點求中緯之法 法則

將兩同名之緯度相加。以2除之。其商卽爲中緯。記號不易。若兩緯度異名。則不能求中緯。因近赤道。不能準確耳。

(例一) 設自上海(Lat 31° 14′ 41″N) 起椗。至日本橫濱(Lat 35° 26′ 24″N)。試求其中緯。

$$\begin{array}{ll} \text{Lat From} & 31^\circ\, 14'\, 41'' N \\ \text{Lat In} & \underline{35^\circ\, 26'\, 24'' N} \\ & 2\,|\,\underline{66^\circ\, 41'\;\; 5''} \\ \text{Mid Lat} = & \underline{\underline{33^\circ\, 20'\, 32.5'' N}} \end{array}$$

(例二) 起程地爲南緯29° 57′ 42″。目的地爲南緯6° 56′ 6″。茲求其中緯若何。

Lat From　29° 57′ 42″S

Lat In　6° 56′ 5″S

$$2\,|\,\underline{36°\ 53'\ 48''}$$

Mid Lat = 18° 26′ 54″S

(48) 知緯度之起點與到點求墨克特氏之緯差法

法則

依起點與到點之緯度。查航海表中 (Meridional Parts) 之分數。若緯度同名時。則求其差。異名時。則求其和。

(例一) 日本長崎當北緯 32° 44′ 24″。俄屬海參崴當北緯 43° 6′ 51″。試求墨氏之緯差。

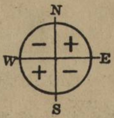
| | | | |
|---|---|---|---|
| 長崎緯度 | 32° 44′ 24″N | m.p | 2081.07 |
| 海參崴緯度 | 43° 6′ 51″N | m.p. | 2872.60 |
| | | Mer Dlat = | 791.53 |

(例二) 香港之緯度爲 22° 16′ 52″N。好望角之緯度爲 33° 56′ 3″S。求墨氏之緯度若何。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 香港緯度 | 22° 16′ 52″N | m.p. | 1372.00 |
| 好望角緯度 | 33° 56′ 3″S | m.p. | 2166.70 |
| | | Mer Dlat = | 3538.70 |

(49) 求羅經差法　法則

以偏差加自差。卽爲羅經差。須記同號則加。異號則減。(如圖。NE 與 SW。又 SE 與 NW。可稱同號。若 NE 與 NW 卽異號。例因自差偏差之角度。概依正北子午線爲基本。可將 N 號省去。)



其和或差之記號。隨大數而定。

(例一) 自差爲3°E。偏差爲39°W。求羅經差若干。

Var　3° E+

Dev 39° W−

Compass error = 36° W

(例二) 偏差爲36° 33′ 45″E。自差爲2° 48′ 45″E。求羅經差若干。

Var 36° 33′ 45″E+

Dev　2° 48′ 45″E+

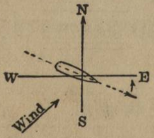
Compass error = 39° 22′ 30″E

(50) 知羅經方向,偏差,自差,風向,風壓差求眞方向法

法則

依風向於羅經方向內。加(減)風壓差與羅經差卽得。

(例一) 羅經方向爲ESE。偏差爲5°13′W。自差爲1點$\frac{1}{4}$E。風向SW。風壓差爲1點$\frac{3}{4}$。求眞方向。




Comp Co ESE　S 67° 30′ 00″E

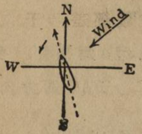
Leeway $1\frac{3}{4}$ Point　19° 41′ 15″

87° 11′ 15″

Var+Dev　8° 50′ 45″E

True Course = S 78° 20′ 30″E

(例二) 羅經方向爲NNW。風向NE。風壓差爲$2\frac{1}{2}$點。偏差45°W。自差24°E。求眞方向若干度。



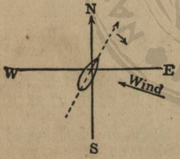

| | |
|---|---|
| Comp. Co. NNW | N 22° 30′ 0″W |
| Leeway $2\frac{1}{2}$ pt. | 28° 7′ 30″ |
| | 50° 37′ 30″ |
| Var.+Dev. | 21° W |
| True Course= | N 71° 37′ 30″W |

(51) 知眞方向,偏差,自差,風向,風壓差求羅經方向法

法則

依風向於眞方向內。加(減)風壓角(與上法相反)及羅經差卽得。

(例一)眞方向爲 NE×N。Var. 5°20′W。Dev. 12°W。風向 ESE 風壓差 11°25′。求羅經方向。



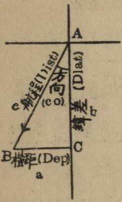

| | |
|---|---|
| T. Co. | N 33° 45′ 00″E |
| Leeway | 11° 25′ 00″ |
| | 45° 10′ 00″ |
| Comp. error | 17° 20′ W |
| Comp. Co.= | N 62° 30′ 00″E |

(例二)眞方向爲 S 63° 23′W。Var. 8° 20′E。Dev. 10° 4′W。求羅經方向。

| | | | |
|---|---|---|---|
| D.= | 10° 4′ W | T. Co. | S 63° 23′ W |
| V.= | 8° 20′ E | V+D | 1° 44′ W |
| Err. | 1° 44′ W | C. Co.= | S 65° 7′ W |

(52) 平面駕駛法 (Plane-Sailing)　此法所用之公式。皆

本於平面直角三角形之算式。茲畫一平面直角三角形ABC。其合於平面駕駛之各項者。圖示如下。




設有船自A至B。底邊a爲橫距。對邊b爲緯差。斜邊C爲航程。∠BAC爲方向。

$\because\ \dfrac{a}{c}=\text{Sin A} \qquad \therefore\ a=C\times\text{Sin A}$

即 Dep＝Dist×Sin Co.………………………(1)

又 $\dfrac{b}{c}=\text{Cos A} \qquad \therefore\ b=C\times\text{Cos A}$

即 Dlat＝Dist×Cos Co.………………………(2)

又 $\dfrac{c}{b}=\text{Sec A} \qquad \therefore\ C=b\times\text{Sec A}$

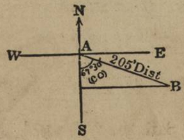
即 Dist＝Dlat×Sec Co ………………………(3)

又 $\dfrac{a}{b}=\text{tan Co.}$

即 $\text{Tan Co}=\dfrac{\text{dep}}{\text{dlat}}$………………………(4)

依上各式。於橫距,緯差,航程,方向四項中。若知其二。即可推算其他二項。然有時除以上公式外。亦可照平面三角其他公式求之。

(例一) 某船自北緯32° 22′。向ESE航205海里。抵某商埠。問該埠之緯度若干。




Dlat＝Dist Cos Co.＝205 Cos 67°30′

| | |
|---|---|
| log 205 | 2.31175 |
| log Cos 67° 30′ | 9.58284 |
| log Dlat | 1.89459 |

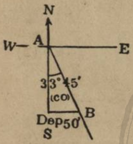
$\therefore$ Dlat=78.45=1° 18′ 27″S

Lat From　32° 22′ 0″N

Dlat　1° 18′ 27″S

$\therefore$ Lat in=31° 3′ 33″N

(例二) 一船自北緯38° 4′.向SE×S航行.至其橫距50海里之地.問其航程若干.幷求其地之緯度.




Dist=Dep Cosec Co=50′ Cosec 33° 45′

log 50　=1.69897

log Cosec 33° 45′=0.25526

log Dist　1.95423

$\therefore$ Dist=89.998 Miles

Dlat=Dep Cot Co=50 Cot 33° 45′

log 50　1.69897

log Cot 33° 45′ 0.17511

log Dlat　1.87408

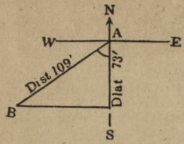
$\therefore$ Dlat=74.83 or 1° 14′ 50″S

Lat From　38° 4′ 0″N

Dlat　1° 14′ 50″S

Lat in=36° 49′ 10″N

(例三) 有船向西南兩方間.航行109海里.抵某島.知其緯差爲1° 13′.試求其方向與橫距.




$$\text{Sec Co} = \frac{\text{Dist}}{\text{Dlat}} = \frac{109}{73}$$

| | |
|---|---|
| log 109 | 2.03743 |
| log 73 | 1.86332 |
| log Sec Co | 0.17411 |

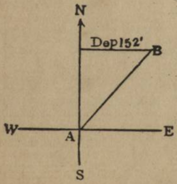
$\therefore$ Co = S 47° 57′ 56″ W

Dep = Dist × Sin Co = 109 Sin 47° 57′ 56″

| | |
|---|---|
| log 109 | 2.03743 |
| log Sin 47° 58′ | 9.87078 |
| log Dep | 1.90821 |

$\therefore$ Dep = 80.95 miles

(例四)有一輪船。自北緯34°某地。鼓輪向東北兩方間航行。至一北緯36° 32′某岬。知其橫距爲152海里。求該船所航之方向與航程。




| | |
|---|---|
| Lat From | 34° 0′N |
| Lat in | 36° 32′N |
| Dlat | 2° 32′N or 152 miles |

$$\text{Tan Co} = \frac{\text{Dep}}{\text{Dlat}} = \frac{152}{152}$$

| | |
|---|---|
| log Dep | 2.181844 |
| log Dlat | 2.181844 |
| log Tan Co | 0.000000 |

$\therefore$ Co = N 45°E

$$\text{Dist} = \text{Dlat Sec Co} = 152 \text{ Sec } 45^\circ$$

$$\begin{array}{ll} \log 152 & 2.181844 \\ \log \text{Sec } 45^\circ & 0.150515 \\ \hline \log \text{Dist} & 2.332359 \end{array}$$

$$\therefore \quad \text{Dist} = \underline{\underline{215 \text{ miles}}}$$

(53) <u>曲線駕駛法</u> (Traverse Sailing)

(例一) 一船從北緯 28° 32′ 某島出發。航下列諸方向。求其所到地之緯度。并一直之方向與航程。

1. NW × N, 20 miles
2. SW, 40 miles
3. NE × E, 60 miles
4. SE, 55 miles
5. W × S, 41 miles
6. ENE, 66 miles

| True Course | Dist | Dl | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| N 33° 45′ W | 20 | 16.6 | | | 11.2 |
| S 45° W | 40 | | 28.3 | | 28.3 |
| N 56° 15′ E | 60 | 33.6 | | 49.7 | |
| S 45° E | 55 | | 38.9 | 38.9 | |
| S 78° 48′ W | 41 | | 7.8 | | 40.2 |
| N 67° 30′ E | 55 | 25.2 | | 61.0 | |
| N <u>89°</u> E | <u>70′</u> | 75.4<br>75.0<br>4 | 75.0 | 149.6<br>79.7<br>69.9 | 79.7 |

Lat From　28° 32′　0″N

Dlat　　　　　　24″N

Lat in = 28° 32′ 24″N

Course and Dist made good = N89° E, 70 miles

(例二) 有船從A地 (Lat 17° 40′N)。向一在其E by N$\frac{1}{2}$N方向并相距200海里之B地航去。今航得下列諸方向與航程至C地而中止。

1. N60° E, 35′

2. S by W$\frac{1}{2}$W, 48′

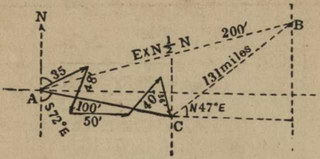
3. East, 50′

4. NE by N, 40′

5. S by E, 36′

試求C地之緯度。并一直之方向與航程。更求半途至B地之方向與航程。

| True Course | Dist | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| N 60° E | 35′ | 17.5 | | 30.3 | |
| S 17° W | 48′ | | 45.9 | | 14.0 |
| East | 50′ | | 0 | 50.0 | |
| N 34° E | 40′ | 33.2 | | 22.4 | |
| S 11° E | 36′ | | 35.3 | 6.9 | |
| | | 50.7 | 81.2 | 109.6 | 14.0 |
| | | | 50.7 | 14.0 | |
| S 72° E | 100′ | | 30.5 | 95.6 | |
| N 73° E | 200′ | 58.5 | | 191.3 | |
| N 47° E | 131′ | 89.0 | | 95.7 | |




Lat A　　17° 40′ N

Dlat　　　30′.5S

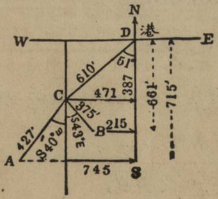
Lat　　　17° 9.′5N

Co to B = N47°E

Dist to B = 131 miles

Co and Dist made good = S72°E, 100 miles

(例三) 今有甲乙汽船兩艘。同泊於某港。甲將開往A地。乙將開往B地。吾人知A地在某港之南715海里,西745海里交角上。B地在某港之南661海里,西215海里交角上。茲兩船結伴同行。向SW½W航610海里。然後分向目的地駛去。試求各船應行之方向。幷餘航程若干。



| | T. Co | Dist | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | S | E | W |
| A | S 46° W | 1030 | | 715 | | 745 |
| B | S 18° W | 700 | | 661 | | 215 |
| C | S 51° W | 610 | | 387 | | 471 |

D to A, Dlat = 715′S　　D to A, Dep = 745′W

D to C, Dlat = 387 S　　D to C, Dep = 471′W

C to A, Dlat = 328′S　　C to A, Dep = 274′W

∴ C to A Co. = S 40°W

Dist = 427 miles

D to B, Dlat = 661′S　　D to B, Dep = 215′W

D to C, Dlat = 387 S　　D to C, Dep = 471′W

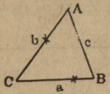
C to B, Dlat = 274′S　　C to B, Dep = 256′E

∴ C to B Co. = S43°E

Dist = 375 miles

(54) 潮流駕駛法 (Current Sailing) 潮流駕駛之求角度或邊。亦用平面三角法。

1. 知三邊。求三角之公式。

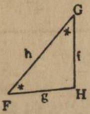



$$\text{Hav A}=\frac{(S-b)(S-c)}{bc}$$

$$\therefore\ \text{Log Hav A}=\log(S-b)+\log(S-c)-(\log b+\log c)$$

註　式中S。等於三邊和之半數。圖中*號。代已知之角或邊。

2. 知二角及一邊。求他角與邊之公式。



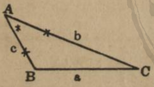

$$g : f=\text{Sin G} : \text{Sin F}$$

$$\therefore\ g=\frac{f\times \text{Sin G}}{\text{Sin F}}=f\times \text{Sin G}\times \text{Cosec F}$$

$$\therefore\ \text{Log}\ g=\log f+\log \text{Sin G}+\log \text{Cosec F}$$

$$\angle H=180^\circ-(\angle F+\angle G)$$

3. 知二邊及其夾角。求他一邊與二角之公式。



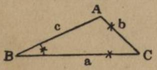

$$\text{Tan}\frac{B-C}{2}=\frac{b-c}{b+c}\ \text{Cot}\frac{A}{2}$$

$$\therefore\ \text{Log tan}\frac{B-C}{2}=\log\ (b-c)-\log\ (b+c)+\log\ \cot\ \frac{A}{2}$$

$$a : c=\text{Sin A Sin C}$$

$$\therefore\ \text{Log a}=\log C+\log \text{Sin A}+\log \text{Cosec C}$$

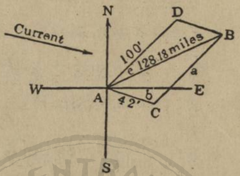
4. 知二邊與他一角。求他邊與二角。




$$\text{Sin A}=\frac{a\ \sin B}{b}$$

$$\therefore\ \text{Log Sin B}=\log \text{Sin B}+\log a-\log b$$

(例一)某船向正東北方駛去。計二十四小時可航一百海里。今因有每小時$1\frac{3}{4}$浬速力之E by S海流。問該船實際之方向與航程若干。




使A爲起點。AD=100浬。爲船在無潮時可行之方向與航程。AC=$24\times1\frac{3}{4}$。爲潮之總速力。依二邊畫一平行四邊形ADBC。故AB爲該船之實際航程線。

今知 $\angle DAE = 45°$

$\angle EAC = 11° 15'$

$\therefore \quad \angle DAC = 56° 15'$

$\because \quad AD \parallel BC$

$\therefore \quad \angle ACB = 180° - 56° 15' = 123° 45'$

在$\Delta$ ABC內。知AC=42, BC=100, $\angle C = 123° 45'$。可依第(3)公式求$\angle ABC$與AB邊。

$$\tan\frac{A-B}{2} = \frac{a-b}{a+b}\cot\frac{C}{2}$$

$a = 100$

$b = \ \ 42$

$a - b = \ 58$ ………………………… log 1.76343

$a+b=142$ ………………………… co. log 3.84771

$\frac{C}{2}=61°52'.5$ ……………………… log cot 9.72796

log tan 9.33910

$\therefore \quad \frac{A-B}{2}= \quad 12°18'54''$

& $\frac{A+B}{2}= \quad 28° \ 7'30''$

$\therefore \quad \angle ABC= \quad 15°48'36''$

$\therefore \quad \angle DAB= \quad 15°48'36''$

& $\angle DAN= \quad 45°$

$\therefore \quad \angle NAB= \quad 60°48'36''$

$\therefore \quad$ T. Co. $=\underline{\underline{N60°48'36''E}}$

$C=b \operatorname{Sin} C \operatorname{Cosec} B$

$\log 42=1.62325$

$\log \operatorname{Sin} C=9.91985$

$\log \operatorname{Cosec} B=0.56471$

$\log C \quad 2.10751$

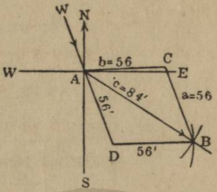
$\therefore \quad C=\underline{\underline{128'.18}}$ 卽實際航程。

(例二)今有艦自午後八時起錨。開往某地。時有NNW風并向東之海流。二者之速度。每時同爲三浬半。至次日午時。知已行84海里。試求該船之航向與潮之方向。

使A爲起點。依風向引WD。使AD之長爲$16^h \times 3.'5$等於56海里。

再以A爲圓心。84海里爲半徑作圓。又以D爲圓心。56爲

半徑。與前圓相交於B。然後連結DB。作一□ADBC。則∠SAB爲船航方向。∠NAC爲潮流方向。




在△ABC內。知AB=84′, AC=56′, 可依下式求之。

$$a = 56 \cdots\cdots\cdots\cdots \text{Hav } A = \frac{(S-b)(S-c)}{bc}$$

$$b = 56 \cdots\cdots\cdots\cdots \text{Co log } \bar{2}.25181$$

$$c = 84 \cdots\cdots\cdots\cdots \text{Co-log } \bar{2}.07572$$

$$2\,|\,\underline{196}$$

$$S = 98$$

$$S-b = 42 \cdots\cdots\cdots\cdots \log 1.62325$$

$$S-c = 14 \cdots\cdots\cdots\cdots \log 1.14613$$

$$\log \text{hav } A = 9.09691$$

$$\therefore \angle BAC = 41^\circ\ 24'\ 30''$$

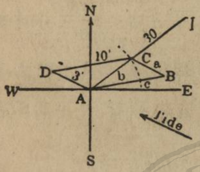
$$\therefore \angle BAD = 41^\circ\ 24'\ 30''$$

$$\&\ \angle SAD = 22^\circ\ 30'\ 0''$$

船航方向卽爲∠SAB = S63° 54′ 30″E

潮之方向。等於∠NAC = 180° − ∠SAC = 180° − 63° 54′ 30″ − 41° 24′ 30″ = N74° 41E。

(例三) 某船之速率。每時十海里。今欲至其正東北三十浬之一島。因被每時三浬速力之 N67°W 海潮冲擊。問須測何方向進行。并若干時可達其目的地。




設 A 爲出發地。I 爲東北方之某島。AI 之長凡 30 浬。依潮之方向。引 AD 線等於三浬。再以 D 爲中心十里爲半徑作圓。切 AC 線於 C。然後連結 DC。作一 ▱ABCD。∠NAB 爲應採之方向。AC 卽每時之航程。

今在 $\triangle ABC$ 內。知 $AB=10'$, $BC=3'$, $\angle C=45^\circ+67^\circ=112^\circ$

依下式求之。

$$\mathrm{Sin}\,A=\frac{\mathrm{Sin}\,c\times a}{c}$$

$$\log 3=0.47712$$

$$\text{Co-log}\ 10=\overline{1}.00000$$

$$\log \mathrm{Sin}\ 112^\circ=9.96717$$

$$\log \mathrm{Sin}\ \angle A=9.44429$$

$$\therefore\ \angle BAC=16^\circ\ 9'$$

$$\angle BAC+\angle NAC=\angle NAB=16^\circ\ 9'+45^\circ$$

$$=\underline{\underline{N61^\circ\ 9'E}}$$ 卽應航之方向

$$b=a\ \mathrm{Sin}\ B\ \mathrm{Cosec}\ A$$

$$\log 3=0.47712$$

$$\log \text{Sin} \quad 51^\circ 51' = 9.89564$$

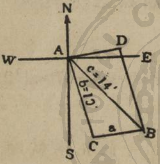
$$\log \text{Cosec } 16^\circ \ 9' = 0.55572$$

$$\log b \quad 0.92848$$

$\therefore$ $b=8.48$ 海流每時之速率。

$30 \div 8.48 = \underline{\underline{3.^h 53^m}}$ 卽須航行三點五十三分可到。

(例四) 有一每時能航八浬之船。今向SSE方駛去。經一小時半。知已航十四浬。但因受海流之影響。被冲爲$SE\frac{1}{2}E$方向。求潮之方向與速力。




使A爲起程地。依SSE畫AC線。長爲十二海里。再依$SE\frac{1}{2}E$畫AB線。然後連結CB作一$\square$ACBD。則$\angle$NAD爲潮之方向。AD爲其速率。

在$\Delta$ABC內。$b=12'$, $c=14'$, $\angle A=28^\circ 8'$。依下式求之。

$$\tan\frac{C-B}{2}=\frac{c-b}{c+b}\text{Cot}\frac{A}{2}$$

$$c-b=2 \quad \log \quad 0.30103$$

$$c+b=26 \quad \text{co}\log \quad \overline{2}.58503$$

$$\frac{A}{2}=14^\circ 4' \quad \log\cot \ 0.60108$$

$$\log\tan\frac{C-B}{2} \quad 9.48714$$

$$\therefore \quad \frac{C-B}{2}=17^\circ \ 4'$$

$$\frac{C+B}{2}=75^\circ 56'$$

$$\therefore \quad \angle ABC=58^\circ 52'$$

$\therefore \quad \angle BAD = 58° 52'$

$$NAD = \pi - \angle SAD = 180° - (50° 38' + 58° 52')$$
$$= 70° 30'$$

故潮之方向爲N70° 30′E。

$a = b \text{ Sin } A \text{ Cosec } B$

$\log 12 = 1.07918$

$\log \text{Sin } 28° 8' = 9.67350$

$\log \text{Cosec } 58° 52' = 0.06754$

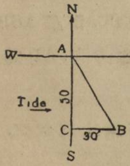
$\log a \quad 0.82022$

$\therefore \quad a = 6.617$ miles

$6.617 \div 1\frac{1}{2} = 6.617 \times \frac{2}{3} = 4.41$

故潮之速力每時爲4.41海里。

(例五) 有一每時能行五海里之船。今向正南航駛。被一自西橫來每時流三海里之潮漂擊。問經十小時後。該船所航之方向與航程若干。




以A爲起點。於正南線上截取AC。爲船在靜水內十小時之航程。又於C引BC線。爲潮之總速率。故∠BAC爲船被漂之方向。AB爲航程。

$$\text{Cot Co} = \frac{AC}{BC} = \frac{50}{30}$$

$\log 50 = 1.69897$

$\log 30 = 1.47712$

$\log \text{Cot Co} \quad 0.22185$

故被漂之方向為S30° 57′ 48″E。

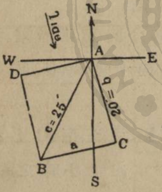
AB＝AC Sec Co

| | |
|---|---|
| log 50 | 1.69897 |
| log Sec 30° 57′ 48″ | 0.06676 |
| log AB | 1.76573 |

航程為58.31海里。

或以50為緯差。30為橫距。查航海表中。亦可得其方向為30°。航程為58海里。航海者多用此法為便。

(例六) 有某海峽。在船所在地之SSW方向距25浬之處。時有每時四浬速力之S by E海流。吾人欲以五小時直入峽口。問應取何向。并每時以幾浬之速力航駛。




定A為船之所在。B為某峽口。先依潮之方向畫AC。計五小時潮行二十浬。再連結BC。作▱ACBD。則∠SAD為應取之方向。AD為速率。

在Δ ABC 內。b＝20′, c＝25′。∠A＝33° 45′。可依上式求之。

| | |
|---|---|
| c＋b＝45 Co log | $\bar{2}$.34679 |
| c－b＝5 log | 0.69897 |
| $\frac{A}{2}$＝16° 52′ 5″ log Cot | 0.51800 |
| log tan | 9.56376 |

$$\frac{C-B}{2}=20°\ 7'$$

$$\frac{C+B}{2}=73°\ 7.'5$$

$\therefore$ $\angle ABC=53°\ 0'5=\angle BAD$

$\angle SAD=\angle SAB+\angle BAD=22°\ 30'+53°\ 0'5$

$=\underline{\underline{S75°\ 30'5W}}$ 應取之方向。

a = b Sin A Cosec B

| | |
|---|---|
| log 20 | 1.30103 |
| log Sin 33° 45′ | 9.74474 |
| log Cosec 53° 0′5 | 0.09760 |
| log a | 1.14337 |

$\therefore$ a = 13′.91 卽 AD = 13′.91。爲總共航程。

13′.91 ÷ 5 = $\underline{\underline{2.78}}$ 卽每時應航之速力。

上題亦可用檢表法 (Inspection) 計算。

| T. Co | Dist | D. lat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| SSW | 25′ | | 23.1 | | 9.6 |
| N by W | 20′ | 19.6 | | | 3.9 |
| $\underline{\underline{S\ 76°\ W}}$ | $\underline{\underline{14'}}$ | 19.6 | 23.1<br>19.6<br>3.5 | | 13.5 |

註　潮流方向須相反。如NNE變SSW。

14 ÷ 5 = $\underline{\underline{2.8}}$ 浬每時速力。S76°W爲應取方向。

(例七) 1924年正月二十六號午後四時。有某輪正航於北緯50° 10′西經19° 28′之海洋中。忽然機損。隨潮漂去。至次日午時。推測船位。被流至北緯49° 47′西經19° 59′之海面上。問潮之速力與方向。并被漂去幾何浬。

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lat A | 49° 47′N | long A | 19° 59′W |
| Lat B | 50° 10′N | long B | 19° 28′W |
| Dlat | 23′N | Dlong | 31′E |

$$
\begin{array}{ll}
\text{lat A} & 49^\circ\ 47' \\
\text{lat B} & 50^\circ\ 10' \\
\hline
 & 2\,|\,99^\circ\ 57' \\
\text{mid lat} & 49^\circ\ 58'.5
\end{array}
$$

$$\text{Dep} = \text{Dlong Cos mid lat} = 31' + \text{Cos } 49^\circ\ 58'.5$$

$$
\begin{array}{ll}
\log 31' & 1.491362 \\
\log \text{Cos } 49^\circ\ 58'.5 & 9.808293 \\
\hline
\log \text{dep} & 1.299655
\end{array}
$$

$\therefore$ Dep $= 19.93$

$$\text{Tan Co} = \frac{\text{Dep}}{\text{Dlat}} = \frac{19'.93}{23'}$$

log 19.9 ························· 1.29885

log 23 ························· 1.36173

log tan 40° 52′ ························· 9.93712

故潮之方向爲N40° 52′E。

Dist = Dlat Sec Co

log 23 ………………………… 1.36173

log Sec 40° 52′ ……………… 0.12135

log Dist ……………………… 1.48308

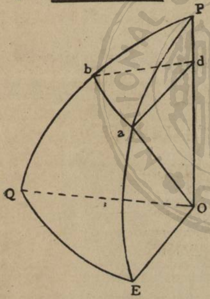
∴ Dist = 30′.4 miles

即船被漂去30′.4浬

$30'.4 \div 18^h = 1'.7$

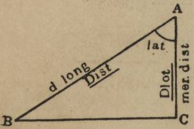
故潮每時之速力爲1′.7浬。

**(55)** 平行駕駛法 (Parallel Sailing) 如圖 a, b, 爲地面同一緯度之兩地。PaE, PbQ 爲經過兩地之子午線。E Q 爲赤道。P 爲地極。O 爲地心。P O 爲地軸。再連結 AO, QO 諸線。Ea 或 Qb 爲兩地之緯度。$\overset{\frown}{ab}$ 弧爲兩地子午線之距離。$\overset{\frown}{EQ}$ 弧爲兩地之經差。故 b d a 及 Q O E 諸角。因同爲兩子午線之夾角。故彼此相等。




$$\frac{\text{arc ab}}{\text{arc EQ}} = \frac{ad}{EO} = \frac{ad}{ao} = \text{Sin aod}$$

$$= \text{Cos a o E} = \text{Cos E a}$$




公式
1. Meridian Dist = Dlong Cos lat
2. $\text{Cos lat} = \dfrac{\text{Mer Dist}}{\text{Dlong}}$
3. Dlong = Mer Dist Sec lat

(例一) 某舟自A地 (Lat 35° 12′S, long 18° 5′E) 至B地 (Lat 35° 12′S, long 28° 18′E)。Variation 6° 7.5W。Deviation 11°W。求羅經方向與航程。

| | |
|---|---|
| Long A | 18° 5′E |
| Long B | 28° 18′E |
| Dlong | 10° 13′ or 613′E |

Mer Dist = Dlong Cos lat

= 613 Cos 35° 12′

| | |
|---|---|
| log 613 | = 2.78746 |
| log Cos 35° 12′ | = 9.91230 |
| log Mer Dist | 2.69976 |

故其航程為500.9浬。

| | |
|---|---|
| T. Co. S | 90° 0′ E |
| V+D | 17° 7′.5W |
| | S 72° 52′.5E |

羅經方向為S 72° 52′.5E。

(例二) 一汽船自東經140°南緯41°10′之某埠出發。依羅經方向N84°W航110浬。其偏差為11°W。自差為5°E。求該船之地位。

| | |
|---|---|
| Comp Co | N 84°W |
| V+D | 6°W |
| True Co. | N 90°W |

Dlong = Mer Dist Sec lat

= 110 Sec 41° 10′

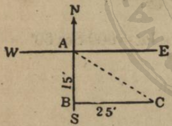
註　查 Travorse Table 時。以 Dlong 作 Dist。Mer Dist 作 Dlat。Lat 作 Co。然後去查。

查表得 Dlong = <u>146 miles W</u>

| | |
|---|---|
| Long From | 140° 0′E |
| Dlong | 2° 26′W |
| Long in | = 137° 34′E |

Lat in = 41° 10′S

(例三) 某船由北緯 49° 35′, 西經 8° 40′ 之地。向正南航十五浬。又向正東航二十五浬。問該船航至何所。




| | |
|---|---|
| Lat A | 49° 35′N |
| Dlat | 15′S |
| Lat C | = 49° 20′N |

Dlong B to C = M. Dist Sec lat

= 25′ Sec 49° 20′

查表得 38′ E

| | |
|---|---|
| long B | 8° 40′W |
| Dlong | 38′E |
| Long C | = 8° 2′W |

(例四) 有一海港。當北緯 49° 57′, 西經 5° 12′。距其正東 271 浬處。有炮台一座，問該炮台在何經度。

Dlong = Mer Dist Sec Lat = 271 Sec 49° 57′

log 217 2.43297

log Sec 49° 57′ 0.19148

log Dlong 2.62445

∴ Dlong = 421 2 or 7° 12′E

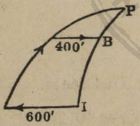
long left 5° 12′.0W

Dlong 7° 1.2′E

long in = 1° 49′.2E

故炮台在東經1° 49′.2。

(例五) 某艦由一島 (lat 50°N, long 20°E) 向正西航 600 浬。忽改向正北航若干時。繼又改向正東航 400 浬。測其經度。仍爲東經 20°。問其緯度及向北共航若干浬。




Dlong = Mer Dist Sec lat = 600 Sec 50°

log 600 2.77815

log Sec 50° 0.19193

log Dlong 2.97008

∴ Dlong = 933′.4

$$\text{Sec lat} = \frac{\text{Dlong}}{\text{Mer Dist}}$$

log 933.4 2.97007

log 400 2.60206

log Sec lat 0.36801

∴ Lat in = 64° 37′ 5N

lat left　50°　0′　N

lat in　64° 37′.5N

Dlat　14° 37′.5N

or 877′.5　即其向北所航浬數。

(例六) 今有等速率之A, B二船。同自某地 (lat 30°S, long 140°W) 出發。A向正南航。B向正西航。待B航至西經141° 10′處。問A在何處。


long From (B)　140°　0′W

long in　(B)　141° 10′W

Dlong　(B)　70′W

Mer Dist of B = Dlong Cos lat

= 70′ Cos 30°

log 70　1.84510

log Cos 30　9.93758

log Mer Dist 1.78263

∴ Dist of B = 60′.62W

A, B速率旣同。其航程亦同。

∴ Dist of A = 60′.62 = Dlat

Dlat　= 1° 0′ 37″S

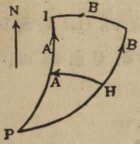
lat left (A) 30° 0′　0″S

Lat in (A) 31° 0′ 37″S

故A船航至南緯31° 0′ 37″處。

(例七) 設又有A, B等速率之大船二艘。今同自某港(lat

15° 55′S, long 5° 43′W) 出駛。并約同至某島 (lat 7° 57′S, long 13° 59′W) 相會。但A先向正西航。待至某島之經度。再向正北航。而B則先向正北航。待至某島之緯度。然後轉向正西航。問何船先到。并各航若干浬。




| | |
|---|---|
| Lat H | 15° 55′S |
| Lat I | 7° 57′S |
| Dlat | 7° 58′S or 478 miles |
| Long H | 5° 43′W |
| Long I | 13° 59′W |
| Dlong | 8° 16′W or 496 miles |

Mer Dist of A = Dlong Cos lat

= 496 Cos 15° 55′

| | |
|---|---|
| log 496 | 2.69548 |
| log Cos 15° 55′ | 9.98302 |
| log Mer Dist of A | 2.67850 |

∴ Mer Dist of A = 477.0 miles

故A船航 478 + 477 = 955 miles

Mer Dist of B = 496 Cos 7° 57′

| | |
|---|---|
| log 496 | 2.69548 |
| log Cos 7° 57′ | 9.99581 |
| log Mer Dist of B | = 2.69129 |

∴ Mer Dist of B = 491.2 miles

故B船航 478 + 491.2 = 969.2 浬

969.2 − 955.0 = 14.2 miles

A比B少航14.2 miles。故A先到。

(56) 中緯駕駛法 (Middle Latitude Sailing)　如用此法演題。(1) 須船航於赤道之左近。(2) 方向宜大。航程宜小。(3) 起程地與目的地。須在赤道之同邊。反之。若緯度太高。或緯差過大。或A, B兩地各在赤道之邊時。則不能用此法。應依墨克特氏駕駛法計算。

公式
$$\begin{cases} (1)\ \text{Mer Dist} = \text{Dlong Cos Mlat} \\ (2)\ \text{Dlong} = \text{Mer Dist Sec Mlat} \\ (3)\ \text{Tan Co} = \dfrac{\text{Dlong Cos Mlat}}{\text{Dlat}} \\ (4)\ \text{Cos Mlat} = \dfrac{\text{Mer Dist}}{\text{Dlong}} \end{cases}$$

(例一) 有船自A地 (lat 27° 30′N, long 14° 20′W)。向正東航66浬。至B地 (lat 29° 45′N) 運貨。問B地在何經度。

用計算法 (By Calculation)

| | |
|---|---|
| Lat A | 27° 30′N |
| Lat B | 29° 45′N |
| | 2 \| 57° 15′ |
| M. lat | 28° 37′.5 |

$$\text{Dlong} = \frac{\text{Mer Dist}}{\text{Cos M. lat}} = \frac{66'}{\text{Cos } 28^\circ 37'.5}$$

$$= 66' \text{ Sec } 28^\circ 37'.5$$

| | |
|---|---|
| log 66 | 1.81954 |
| log Sec 28° 37′.5 | 0.05661 |
| log Dlong | 1.87615 |

$\therefore$ Dlong = 75'.19 or 1° 15' 11"E

| | |
|---|---|
| Long From | 14° 20' 0"W |
| Dlong | 1° 15' 11"E |
| Long in | = 13° 4' 49"W |

(例二) 又有某船自甲埠 (lat 26°S, long 109° 17'W) 至乙埠 (lat 0° 0' 0"S, long 92° 0'W). Var 11° 15'E。Dev 3°W。求該船所航之羅經方向與航程。

用檢查法 (By Inspection)

| | |
|---|---|
| Lat A | 26° 0'S |
| Lat B | 0° 0'S |
| Dlat | 26° 0' or 1560' |
| M. lat | 13° 0'S |
| Long A | 109° 17'W |
| Long B | 92° 0'W |
| Dlong | 17° 17'E or 1037' |

$$\text{Tan Co.} = \frac{\text{Dlong Cos Mlat}}{\text{Dlat}} = \frac{1037 \text{ Cos } 13°}{1560}$$

$$= \text{N } 33°\text{E}$$

| | |
|---|---|
| True Co. | N 33° 0'E |
| V+D | 8° 15'E |
| Comp Co | = N 24° 45'E |

Dist = Dlat Sec Co.

= 1560' Sec 33°

= 1860 miles

(例三) 一船自南緯 22° 20′, 西經 90° 40′ 某嶼。向 N32° 50′E 方出發。設其航 256 浬。當在若何經緯度。

用計算法

Dlat = Dist Cos Co

= 256 Cos 32° 50′

| | |
|---|---|
| log 256 | 2.40824 |
| log Cos Co. | 9.92441 |
| log Dlat | 2.33265 |

∴ Dlat = 215′.1 or 3° 35′ 6″N

| | |
|---|---|
| Lat From | 22° 20′ 0″S |
| Dlat | 3° 35′ 6″N |
| Lat in | 18° 44′ 54″S |

| | |
|---|---|
| Lat From | 22° 20′ 0″S |
| Lat in | 18° 44′ 54″S |
| 2 | 41° 4′ 54″S |
| M. lat | 20° 32′ 27″ |

Dlong = Dist Sin Co Sec M. lat

= 256 Sin 32° 50′ Sec 20° 32′ 27″

| | |
|---|---|
| log 256 | 2.40824 |
| log Sin 32° 50′ | 9.73416 |
| log Sec 20° 32′ 27″ | 0.02853 |
| log Dlong | 2.17093 |

∴ Dlong = 148.2 = 2° 28′ 12″E

Long From $90^\circ 40' \ 0''W$

Dlong $2^\circ 28' 12''E$

Long in $=88^\circ 11' 48''W$

(例四) 某船自喜望峯 (lat $34^\circ 29'S$, long $18^\circ 23'E$)。向 N$48^\circ 25'W$ 方出駛。今航 480 浬。求該船之地位。

用檢查法

Dlat = Dist Cos Co

$= 480 \text{ Cos } 48^\circ 25'$

(檢表) $= 321' = 5^\circ 21'N$

Lat From $34^\circ 29'S$

Dlat $5^\circ 21'N$

Lat in $= 29^\circ \ 8'S$

Lat From $34^\circ 29'S$

Lat in $29^\circ \ 8'S$

$2 \,|\, 63^\circ 37'$

M. lat $31^\circ 48'.5$

Dlong = Dist Sin Co Sec M. lat

$= 480 \text{ Sin } 48^\circ 25' \text{ Sec } 31^\circ 48'.5$

(檢表) $= 359 \text{ Sec } 31^\circ 48'.5$

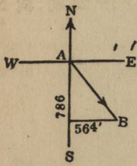
(檢表) $= 423'$ or $7^\circ \ 3' \ W$

Long From $18^\circ 23'E$

Dlong $7^\circ \ 3'W$

Long in $= 11^\circ 20'E$

(例五) 有舟從某地 (lat 51° 18′N, long 22° 6′W) 向東南兩方間出發。航行數日後。知其橫距為564浬。緯差為786浬。問該船航至何處。幷其所航之方向若何。




| | |
|---|---|
| Lat left | 51° 18′N |
| Dlat | 13° 6′S |
| Lat in | = 38° 12′N |
| Lat left | 51° 18′N |
| Lat in | 38° 12′N |
| | 2 \| 89° 30′ |
| M lat | 44° 45′ |

Dlong = Mer Dist Sec M. lat

= 564 Sec 44° 45′

| | |
|---|---|
| log 564 | 2.75128 |
| log Sec Co. | 0.14863 |
| log Dlong | 2.89991 |

∴ Dlong = 794.2 or 13° 14′ 10″E

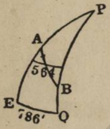
| | |
|---|---|
| Long left | 22° 6′ 0″W |
| Dlong | 13° 14′ 10″E |
| Long in | = 8° 51′ 50″W |

$$\text{Cot Co} = \frac{\text{Dlat}}{\text{Dep}} = \frac{786}{564}$$

| | |
|---|---|
| log 786 | 2.89542 |
| log 564 | 2.75128 |
| log Cot Co. | 0.14414 |

$\therefore$ Course $= \underline{\underline{S35° 39'.7E}}$

(例六) 在北半球上。有一船向S33° 15′E出航。經數日後。知其橫距爲564浬。并經差爲786浬。求該船之起程地與所到地之緯度。



$$\text{Dlat} = \frac{\text{Dep}}{\tan \text{Co}} = \frac{564}{\tan 33° 15'}$$

| | |
|---|---|
| log 564 | 2.75128 |
| log tan 33° 15′ | 9.81666 |
| log Dlat | 2.93462 |

$\therefore$ Dlat $= 860.2$ or $\underline{14° 20'.2S}$

$$\text{Cos Mlat} = \frac{\text{Mer Dist}}{\text{Dlong}} = \frac{564}{786}$$

| | |
|---|---|
| log 564 | 2.75128 |
| log 786 | 2.89542 |
| log Cos Mlat | 9.85586 |

$\therefore$ Mlat $= \underline{44° 8'N}$

Dlat $\div 2 = 14° 20'.2 \div 2 = 7° 10' 6''$

| | |
|---|---|
| $\therefore$ Mlat | 44° 8′ 40″N |
| $\frac{1}{2}$Dlat | +) 7° 10′ 6″ |
| Lat left | =51° 18′ 46″N |
| Mlat | 44° 8′ 40″N |
| $\frac{1}{2}$Dlat | −) 7° 10′ 6″ |
| Lat in | =36° 58′ 34″N |

(例七) 1924年九月十五號午時。有船由某洲(lat 28° 13′N, long 63° 14′W) 出駛。航至次日午時。共航有下列諸方向。

1. NE×E, 63 miles.

2. N By W, 48 miles.

3. NNE, 172′.

4. SSW, 24 miles.

5. SE$\frac{3}{4}$E, 55 miles.

問該船航至何所。并求其一直之方向與航程。

| T. Co | Dist | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| N 56° E | 63′ | 35.2 | | 52.2 | |
| N 11° W | 48′ | 47.1 | | | 9.2 |
| N 23° E | 172′ | 158.3 | | 67.2 | |
| S 23° W | 24′ | | 22.1 | | 9.4 |
| S 53° E | 55′ | | 33.1 | 43.9 | |
| | | 240.6 | 55.2 | 163.3 | 18.6 |
| | | 55.2 | | 18.6 | |
| N 38° E | 235′ | 185.4 | | 144.7 | |

∴ Co. and Dist made good = N38°E 235 miles

| | |
|---|---|
| Lat A | 28° 13′.0N |
| Dlat | 3° 5′.4N |
| Lat B | =31° 18′.4N |

Lat A 28° 13′.0N

Lat B 31° 18′.4N

2 | 59° 31′.4

Mlat 29° 45′.7

Dlong = Dep Sec Mlat

= 144′.7 Sec 29° 45′.7

(檢表) = 167′E or 2° 47′E

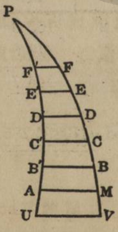
Long A 63° 14′W

Dlong 2° 47′E

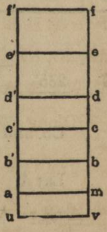
Long B = 60° 27′W

(57) 墨克特駕駛法 (Mercator's Sailing) 當經差太大。或緯差過高時。若用平面或中緯駕駛法。自難正確。自 1569 年墨氏發明此法。以各子午線互相平行。使各等距圈之弧與經差相等。

甲圖




乙圖

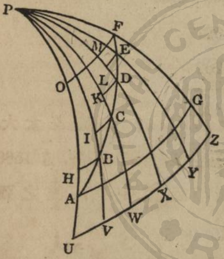



圖解 按地球扁圓。長徑約6883.58浬。短徑約6860.24浬。成一橙形。故漸近兩極。子午線亦隨以相近。而其間所挾有

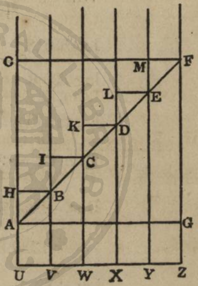
等距圈之弧。亦漸縮短。如甲圖之AM, BB′, CC′等等。

當兩子午線相近。其緯差甚小時。可視其間之弧面爲平面。故在甲圖。其等距圈之弧。雖漸縮短。如AM, BB′等。但在乙圖。可使am, b′b等同與赤道之弧UV相等。是以乙圖am, b′b……與甲圖AM, BB′之形。其縱橫之比例。無不相等。墨氏海圖。卽依此理而製成者。如丁圖。乃擴展地球之一部分於

丙　圖




丁　圖




平面上。各子午線互相平行。與等距圈成直交而爲直線。故於丙圖。將HB, IC, KD等弧（其和卽橫距）伸長。則等於赤道之弧UV, VW, WX等。如丁圖OF＝UZ。

$$\text{公式}\begin{cases}\text{Dlong} = \text{Mer Dlat tan Co.}\\[2ex] \text{Tan Co} = \dfrac{\text{Dlong}}{\text{Mer Dlat}}\end{cases}$$

（例一）中國第一大商船華甲號。自廈門(Lat 24° 26′ 46″N, long 118° 4′ 3″E)赴新加坡(lat 1° 17′ 13″N, long 103° 51′ 16″E)。問應取何方向駛行。并其航程若干。

Lat From 24° 26′ 46″N (查航海表中 Meridianal Parts) m. p. 1313.30

Lat in 1° 17′ 13″N m. p. 77.30

Dlat 23° 9′ 33″S or 1389′.5, M. Dlat 1236.00

Long From 118° 4′ 3″E

Long in 103° 51′ 16″E

Dlong 14° 12′ 47″W or 891.8W

$$\text{Tan Co} = \frac{\text{Dlong}}{\text{Mer Dlat}} = \frac{891.8}{1236}$$

| | |
|---|---|
| log 891.8 | 2.95027 |
| log 123.6 | 3.09202 |
| log tan Co | 9.85825 |

∴ True Co = S35° 48′.5W

Dist = Dlat Sec Co

= 1389.5 Sec 35° 48′.5

| | |
|---|---|
| log 1389.5 | 3.14285 |
| log Sec 35° 48′.5 | 0.09099 |
| log Dist | 3.23384 |

∴ Dist = 1713.5 miles

(例二) 求下列兩地之羅經方向與航程。

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lat A. | 53° 18′S | long A. | 76° 14′E |
| Lat B. | 56° 25′S | long B. | 78° 13′E |

Variation $1\frac{1}{2}$ points E。 Deviation 8°E。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lat A. | 53° 18′S | m. p. | | 3793 78 |
| Lat B. | 56° 25′S | m. p. | | 4118.85 |
| Dlat | 3° 7′S or 187′S | | Mer Dlat | 325.07 |

Long A. 76° 14′E

Long B. 78° 13′E

Dlong 1° 59′E or 119′E

$$\text{Tan Co}=\frac{\text{Dlong}}{\text{Mer Dlat}}=\frac{119}{325.07}$$

log 119 2.07555

log 325.1 2.51188

log tan Co 9.56367

True Co = S20° 7′ 10″E

T. Co = S20° 7′ 10″E

V+D = 22° 4′ 0″E

Comp.Co = S42° 11′ 10″E

Dist = Dlat Sec Co

= 187 Sec 20° 7′ 10″

log 187 2.27184

log Sec 20° 7′ 10″ 0.02735

log Dist 2.29919

∴ Dist = 199 miles

(例三) 今有汽船一隻。由某岬 (15° 55′S, 5° 44′W) 向 S39° 27′E 方。直航 1120 浬。求該船至其處之經緯度。

$$Dlat = Dist \cos Co = 1120 \cos 39^\circ 27'$$

| | |
|---|---|
| log 1120 | 3.04922 |
| log Cos 39° 27′ | 9.88772 |
| log Dlat | 2.93694 |

∴ Dlat = 864′8 or 14° 24′.8

| | |
|---|---|
| Lat A | 15° 55′ S |
| Dlat | 14° 24′.8S |
| Lat B | = 30° 19.8S |

| | |
|---|---|
| m. p. | 967.53 |
| m. p. | 1911.51 |
| Mer Dlat | 943.98 |

$$Dlong = Mer\ Dlat \tan Co$$
$$= 943.98 \tan 39^\circ 27'$$

| | |
|---|---|
| log 943.98 | 2.97493 |
| log tan 39° 27′ | 9.91533 |
| log Dlong | 2.89026 |

∴ Dlong = 776.7 or 12° 56′.7E

| | |
|---|---|
| Long A | 5° 44′ W |
| Dlong | 12° 56′.7E |
| Long B | = 7° 12′.7E |

(例四) 一船由某埠 (lat 37°N, long 22° 56′W) 出駛。向 N33° 19′E 方航行。數日後。知其經差爲786浬。問該船航至何地。幷共航若干浬。

$$\text{Dlat} = \text{Dep Cot Co} = 786 \text{ Cot } 33^\circ 19'$$

| | |
|---|---|
| Log 786 | 2.89542 |
| Log Cot 33° 19′ | 0.18224 |
| log Mer Dlat | 3.07766 |

∴ Mer Dlat = 1195.80

| | |
|---|---|
| Mer Dlat | 1195.80 |
| lat 37° m. p. | 2392.63 |
| log lat | 3588.43 |

∴ Lat in = 51° 12′ 18″N

| | |
|---|---|
| Lat From | 37° 0′ 0″N |
| Lat in | 51° 12′ 18″N |
| Dlat | 14° 12′ 18″N or 852′.3 |
| Long From | 22° 56′W |
| Dlong | 13° 6′E |
| Long in | = 9° 50′W |

Dist = Dlat Sec Co

= 852′.3 Sec 33° 19′

| | |
|---|---|
| log 852′.3 | 2.93059 |
| log Sec Co | 0.07798 |
| log Dist | 3.00857 |

∴ Dist = 1019.9 miles

(例五) 設有輪船一隻。離開某港 (34° 47′.7S, 20° 0′7E)。向S65° 30′W 方。航 1656 浬。至某島上。問該島之經緯度若干。

又從此島開赴某埠 (55° 59′S, 67° 16′W)。Var 15° 20′W。Dev

11° 20′W。求其羅經方向與航程。

$$Dlat = Dist\ Cos\ Co = 1656\ Cos\ 65°\ 30'$$

| | |
|---|---|
| log 1650 | 3.21748 |
| log Cos 65° 30′ | 9.61773 |
| log Dlat | 2.83521 |

∴ Dlat = 684.2 or 11° 24′.2

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| lat | 港 | 34。47′.7S | m. p. | 2229.66 |
| Dlat | | 11° 24′.2S | m. p. | 3132.85 |
| lat | 島 | 46° 11′.9S | M. Dlat | 903.19 |

島在南緯46° 11′.9處。

$$Dlong = Mer\ Dlat\ tan\ Co$$
$$= 903.19\ tan\ 65°\ 30'$$

| | |
|---|---|
| log 903.19 | 2.95578 |
| log tan 65° 30′ | 0.34130 |
| log Dlong | 3.29708 |

∴ Dlong = 1982 or 33° 2′W

| | |
|---|---|
| Long 港 | 20° 0′.7E |
| Dlong | 33° 2′ W |
| Long 島 | 13° 1′ 3W |

島在西經13° 1′ 18″處。

| | |
|---|---|
| Lat 島 | 46° 11′.9S |
| Lat 埠 | 55° 59′ S |
| Dlat | 9° 47′.1S |

Long 島　13° 1′ 3W

Long 埠　67° 16′ W

Dlong　54° 14′.7W

m. p.　3132.85

m. p.　4072.12

M. Dlat　939.27

$$\text{Tan Co} = \frac{\text{Dlong}}{\text{M. Dlat}} = \frac{3254.7}{939.27}$$

log 3254.7 = 3.51255

log 939.27 = 2.97280

log tan Co　0.53975

∴ True Co = S73° 54′.3W

T. Co　S 73° 54′.3W

V+D　26° 40′ W

S100° 34′.3W

180°

羅經方向 = N 79° 25′.7W

Dist = Dlat Cos Co

= 587.1 Cos 73° 54′.3

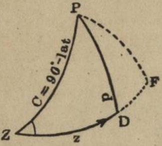
log 587.1　2.76871

log Cos Co　0.55716

log Dist　3.32587

∴ Dist = 2117′.5 航程

(58) 大圈駕駛法 (Great Circle Sailing) 凡兩地之經差甚鉅。船航其間之大弧上。若欲求其航程與方向。須用此法計算。方爲準確。

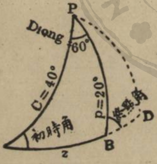



如圖。P爲地極。Z爲起程地。D爲目的地。PZ, PD爲兩地之子午線。ZD爲航程。∠PZD爲初時之方向。∠PDF爲到時之角度。依球面三角算法。得下列兩公式。

(1) $\text{Hav } z = \text{hav } \theta + \text{hav}(p \sim c)$
(Where $\text{hav } \theta = \text{Sin } p \text{ Sin } c \text{ hav } p.$)

(2) $\text{Hav } z = \text{Cosec } z \text{ Cosec } c \sqrt{\text{hav } p+z\sim c}\sqrt{\text{hav } p-z\sim c}$

(例一) 今有船自A地 (50°N, 50°W) 至B地 (70°N, 10°E)。求其間之航程。幷初時與終點之角度。




航程

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lat A | 50°N | Lat B | 70° |
| Co-lat | 40° | Co-lat | 20° |

| | |
|---|---|
| Long A | 50°W |
| Long B | 10°E |
| Dlong | 60°E |

z爲航程。依第 (1) 公式求之。

| | |
|---|---|
| C=40° log Sin | 9.80807 |
| P=20° log Sin | 9.53405 |
| Dlong=60° log hav | 9.39794 |
| log hav θ | 8.74006 |

| | |
|---|---|
| Nat hav | .05496 |
| $C \sim p = 20°$ Nat hav | 03015 |
| Nat hav z | .08511 |

$\therefore\ z = 33°\ 55'.4$

故航程 $= \underline{\underline{2035.4}}$ 浬。

Co PAB 可依第 (2) 公式求之。

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Z=$ | $33°\ 55'$ | log Cosec | 0.25338 |
| $C=$ | $40°$ | log Cosec | 0.19193 |
| $C-Z=$ | $6°\ 5'$ | | |
| $P=$ | $20°$ | | |
| $S=$ | $26°\ 5'$ | $\frac{1}{2}$log hav | 4.35345 |
| $D=$ | $13°\ 55'$ | $\frac{1}{2}$log hav | 4.08331 |
| | | log hav A | 8.88207 |

$\therefore\ \angle PAB = \underline{32°}$。卽初時方向爲 $\underline{\underline{N32°E}}$。

又用第 (2) 公式求 PBA 角。

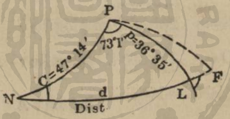
| | | |
|---|---|---|
| $Z = 33°\ 55'$ | log Csc | 0.25338 |
| $P = 20°$ | log Csc | 0.46595 |
| $Z - P = 13°\ 55'$ | | |
| $C = 40°$ | | |
| $S = 53°\ 55'$ | $\frac{1}{2}$log hav | 4.65643 |
| $D = 26°\ 5'$ | $\frac{1}{2}$log hav | 4.35345 |
| 故 $\angle PBA = \underline{94°}$ | log hav | 9.72921 |

180°－94°＝86°。即終點方向＝N86°E。

航程＝2035.4浬。其起初方向爲N32°E。其後漸漸變改。迄至終點爲N86°E矣。

此題若用墨克特駕駛法計算。其航程爲2108.7浬。其方向始終爲N55°E。可見遠距離之航程。用大圈法駕駛。較他法爲最近且準確。

(例二)中國環遊世界艦華甲號(HWAN JAH)。由美京紐約(New York, lat 42° 46′N, long 76°W)。開赴英國西岸之利物浦(Liverpool, lat 53° 25′N, long 2° 59′W)。試求其航程與初時及到時之方向。




| | | | |
|---|---|---|---|
| Lat From | 42° 46′ | Lat in | 53° 25′ |
| Co-lat | 47° 14′ | p＝ | 36° 35′ |

| | |
|---|---|
| Long Left | 76° 0′W |
| Long in | 2° 59′W |
| Dlong | 73° 1′E |

| | |
|---|---|
| C＝47° 14′ log Sin | 9.86577 |
| P＝36° 35′ log Sin | 9.77524 |
| P＝73° 1′ log hav | 9.54895 |
| log hav | 9.18996 |

| | | |
|---|---|---|
| | Nat hav | .15487 |
| $C-p=10°\ 39'$ | Nat hav | .00861 |
| | Nat hav | .16348 |

$\therefore$ Dist $=47°\ 42'$

答航程有2862浬。

| | | |
|---|---|---|
| $d=47°\ 42'$ | log Csc | 0.13098 |
| $c=47°\ 14'$ | log Csc | 0.13423 |
| $d-c=\ 0°\ 28'$ | | |
| $p=36°\ 35'$ | | |
| $S=37°\ \ 3'$ | $\frac{1}{2}$log hav | 9.00408 |
| $D=36°\ \ 7'$ | $\frac{1}{2}$log hav | 8.98268 |
| | log hav $\angle$N | 8.25197 |

$\therefore\ \angle PNL=15°\ 15'.7$

故初時方向爲N15° 15′.7E。

| | | |
|---|---|---|
| $d=47°\ 42'$ | log Csc | 0.13098 |
| $p=36°\ 35'$ | log Csc | 0.22476 |
| $d-p=11°\ \ 7'$ | | |
| $C=47°\ 14'$ | | |
| $S=58°\ 21'$ | $\frac{1}{2}$log hav | 9.37591 |
| $D=36°\ \ 7'$ | $\frac{1}{2}$log hav | 8.98268 |
| | log hav $\angle$L | 8.71433 |

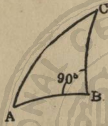
$\therefore\ \angle PLN=26°\ 18'\ 7$

$$180^\circ - 26^\circ 18'.7 = N153^\circ 41'E$$

$$= S\ 26^\circ 19'E$$

故終點方向 $= \underline{S26^\circ 19'E}$。

(59) 混合駕駛法 (Composite Sailing) 當AB兩地在大圈上之航程。若經過六十度以上之緯度。因有冰山險阻。必須於大圈駕駛中。加入平行駕駛法。旣由二法合成。故名爲混合駕駛法。其公式皆本於球面三角。





球面三角形之斜邊小於90°。則其他二邊。必均大或均小於90°。

其斜邊若大於90°。則其二邊一大於90°。一小於90°。

直角小於90°。則其對邊亦小於90°。若大於90°。則其對邊亦大於90°。

(1) Sin of middle part = Cos of Opposite part

(2) Sin of middle part = Tan of Adjacent part

(1) Sin之中部等於Cos之對部。

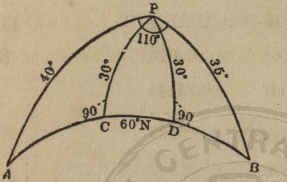
(2) Sin之中部等於Tan之鄰部。

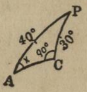
凡球面三角形有一角或一邊等於九十度者。皆用以上二公式求之。惟其間移項變化。則在算者自度耳。

譬如 $\sin AB = \cos(90^\circ - AC)\cos(90^\circ - C) = \sin AC \sin C$,

則 $\sin AC = \sin AB \operatorname{Cosec} C$。其餘類推。

(例一) 有船自 A (Lat 50°N, long 20°W) 至 B (Lat 55°N, long 90°E)。用混合法航行。限制平行於60°。今 (1) 求其初航時與達到時之方向。(2) 在大圈線上之航程。(3) 在平行線上之航程。



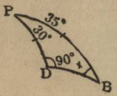




Sin PC = Sin A Sin PA

Sin A = Sin PC Csc PA

| | |
|---|---|
| log Sin 30° | 9.69897 |
| log Csc 40° | 0.19193 |
| log Sin A | 9.89090 |

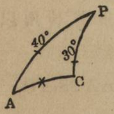
∴ Course = N51° 4′E




Sin B = Sin PD Csc PB

| | |
|---|---|
| log Sin 30° | 9.69897 |
| log Csc 35° | 0.24141 |
| log Sin B | 9.94038 |

Co. B = S60° 39′.5E




Cos AP = Cos AC Cos PC

Cos AC = Cos AP Sec PC

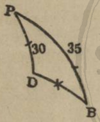
| | |
|---|---|
| log Cos 40° | 9.88425 |
| log Sec 30° | 0.06247 |
| log Cos AC | 9.94672 |

$\therefore$ Dist AC $= 27°\ 48\tfrac{1}{4}' = \underline{1668\tfrac{1}{4}'}$

$\text{Cos}\angle\text{APC} = \text{Cot AP Tan PC}$

| | |
|---|---|
| log Cot 40° | 0.07619 |
| log Tan 30° | 9.76144 |
| log Cos∠APC | 9.83763 |

$\therefore\ \angle\text{APC} = \underline{46°\ 31'.3}$




$\text{Cos BP} = \text{Cos BD Cos PD}$

$\text{Cos BD} = \text{Cos BP Sec PD}$

| | |
|---|---|
| log Cos 35° | 9.91336 |
| log Sec 30° | 0.06247 |
| log Cos BD | 9.97583 |

$\therefore$ Dist BD $= 18°\ 56\tfrac{1}{4}' = \underline{1136\tfrac{1}{4}'}$

$\text{Cos}\angle\text{BPD} = \text{Cot BP Tan PD}$

| | |
|---|---|
| log Cot 35° | 0.15477 |
| log Tan 30° | 9.76144 |
| log Cos∠BPD | 9.91621 |

$\therefore\ \angle\text{BPD} = \underline{34°\ 27'.5}$

| | |
|---|---|
| Long From | 20°W |
| Long in | 90°E |
| Dlong | 110°E |

$\angle APC + \angle BPD = 80°\,58'.8$

Dlong Between C & D $= 110° - 80°\,58'.8$

$= 29°\,1'.2$ or $\underline{1741'.2}$

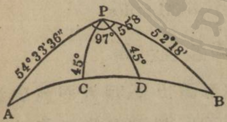
Dep = Dlong Cos lat

$= 1741'.2$ Cos $60°$

$= \underline{870.5}$ miles

答 起初方向為N51° 4'E。航程為$1668\frac{1}{4}$浬。
終點方向為S60° 39'.5E。航程為$1136\frac{1}{4}$浬。
在六十度平行圈上之航程為870.5浬。

(例二)中國環遊世界艦華甲號。由日本橫濱(Yokohama, 35° 26′ 24″N, 139° 39′ 13″E) 開向美洲舊金山 (San Francisco, 37° 42′N, 122° 25′W)。其混合航程限制於45°。求在平行圈上之航程若干。




| | |
|---|---|
| Lat Left | 35° 26′ 24″ |
| Lat in | 37° 42′ |
| Co-lat | 54° 33′ 36″ |
| Co lat | 52° 18′ |

| | |
|---|---|
| Long Left | 139° 39′ 13″E |
| Long in | 122° 25′ W |
| | 262° 4′ 13″ |
| | 360° |
| Dlong = | 97° 55′ 47″E |

Cos APC = Cot AP Tan PC

$$\log \text{Cot}\ 54°\ 33'\ 36'' \qquad 9.85233$$
$$\log \text{Tan}\ 45° \qquad 0.00000$$
$$\log \text{Cos}\angle APC \qquad 9.85233$$

$\therefore\ \angle APC = \underline{44°\ 37'}$

$\text{Cos}\ BPD = \text{Cot}\ BP\ \text{Tan}\ PD$

$$\log \text{Cot}\ 52°\ 18' \qquad 9.88812$$
$$\log \text{Tan}\ 45° \qquad 0.00000$$
$$\log \text{Cos}\angle BPD \qquad 9.88812$$

$\therefore\ \angle BPD = \underline{39°\ 23'}$

$\angle APC + \angle BPD = 44°\ 37' + 39°\ 23' = 84°$

$\text{Dlong Between C \& D} = 97°\ 55'.8 - 84°$

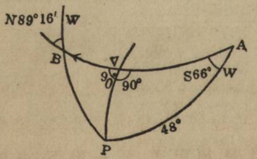
$= 13°\ 55'.8 = \underline{835'.8}$

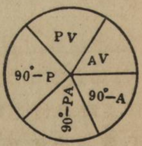
$\text{Dep} = \text{Dlong Cos lat} = 835'.8\ \text{Cos}\ 45°$

$= 591\ \text{miles}$

故在平行圈上之航程爲五九一浬。

(例三) 一汽船自南緯42°某海灣出發。用大圈駕駛法航行1500浬。今知其初時方向爲S66°W。問其最高緯度及終點之方向若干。



$\sin PV = \sin A \sin PA$

$\log \sin 66^\circ \quad 9.96073$

$\log \sin 48^\circ \quad 9.87107$

$\log \sin PV \quad 9.83180$

$\therefore \quad PV = \underline{42^\circ\, 45'.5}$

故仕緯度之最高點爲 $90^\circ - 42^\circ\, 45'.5 = \underline{\underline{47^\circ\, 14'\, 30''S}}$。

$\sin AV = \cot A \tan PV$

$\log \cot 66^\circ \quad 9.64858$

$\log \tan 42^\circ\, 45'.5 \quad 9.96595$

$\log \sin AV \quad 9.61453$

$\therefore \quad AV = 24^\circ\, 19' = 1459'$

$\therefore \quad BV = 1500' - 1459' = \underline{41'}$

$\sin BV = \tan PV \cot B$

$\therefore \quad \cot B = \sin BV \cot PV$

$\log \sin 41' \quad 8.07650$

$\log \cot 42^\circ\, 45'.5 \quad 0.03400$

$\log \cot \angle B \quad 8.10050$

$\therefore \quad \angle B = 89^\circ\, 16'$

故終點之方向爲 $\underline{N89^\circ\, 16'W}$。

**(60)** 航海日記計算法 (The Day's Work)　航海日記 (Log Book) 者。乃船員日日用以記載關於船舶一切事務之書。如某月某日某時自何地起錨。開赴何地。每時所航之羅經方向爲若干。速率幾何。偏差，自差，風壓差，又各幾何。海流與

風之方向及天氣晴雨溫度又如何。在途中經何島嶼。見何燈塔。以及每日依天象所測得之經緯度。於何時抵某地拋錨等等。在何人值更時。皆須臨時一一詳細記明。不徒以示不忘。且防不幸與他船相碰以致涉訟時。法庭可依該簿記載之情形。以評二者之曲直。今旣有如斯重要之關係。故船員應當愼重紀載。萬不可疏忽視之。

記中所謂一日。乃常用日(Civil Day)。卽自昨日夜半至今日夜半爲一日。每日依記中之方向,航程,自差,偏差,及潮與風之方向等。推求船之一直方向與航程。并其所到地之經緯度。實包括各種駕駛法之一種算法也。

航海日記之格式。雖有十餘種。然多大同而小異。玆舉其通用之一種繪列於後。

Log of the

S.S. "　　　　　　" from　　　　　　to

| H | Speed | | Course | Compass | Wind | Bar. | Patent | Day of the Week Month |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| am | kts | 10th | | Error | | Ther. | Log | Remark |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| Position at Noon { By Account / By Obs: or Bearings | | | | | | | Co. & Dist Run | Bearing of Headland |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |

| Wells Sounded 6 a.m. & at 6 p.m. | Ballast Tanks 6 a.m. & at 6 p.m. |
|---|---|
| Fore Hold····Inches····Inches | Forward·········Inches····Inches |
| Main Hold····Inches····Inches | |
| After Hold····Inches····Inches | Afterward·······Inches····Inches |

Ship's Draft—Forward·················Aft·················*

(61) 計算之法則

1. 反轉由羅經視物標之方向。并改正其偏差自差。變爲眞方向。

2. 加減各風壓差。并加羅經差於各羅經方向。變爲眞方向。隨附其航程於右。

3. 潮流方向若依磁針方向而定。則只加偏差。卽爲眞方向。例常列於各向之後。

4. 依各方向及航程檢航海表 (Traverse Table)。查得緯差及横距。分類加起。則爲總共之緯差與横距。以之可查得一直方向與航程。

5. 以緯差與起程緯差相加減。則爲達到地之緯度。

6. 求中分緯度。

7. 依 Dlong = Dep Sec M lat 之公式。求得經差。再以之與起程地之經度相加減。則爲達到地之經度。

(例一) 一船自某地 (lat 20° 10′N, long 30° 30′W) 出發。航行下列諸方向。NW×W 72′, E×N 25′, N×E½E 240′, SSW 80′, E×S¼S 54′。求船在何經緯度。并其一直方向。與航程若干。

| Ture Co. | Dist | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| N 56° 15′ W | 72 | 40.0 | | | 59.9 |
| N 78° 45′ E | 25 | 4.9 | | 24.5 | |
| N 16° 53′ E | 240 | 229.8 | | 70.1 | |
| S 22° 30′ W | 80 | | 73.9 | | 30.6 |
| S 75° 56′ E | 54 | | 13.2 | 52.4 | |
| Co & Dist made good. | | 274.7 | 87.1 | 147.0 | 90.5 |
| | | 87.1 | | 90.5 | |
| N 17° E | 196′ | 187.6 | | 56.5 | |

Lat A　　$20°\,10'\,0''$N

Dlat　　$3°\,7'\,36''$N

Lat B　$=\underline{\underline{23°\,17'\,36''}}$N

Lat A　　$20°\,10'\,0''$

Lat B　　$23°\,17'\,36''$

$2\,|\,\underline{43°\,27'\,36''}$

M. lat　　$\underline{21°\,43'\,48''}$

Dlong = Dep Sec M. lat

$= 56.5$ Sec $21°\,43'\,48''$

log 56.5　　1.75203

log Sec Co　　0.03200

log Dlong　　1.78405

$\therefore$ Dlong $= 60.8$ or $1°\,0'\,48''$

long A　　$30°\,30'\,0''$W

Dlong　　$1°\,0'\,48''$E

long B　$=\underline{\underline{29°\,29'\,12''}}$W



(例二) 二月十四日正午。有船推測某埠 (lat 58° 40′N, long 5°W) 在其羅經方向爲正東南距離十五浬。船首正向WNW。自差爲5° 30′W。至次日之正午。共航下列諸方向。求船一直之方向與航程。幷此時在何經緯度。

| 時間 | 航程 浬 | 航程 十分 | 方向 | 自差 | Hour | Dist K. | Dist T. | Course | Dev. | 附記 Remark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 2 | W×N | 8°W | 1 | 5 | 6 | West | 7°20′W | |
| 2 | 4 | 5 | | | 2 | 6 | 5 | | | 偏差為 |
| 3 | 6 | 3 | | | 3 | 7 | 4 | | | 28° 7.5′W |
| 4 | 5 | 8 | | | 4 | 7 | 3 | | | |
| 5 | 6 | 6 | | | 5 | 4 | 5 | | | |
| 6 | 3 | 9 | | | 6 | 4 | 0 | SE | 9°10′E | 至最後四小時 |
| 7 | 2 | 7 | NNE | 4°20′E | 7 | 5 | 8 | | | 內有向羅經南 |
| 8 | 4 | 0 | | | 8 | 4 | 7 | | | 方之海流其速 |
| 9 | 5 | 3 | | | 9 | 5 | 0 | | | 力每時二浬 |
| 10 | 5 | 8 | | | 10 | 6 | 2 | | | |
| 11 | 7 | 2 | | | 11 | 7 | 0 | | | |
| 12 | 6 | 7 | | | 12 | 6 | 0 | | | |

某埠方向　N 45° 0′ W
V+D　33° 37.5′W
True Co　N 78° 37.5′W 15′

第一方向　N 78° 45′ W
V+D　36° 7.5′W
N 114° 52.5′W

T. Co.　S 65° 7.5′W 32′.3

第二方向　N 22° 30′ E
V+D　23° 47.5′W
T. Co.　N 1° 17′.5W 31′.7

第三方向　90° W
V+D　35° 27.′5W
T. Co.　S 54° 32′.5W 31′.3

第四方向　S 45° 0′ E

V+D　18° 57′.5W

T. Co.　S 63° 57′.5E 38′.7

海流在羅經方向爲正南

V+D　18° 57′.5W

T. Co.　S 18° 57′.5E 8′

| True Course | Dist | Dlat N | Dlat S | Dep E | Dep W |
|---|---|---|---|---|---|
| N 78° 37′ W | 15 | 2.9 | | | 14.4 |
| S 65° 7′ W | 32.3 | | 13.6 | | 29.6 |
| N 1° 17′ W | 31.7 | 31.7 | | | .5 |
| S 54° 32′ W | 31.3 | | 17.9 | | 25.6 |
| S 63° 57′ E | 38.7 | | 17.0 | 34.8 | |
| S 18° 57′ E | 8.0 | | 7.6 | 2.6 | |
| | | 34.6 | 56.1 | 37.4 | 70.1 |
| | | | 34.6 | | 37.4 |
| S 57° W | 39′ | | 21.5 | | 32.7 |

故自A至B一直之方向爲S57°W

一直之航程爲39 miles

Lat left　58° 40′ N

Dlat　21′.5S

Lat in　=58° 18′.5N

58° 40′ N

58° 18′.5N

2 | 116° 58′.5

M. lat　=58° 29′.2

$$\text{Dlong} = \text{Dep Sec M lat} = 32.7 \text{ Sec } 58^\circ 29'.2$$

| | |
|---|---|
| log 32.7 | 1.51455 |
| log Sec Co | 0.28175 |
| log Dlong | 1.79630 |

∴ Dlong = 62.56 or $\underline{1^\circ 2' 33'' \text{W}}$

| | |
|---|---|
| long left | 5° 0′ 0″W |
| Dlong | 1° 2′ 33″W |
| long in | = 6° 2′ 33″W |

(例三) 三月二十五日正午。某島 (19° 55′N, 179° 57′W) 上之燈塔。在吾船羅經之NW$\frac{1}{4}$N方向。其距離爲十四浬。船首方向爲NE$\frac{1}{2}$E。自差爲24° 20′E。至次日正午。共航下列諸方向。試求其一直之方向。與航程并船之地位。

| Hour | Dist K. | Dist T. | Course | Deviation | H. | K. | T. | Co. | Dev. | Remark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 4 | NE$\frac{3}{4}$N | | 1 | 5 | 0 | NE$\frac{1}{2}$N | 19° 40′E | Variation of the Compass 2$\frac{3}{4}$ Points E A Current set the Ship(mag) West 2$\frac{3}{4}$ knots per hour for all day noon |
| 2 | 5 | 9 | | | 2 | 5 | 7 | | | |
| 3 | 4 | 7 | | | 3 | 5 | 9 | | | |
| 4 | 4 | 9 | | | 4 | 6 | 4 | | | |
| 5 | 6 | 1 | | | 5 | 6 | 0 | SE×S$\frac{3}{4}$S | 3° E | |
| 6 | 6 | 3 | SE×S | 2° 50′E | 6 | 5 | 1 | | | |
| 7 | 6 | 0 | | | 7 | 3 | 9 | | | |
| 8 | 5 | 1 | | | 8 | 4 | 7 | N$\frac{3}{4}$W | 5° 40′W | |
| 9 | 5 | 0 | W×N$\frac{1}{4}$N | 14°W | 9 | 5 | 2 | | | |
| 10 | 7 | 2 | | | 10 | 5 | 9 | | | |
| 11 | 8 | 7 | | | 11 | 6 | 8 | | | |
| 12 | 7 | 3 | | | 12 | 8 | 4 | | | |

| | |
|---|---|
| 塔之方向 | S42° 11′E |
| V+D | 55° 16′E |
| True Co. | S13° 5′W 14′ |

| | | |
|---|---|---|
| 第一方向 | N 36° 34′E | |
| V+D | 55° 16′E | |
| | 91° 50′E | |
| T. Co. | S 88° 10′E 27′ | |
| 第二方向 | S 33° 45′E | |
| V+D | 33° 46′E | |
| T. Co. | S 0° 1′E 17′.4 | |
| 第三方向 | N 75° 56′W | |
| V+D | 16° 56′E | |
| T. Co. | N 59° 0′W 28′.2 | |
| 第四方向 | N 39° 22′E | |
| V+D | 50° 36′E | |
| T. Co. | N 89° 58′E 23′ | |
| 第五方向 | S 25° 19′E | |
| V+D | 33° 56′E | |
| T. Co. | S 8° 37′W 15′ | |
| 第六方向 | N 8° 27′W | |
| V+D | 25° 16′E | |
| T. Co. | N 16° 49′E 31′ | |
| 海流方向 | N 90° 0′W | $24^h \times 2\frac{3}{4}'$ |
| Var | 30° 56′E | $=24 \times \frac{1}{4}'$ |
| T. Co. | N 59° 4′W | $=66'$ |

| T. Co. | Dist | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| S 13° W | 14′ | | 13.6 | | 31 |
| S 88° E | 27′ | | 0.9 | 27.0 | |
| S | 17′.4 | | 17.4 | | |
| N 59° W | 28′.2 | 14.5 | | | 24.2 |
| E | 23′ | | | 23.0 | |
| S 9° W | 15′ | | 14.8 | | 2.3 |
| N 17° E | 31′ | 29.6 | | 9.1 | |
| N 59° W | 66′ | 34.0 | | | 56.6 |
| | | | | | |

故一直方向與航程為 78.1 46.7 59.1 86.2

46.7 59.1

N 41° W 42′ 31.4 27.1

Lat left 19° 55′ N

Dlat 0° 31′.4N

Lat in =20° 26′.4N

Lat left 19° 55′

Lat in 20° 26′.4

2|40° 21′.4

M lat 20° 10′.7

Dlong = Dep Sec M. lat

= 27.1′ Sec 20° 10′.7

(檢表) = 29′W

Long left 179° 57′W

Dlong 29′W

180° 26′W

long in = 179° 34′E

(例四) Lat 36° 42′N。Long 4° 15′W。Comp Bearing N36°E。Dist 25′。

| | Course | Dist | Wind | Leeway | Dev. | Var |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SW | 25′ | ENE | 11° | 9°E | 20°W |
| 2 | WSW | 50′ | East | $6\frac{3}{4}$° | 2°E | 20°W |
| 3 | West | 74′ | E×S | 7° | 9°W | 20°W |
| 4 | NW×W | 50′ | SSW | 22° 30′ | 5°W | 23°W |

Find the lat and long in, and the direct course and distance made good.

| | |
|---|---|
| Compass Bearing | S 36°W |
| V+D | 11°W |
| True Co | S 25°W 25′ |
| 1st Co. | S 45°W |
| V+D | 11°W |
| | S 34°W |
| L. W. | 11° |
| T. Co. | S 45°W 25′ |
| 2nd Co. | S 67° 30′W |
| V+D | 18° 0′W |
| | S 49° 30′W |
| L. W. | 6° 45 |
| T. Co. | S 56° 15′W 50′ |

| | |
|---|---|
| 3rd Co. | 90°W |
| V+D | 29°W |
| | S 61°W |
| L. W. | 7° |
| T. Co. | S 68°W 74′ |

| | |
|---|---|
| 4th Co | N 56° 15′W |
| V+D | 28° 0′W |
| | N 84° 15′W |
| L. W. | 22° 30′ |
| T. Co. | N 61° 41′W 50′ |

| Co | D | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| S 25° W | 25′ | | 22.7 | | 10.6 |
| S 45° W | 25′ | | 17.7 | | 17.7 |
| S 56° W | 50′ | | 28.0 | | 41.5 |
| S 68° W | 74′ | | 27.7 | | 68.6 |
| N 62° W | 50′ | 23.5 | | | 44.1 |
| Co. and Dist made good | | 23.5 | 96.1 | | 182.5 |
| | | | 23.5 | | |
| S 68° W | 196′ | | 72.6 | | |

| | |
|---|---|
| Lat A | 36° 42′N |
| Dlat | 1° 13′S |
| Lat B | =35° 29′N |
| | 2\|72° 11′ |
| M. lat | 36° 5′ |

$$Dlong = Dep\ Sec\ M.\ lat$$
$$= 182.5\ Sec\ 36°\ 5'$$

| | |
|---|---|
| log 182.5 | 2.26126 |
| log Sec 36° 5 | 0.09250 |
| log Dlong | 2.35376 |

∴ Dlong = 225.8 or 3° 46′W

| | |
|---|---|
| Long left | 4° 15′W |
| Dlong | 3° 45′W |
| Long in | = 8° 1′W |

(例五) A Point of land (lat 22° 16′N, long 115° 7′E)。Bearing by Compass N9°E。Ship's head East。Dist $2\frac{3}{4}$ miles。Var 30°E。

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Course East | Dist, 45.2 | Wind SSE | Leeway $\frac{1}{4}$ pt | Dev. 6°W |
| 2 | ,, ESE | ,, 32.2 | ,, S | $1\frac{1}{4}$ ,, | 7° ,, |
| 3 | ,, WSW | ,, 34.4 | ,, S | 2 ,, | 5° $\frac{1}{2}$E |
| 4 | ,, ENE | ,, 39.4 | ,, SE | $\frac{3}{4}$ ,, | 5°W |
| 5 | ,, E×N | ,, 38.2 | ,, SE×S | ,, | 5°$\frac{1}{2}$W |
| 6 | ,, E$\frac{3}{4}$N | ,, 19.2 | ,, SSE | $1\frac{1}{4}$ ,, | ,, |
| 7 | ,, N86°E | ,, 18.0 | ,, SSE | ,, | ,, |
| 8 | (Mag. Co ) ENE | ,, 19.0 | For 24 hours | | |

| | |
|---|---|
| Comp Bearing | S 9° 0′W |
| V+D | 5° 30′W |
| T. Co. | S 3° 30′W 2′.7 |
| 1st C | 90° 0′E |
| L. W | 2° 49′E |
| | N 87° 11′E |
| V+D | 5° 30′W |
| T. Co. | N 81° 41′E 45′.2 |

| | |
|---|---|
| $2^{nd}$ Co. | S 67° 30′E |
| L. W. | 14° 4′ |
| | S 81° 34′E |
| V+D | 6° 30′W |
| T. Co. | S 88° 4′E 32′.2 |
| $3^{rd}$ Co. | S 67° 30′W |
| L. W. | 22° 30′ |
| | S 90° W |
| V+D | 6° E |
| | S 96° W |
| T. Co. | N 84° W 34′.4 |
| $4^{th}$ Co. | N 67° 30′E |
| L. W. | 8° 26′ |
| | N 59° 4′E |
| V+D | 4° 30′W |
| T. Co. | N 54° 34′E 394′ |
| $5^{th}$ Co. | N 78° 45′E |
| L. W. | 8° 26′ |
| | N 70° 19′E |
| V+D | 5° 0′W |
| T. Co. | N 65° 19′E 38′.2 |

| | |
|---|---|
| $6^{th}$ Co. | N 81° 34′E |
| L. W. | 14° 4′ |
| | N 67° 30′E |
| V+D | 5° 0′W |
| T. Co. | N 62° 30′E 19′.2 |
| $7^{th}$ Co. | N 86° 0′E |
| L. W. | 14° 4′ |
| | N 71° 56′E |
| V+D | 5° 0′W |
| | N 66° 56′E 18′ |
| $8^{th}$ Co. | N 67° 30′E |
| Var | 30′E |
| T. Co. | N 68° E 19′ |



| Course | Dist | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| S 3° 30′ W | 2.7 | | 2.7 | | 0.2 |
| N 81° 41′ E | 45.2 | 6.4 | | 44.7 | |
| S 88° 4′ E | 32.2 | | 1.1 | 32.1 | |
| N 84° W | 34.4 | 3.6 | | | 34.2 |
| N 54° 34′ E | 39.4 | 22.8 | | 32.0 | |
| N 65° 19′ E | 38.2 | 15.9 | | 34.7 | |
| N 62° 30′ E | 19.2 | 8.8 | | 17.0 | |
| N 66° 56′ E | 18.0 | 7.1 | | 16.6 | |
| N 68° E | 19.0 | 7.1 | | 17.6 | |
| Co and Dist made good. | | 71.7 | 3.8 | 194.7 | 34.4 |
| | | 3.8 | | 34.4 | |
| N 67° E | 173′.5 | 67.9 | | 160.3 | |

$$\begin{array}{lr}
\text{Lat left} & 22^\circ\ 16'\ \ \text{N} \\
\text{Dlat} & 1^\circ\ \ 7'.9\text{N} \\
\hline
\text{Lat in} & =\underline{\underline{23^\circ\ 23'.9\text{N}}}
\end{array}$$

$$\begin{array}{lr}
\text{Lat left} & 22^\circ\ 16'\ \ \text{N} \\
\text{Lat in} & 23^\circ\ 23'.9\text{N} \\
\hline
 & 2\,\underline{|\,45^\circ\ 39'.9} \\
\text{M. lat} & \underline{22^\circ\ 49'.9}
\end{array}$$

$$\text{Dlong} = \text{Dep Sec M lat}$$

$$= 160.3\ \text{Sec}\ 22^\circ\ 49'.9$$

$$\begin{array}{lr}
\log 160.3 & 2.20493 \\
\log \text{Sec}\ 22^\circ\ 49'.9 & 0.03543 \\
\hline
\log \text{Dlong} & 2.24036
\end{array}$$

$$\therefore\ \text{Dlong} = 173.9 \text{ or } \underline{2^\circ\ 53'.9\text{E}}$$

$$\begin{array}{lr}
\text{Long left} & 115^\circ\ \ 7'\ \ \text{E} \\
\text{Dlong} & 2^\circ\ 53'.9\text{E} \\
\hline
\text{Long in} & =\underline{\underline{118^\circ\ \ 1'\ \ \text{E}}}
\end{array}$$

(例六) 某日夜半。見有相距20浬一地 (50° 10′N, 4° 40′W) 之燈光。在船之S60°E。吾人由此向S12°E每時航15浬。至兩點二十分。改向S50°W每時航12浬。迄至八點鐘。又改向NE航15浬。試求其一直之方向與航程。并船所在地之經緯度。

| T. Course | Dist | Lat N | Lat S | Dep E | Dep W |
|---|---|---|---|---|---|
| N 60° W | 20′ | 10.0 | | | 17.3 |
| S 12° E | 35′ | | 34.2 | 7.3 | |
| S 50° W | 68′ | | 43.7 | | 52.1 |
| N 45° E | 15′ | 10.6 | | 10.6 | |
| | | 20.6 | 77.9 | 17.9 | 69.4 |
| | | | 20.6 | | 17.9 |
| S 42° W | 77′ | | 57.3 | | 51.5 |

Lat left 51° 10′ 0″N

Dlat 57′ 18″S

Lat in =50° 12′ 42″N

Lat left 51° 10′ 0″

Lat in 50° 12′ 42″

2 | 101° 22′ 42″

M. lat 50° 41′ 21″

Dlong = Dep Sec M. lat

= 51.5 Sec 50° 41′ 21″

log 51.5′ 1.71181

log Sec Co. 0.19823

log Dlong 1.91004

∴ Dlong = 81′.29 = 1° 21′ 17″W

Long left 4° 40′ 0″W

Dlong 1° 21′ 17″W

Long in =6° 1′ 17″W

(例七) 午前六時。見某埠 (49° 52′ 5N, 6° 27′W) 在船之右舷爲正N70°E。相距五浬。我等由此向N20°W出發。每時之速力爲十浬。至午前八時。改向N40°E。每時之速率爲十一浬半。當在六時與九時之間。有一速率二浬半之SW海流。問該船航至正午。其地之經緯度幾何。并求一直之方向與航程若干。

| True Co | Dist | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| S 70° W | 5′ | | 1.7 | | 4.7 |
| N 20° W | 20′ | 18.8 | | | 6.8 |
| N 40° E | 46′ | 35.2 | | 29.6 | |
| S 45° W | 7′.5 | | 5.3 | | 5.3 |
| Co and Dist made good | | 54.0 | 7.0 | 29.6 | 16.8 |
| | | 7.0 | | 16.8 | |
| N 15° E | 49′ | 47.0 | | 12.8 | |

Lat left 49° 52′.5N
Dlat 47′.0N
Lat in 50° 39′.5N

Lat left 49° 52′.5′
Lat in 50° 39′.5′
2 | 100° 16′
M.lat 50° 8′

$$\text{Dlong} = \frac{\text{Dep}}{\text{Cos M. lat}} = \frac{12.8}{\text{Cos } 50°}$$

log 12.8 1.10721
log Cos 50° 9.80807
log Dlong 1.29914

$\therefore$ Dlong = 19.91 or 19′ 55″E

| | |
|---|---|
| Long left | 6° 27′ 0″W |
| Dlong | 19′ 55″E |
| Long in | = 6° 7′ 5″W |

(例八) 設有A地 (58° 5′N, 179° 10′E)。在本船羅經方向爲NW×W。相距22浬。船首方向爲ENE。偏差爲17°E。今共航下列諸方向。後依天象測得船之地位爲58° 13′N, 174° 14′W。求其間海流之速率如何。

| Comp. Co. | Dist | Wind | Leeway | Dev |
|---|---|---|---|---|
| ENE | 42′ | SE | 1 pt | 11°E |
| E | 32′ | SSE | 2 ,, | 16°,, |
| NE×E | 32′ | SE | 1 ,, | 12°,, |
| E | 38′ | S | $3\frac{1}{4}$ ,, | 8°,, |
| NE$\frac{1}{2}$E | 11′ | SE | $\frac{1}{4}$ ,, | 1°,, |
| NE×E$\frac{1}{2}$E | 33′ | SE | $1\frac{1}{4}$ ,, | 14°,, |

| | |
|---|---|
| Comp Bearing | S 56° 15′E |
| V+D | 28° E |
| T. Co. | S 28° 15′E 22′ |
| 1st Co | N 67° 30′E |
| L. W. | 11° 15′ |
| | N 56° 15′E |
| V+D | 28° 0′E |
| T. Co | N 84° 15′E 42′ |

| | | |
|---|---|---|
| $2^{nd}$ Co. | 90° 0′E | |
| L. W. | 22° 30′ | |
| | N 67° 30′E | |
| V+D | 33° 0′E | |
| | N 100° 30′E | |
| T. Co. | S 79° 30′E | 32′ |
| $3^{rd}$ Co. | N 56° 15′E | |
| L. W. | 11° 15′ | |
| | N 45° E | |
| V+D | 29° E | |
| T. Co. | N 74° E | 32′ |
| $4^{th}$ Co. | 90° 0′E | |
| L. W. | 36° 34′ | |
| | N 53° 36′E | |
| V+D | 25° 0′E | |
| T. Co. | N 78° 36′E | 38′ |
| $5^{th}$ Co. | N 50° 38′E | |
| L. W. | 2° 49′ | |
| | N 47° 49′E | |
| V+D | 18° 0′E | |
| T. Co. | N 65° 49′E | 11′ |

| | |
|---|---|
| $6^{th}$ Co | N 61° 53′E |
| L. W. | 14° 4′ |
| | N 47° 49′E |
| V+D | 31° 0′E |
| T. Co | N 78° 49′E 33′ |

| True Course | Dist | Dlat | | Dep | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| S 28° 15′ E | 22′ | | 19.4 | 10.3 | |
| N 84° 15′ E | 42′ | 4.4 | | 41.8 | |
| S 79° 30′ E | 32′ | | 5.6 | 31.5 | |
| N 74° E | 32′ | 8.8 | | 30.8 | |
| N 78° 36′ E | 38′ | 7.3 | | 37.3 | |
| N 65° 49′ E | 11′ | 4.5 | | 10.0 | |
| N 78° 49′ E | 33′ | 6.3 | | 32.4 | |
| Co & Dist m. g. | | 31.3<br>25.0 | 25.0 | 194.1 | |
| N 88° E | 19.4′ | 6.3 | | | |

| | |
|---|---|
| Lat A | 58° 5′ N |
| Dlat | 6′.3N |
| Lat B | 58° 11′.3N |

| | |
|---|---|
| Lat A | 58° 5′ N |
| Lat B | 58° 11′.3N |
| | 2 \| 116° 16′.3 |
| M lat | 58° 8′.1 |

Dlong = Dep Sec Mlat

= 194.1 Sec 58° 8′.1

| | |
|---|---|
| log 194.1 | 2.28803 |
| log Sec 58° 8.1′ | 0.27745 |
| log Dlong | 2.56548 |

∴ Dlong = 367.7 or 6° 7′

| | |
|---|---|
| long A | 179° 10′E |
| Dlong | 6° 7′E |
| | 185° 17′E |
| Long B | 174° 43′W |

| | |
|---|---|
| Long B | 174° 43′W |
| Obs. long | 174° 14′W |
| Dlong | 29′E |
| Lat B | 58° 11′.3N |
| Obs. lat | 58° 13′ N |
| Dlat | 0° 1′.7N |
| Mlat = | 58° 12′.1 |

Dep = Dlong Cos M lat

= 29′ Cos 58° 12′.1

| | |
|---|---|
| log 29 | 1.46240 |
| log Cos 58° 12′.1 | 9.72177 |
| log Dep | 1.18417 |

∴ Dep = 15′E

既得兩地位之緯差與橫距。然後檢表。得海流之速率爲十五浬。

# 第三章 天文推測

**(62)** 總說 天文推測 (Nautical Astronomy) 乃依天象之觀測。求所在經緯度及經線儀羅經儀誤差之法術也。

**(63)** 天球 (The Celestial Concave) 舟入海洋。茫無際涯。無大陸為準識。無島嶼為目標。吾人則賴天象以推測本船之位置。地球之外。有廣大無窮之天球包圍。凡一切天象皆在其內。地球不過為其中之一點。吾人仰見之蒼穹。卽天球之一部也。

**(64)** 天象 (Heavenly Bodies) 晝間有光明燦爛者照耀於太空。夜間有皎潔者熒熒者盤桓於宇際。此物非為天象乎。其數雖繁。然在航海上所應用者。亦僅下列數種耳。

日 (Sun) 日在太陽系之中心。衆星賴其光以明耀。萬物賴其光以生存。其對航海上為唯一之天象。因其觀測便利。而得數確實故也。

月 (Moon) 月為地球之衛星。以廿七日七時四十三分十一秒半繞地球一周。然因地球公轉之關係。故其一周期為廿九日十二時四十四分二秒七。

恆星 (Fixed Star) 為不易位置之星象。以吾人肉眼所能見者。有六千之多。其中光輝最強。能為航海觀測上應用者。不過四十餘粒耳。

行星 (Planets) 或稱遊星。卽太陽系中之水星 (Mercurry), 金星 (Venus), 地球 (Earth), 火星 (Mars), 木星 (Jupiter), 土星 (Suturn), 天王星 (Uranus), 海王星 (Neptune) 八大行星也。其

中以金火木土四星光輝最強。

衞星 (Satellites) 行星之旁。有衞星環繞之。其方向如行星之繞日。惟天王與海王二星。則爲反向之運動。

玆將太陽系中各星象之軌道與大小之比較。分繪於次。


(65) <u>天球上之點線</u> 有下列之數種:

1. 天球軸及其兩極 (The Axis and Poles of the Heaven) 伸長地軸。以致無窮而達天球。此軸曰天球軸。所達兩點。曰天球兩極。

2. 天球赤道 (The Equinoctial or Celestial Equator) 擴展地球赤道圈以達天球。其會合之圈。即天球之赤道。

3. 天球黃道 (The Ecliptic) 假定地球爲中心。太陽自東繞西之軌道。

4. 天球子午線 (The Celestial Meridian) 擴展地球子午綫以達天球。其會合之圈。曰天球子午線。

5. 春分秋分 (The Equinoxes)　太陽在地球黃道上。自南而北經過天球赤道之點。曰春分點 (The First Point of Aries or Vernal Equinox)。其自北而南經過之點。曰秋分點 (The Autumnal Equinox)。按每年春分在三月廿一日。秋分在九月廿三號。

6. 冬至與夏至 (The Solstices)　太陽達黃道最北之點曰夏至 (Summer Solstice)。最南之點曰冬至 (Winter Solstice)。按每年夏至在六月廿二號。冬至在十二月廿二號。

7. 赤緯 (The Declination)　乃天象與赤道間之小弧。自天球赤道向南北分度。與本極距離互成補角。即 90°—Polar Dist。

餘角

8. 極距 (The Polar Distance)　乃天極與天象間之小弧。故與赤緯互成補角。即 90°—Declination。

餘角

9. 天頂 (The Zenith)　測者頂上所當天球之點。

10. 頂距 (The Zenith Distance)　爲天頂與天象間之小弧。與眞正高度互成補角。即 90°—True Altitude。

餘

11. 赤經 (The Right Ascension)　爲春分點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廿四小時止。

(66) 諸平面　有下列數種:

1. 地平面 (The Sensible Horizon)　乃自地球之表面。擴展與天球會合之平面。

2 地心平面 (Rational Horizon)　或曰眞平面。即自地球中心擴展與天球會合之平面。

3. 海平面 (Sea Horizon)　或稱視平面 (Visible Horizon)。乃

人在海上所見水天交界之小平面。

4. 人造平面 (Artificial Horizon) 當在陸地無海平面時，或海平面不清晰時。則用水銀盤以代海平面。是曰人造平面。故測得高度之半。卽爲初測之高度。

(67) 高度 高度者。天象出於平面可視之仰角也。卽在天象與平面間循天球子午線弧量得之度數。可分數種如下。

1. 初測高度 (Observed Altitude) 乃以六分儀自海平面或人造平面初測得天象之高度也。

2. 改正高度 (The Apparent Altitude) 乃將器差，眼高差，及半徑差加減於初測之高度以改正之。是謂改正之高度。

3. 眞正高度 (True Altitude) 更將折光差與視差加減於改正高度中。是爲眞正之高度。與頂距互成補角。卽 90°—Zenith Dist。

(68) 器差 (Index Error) 言六分儀上之差也。先置游尺於零度。微微移動向右。使不動鏡內之天象與象影相切。觀其度數。是曰"Off Arc"。若移動向左所得之度數。則曰"On Arc"。今將二數相減之半。則爲器差。如"Off Arc。"大則爲正。反之爲負。

(69) 眼高差 (Dip) 乃測者平視線與水天交界線相會於眼中之角度。測者愈高。此角愈大。如知測者之高度。可由航海表 (Nautical Table) 中查其角度。自初測高度中減去之。若係人造水平面。則無此角。

(70) 半徑差 (Semi-diameter) 指日月之半徑差也。可依

時日於航海日曆 (Nautical Almanac) 中查得之。若測象時爲 "Lower Limb." 則從初測高度加入此數。若爲 "Upper Limb." 則減去之。

(71) 折光差 (Refraction) 當吾人見日於水天交界處。其實太陽在海平面之下。卽在空中所見之高度。亦實無其高。是由空氣有折光作用故也。可依已改正之高度。自航海表中查得其分數減去之。

(72) 視差 (Parallax) 自測者之眼以達天象之線。與地球中心以達天象之線。相交於天象中心所成之角度也。可依已改正之高度。自航海表中查得其分數加入之。

(73) 各種時 有四種如下:

1. 眞時 (Apparent Time) 當太陽經過眞時正午以後之時角。謂之眞時 (時角見下75)。

2. 平時 (Mean Time) 爲想像太陽經過平時正午以後之時角。謂之平時。

3. 標準時 (The Greenwish Time) 譯爲格靈威時。乃以格靈威地之子午線爲經度之起點。向東西各分一百八十度。

4. 恆星時 (Sidereal Time) 爲天頂子午線與春分點上子午線相交之時角。卽平時加想像太陽之赤經也 (MTP+M⊙RA)。

(74) 時差 (The Equation of Time) 乃平時與眞時相差之角度。可依標準時查日曆表以求之。

(75) 時角 (The Hour Angle) 卽天球子午線與天象赤緯相交之角度。是曰時角。依子午線向西方起算。自零點至廿

四小時止。

(76) 極角 (A Polar Angle) 乃任何兩赤緯在天球兩極之夾角。曰極角。

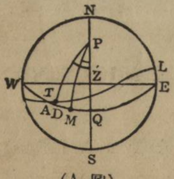
(77) 天象方位角 (The Ajimuth) 乃天頂子午線與高度圈間之夾角。或在地平面上所括之弧。其測法由南北兩極向東或向西起算。自零度至一百八十度。

(78) 出沒方位角 (The Amplitude) 乃太陽與正東方位在海平面之小弧。是爲日出。在西方則爲日沒。故測其角度。須自東或西向南或北起算。自零度至90度。

(79) 曙光 (The Twilight) 即黎明與黃昏時。太陽在海平面下十八度。吾人得見之微光也。

(80) 航海表 (Nautical Tables) 表內函對數及日月星辰一切應用之定數。凡航海術中所需求者。無不應有盡有。故其用甚廣。爲航海者不可缺少之書籍也。

(81) 航海日曆 (Nautical Almanac) 爲英國海軍部每年出版者。乃於一定之某標準時。豫記天象之位置。且載其時差率。故不論在何時何地觀測任何天象。若知對於其時刻之標準時。即可求得任何地之位置。

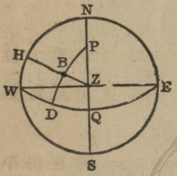


(A 圖)

茲將以上各名詞。分別繪圖以說明之。

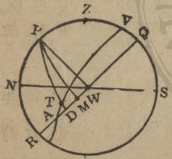
(A) NWSE 表一某地之平面。Z 爲天頂。P 爲天球之極。WQE 爲天球赤道。AL 爲天球黃道。與赤道交於春分點 A。NPZQS 爲子午線。T 爲眞太陽在黃道上

之位置。M為想像太陽在赤道上之位置。PTD, PM, 為各自經過T, M之赤緯圈。DT為眞太陽之赤緯。PT為極距。∠QPM為某地之平時。∠QPT為某地之眞時。∠MPT為時差。ZQ為某地之緯度。PZ為補緯(Co-latitude)。



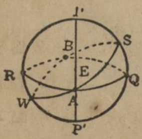
(B 圖)

(B) B為天象。ZBH為經過天象之高度圈。PBD為經過天象之赤緯圈。故BD為天象之赤緯。PB為極距。HB為高度。ZB為頂距。∠ZPB為時角。ΔBPZ為球面三角形。



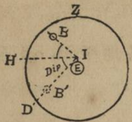
(C 圖)

(C) 使ZPRS為子午線。Z為天頂。NWS為地心平面。P為天球之極。RWQ為天球赤道。AL為天球之黃道。與赤道相交於A點。T為眞太陽。M為想像太陽。DT為日之赤緯。ZQ為某地之緯度。ZP為補緯。∠MPZ為某地之平時。∠TPZ為某地之眞時。∠MPT為時差。AM為想像太陽之赤經。AQ為某地子午線之赤經。



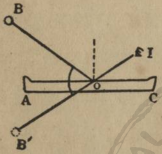
(D 圖)

(D) E為地球。P,P′為天球極。PEP′為天球軸。RWQS為天球子午線。RAQB為天球赤道。WASB為天球黃道。A為春分點。B為秋分點。S為夏至點。W為冬至點。



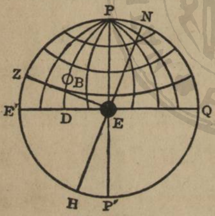

(E 圖)

(E) E為地球。I為測者之高。B為天象。B′為在地下之天象影。∠HID為眼高差。∠HIB為初測高度。Z為天頂。



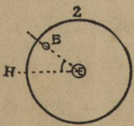

(F 圖)

(F) AC為水銀盤。I為測者。B為天象。B′為在盤內之象影。∠BOB′為初測高度之二倍。



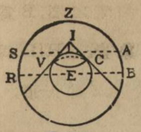

(G 圖)

(G) E為地球。P,P′為天球極。E′Q為天球赤道。B為天象。Z為其地之天頂。PE′P′Q為某地天球子午線。HN為某地地平面。∠EPB為某地之東時角。PB為極距。BD為赤緯。ZE為緯度。PZ為補緯。



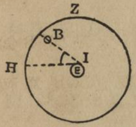

(H 圖)

(H) E為地球。I為測者。Z為天頂。B為天象。∠HIB為改正高度。



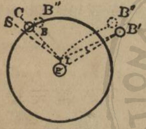
(I 圖)

(I)E爲地球。I爲測者之高。Z爲天頂。VC爲視平面。SA爲地平面。RB爲地心平面。



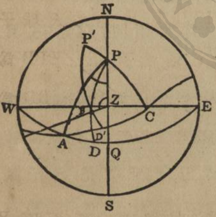
(J 圖)

(J) E爲地球。Z爲天頂。B爲天象。∠HEB爲眞正高度。



(K 圖)

(K)E爲地球。I爲測者。B,B′爲天象。∠CIS爲半徑差。∠IB′E爲視差。B″爲B,B′之折光差



(L 圖)

(L) NWSE爲某地之一平面。P′爲黃道之極。B爲天象。AD爲B之赤經。∠PZB爲B之方位角。BD′爲B在黃道之緯度。P′B爲B在黃道之補緯。∠QPA爲恆星時。BZ爲頂距。BH爲高度。

## (82) 常用時與天文時之互算法

常用時(Civil Time)　卽鐘表所指之時。自子至午。此十二小時曰午前(Ante Meridian)。自午至亥十二小時曰午後

(Post Meridian)。簡稱爲 A.M., P.M.。

天文時 (Astronomical Time) 卽自正午起。至次日之正午。計二十四小時爲一日。不分午前午後。故天文時較常用時遲十二小時。是以常用時之午前。爲天文時之前一日時也。

常用時化天文時法則。

若常用時爲午前。則加十二時。改爲前一日。常用時若爲午後。則僅去PM記號可也。

(例一) 常用時正月十五日 $9^h 10^m$ AM. 改爲天文時。則爲正月十四日 $21^h 10^m$。

(例二) 常用時四月八日 $10^h 11^m$PM. 改爲天文時。則爲四月八日 $10^h 11^m$。

天文時化常用時法則。

天文時若大於十二時。則減去12時加一日。配以 AM 記號。天文時若小於十二時。則僅配以 P M 記號可也。

(例三) 天文時五月九日 $18^h 12^m$。改爲常用時。則爲五月十日 $6^h 12^m$AM.。

(例四) 天文時十月十日 $11^h 13^m$。改爲常用時。則爲十月十日 $11^h 13^m$P.M.。

(83) 時辰與弧度互算法 自平時正午至次日正午二十四小時間。想像太陽繞地球一周爲三百六十度。可得下之比例。

$24^h$…………360°

$1^h$…………15° 度改時辰法則 以 4 乘之。再以 60 除之。

$4^m$…………1° 時辰改度法則 以 60 乘之。再以 4 除之。

$1^m$……………15′

$4^s$……………1′

$1^s$……………15″

(例一) 試改157° 18′ 42″爲時辰。

$$\begin{array}{r}157^\circ\ 18'\ 42'' \\ \times\qquad\quad 4 \\ \hline 60\,)\,629^\circ\ 14'\ 48'' \\ \hline 10^h\,29^m\,14^s.8 \\ \hline\hline\end{array}$$

(例二) 改算$11^h\ 28^m\ 14^s.8$爲度數。

$$\begin{array}{r}11^h\ 28^m\ 14^s.8 \\ 60\qquad\qquad \\ \hline 4\,)\,688\ \ 14.8 \\ \hline 172^\circ\ \ 3'.7 \\ \hline\hline\end{array}$$

(84) 依本地時及經度求標準時　本地時 (Local Time) 各地之經度不同。時間故異。實不利於交通。故各國皆以通過本國中央子午線之平時爲標準。名曰本地標準時 (Standard Time)。使各地常用時一致也。如中國定爲午前八時。香港定爲七時半。日本定爲九時等等是也。

法則　化本地經度爲時。與本地平時(或眞時)相加(西經)或相減(東經)。

(例一) 三月十六日平時 $10^h\ 12^m\ 20^s$ AM.。在 Long 141° 28′ 30″E 之地。求標準時如何。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 三月 | $16^{th}\ 10^h\ 12^m\ 20^s$ | 經度 | 141° 28′ 30″E |
| | 12 | | 4 |
| 本地平時 M.T.P. | $15\ 22^h\ 12^m\ 20^s$ | 60 | 565° 54′ |
| | | 經度時 | $9^h\ 25^m\ 54^s$ |

| | |
|---|---|
| 平時 | $15^d\ 22^h\ 12^m\ 20^s$ |
| 經度時 | $9^h\ 25^m\ 54^s$ |
| 標準平時 (G.M.T.) | $15^d\ 12^h\ 46^m\ 26^s$ |

(例二) 求東經135°之地(日本中央標準時)二月廿三日正午號炮時之標準時如何。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 二月 | $23^{rd}\ 0^h\ 0^m\ 0^s$ | Long | 135° 0′E |
| | $+\ 24^h$ | | 4′ |
| M.T.P. Feb. | $22^{nd}\ 24^h\ 0^m\ 0^s$ | 60 | 540° 0′ |
| | | Long in time | $9^h\ 0^m\ 0^s$ |

| | |
|---|---|
| M.T.P. | $22^{nd}\ 24^h\ 0^m\ 0^s$ |
| Long in time | $9^h\ 0^m\ 0^s$ |
| G.M.T. | $22^{nd}\ 15^h\ 0^m\ 0^s$ |

(例三) 在 Long 127° 30′W 之地。其眞時爲十一日 $16^h\ 5^m$。問標準時如何。

| | |
|---|---|
| Long | 127° 30′W |
| | 4 |
| 60 | 510° 0′ |
| Long in T. | $8^h\ 35^m\ 0^s$ |
| A.T.P. | $11^d\ 16^h\ 5^m$ |
| Long in Time | $8^h\ 30^m$ |
| G.A.T. = | $11^d\ 24^h\ 35^m$ |
| | $24^h$ |
| G.A.T. = | $12^{th}\ 0^h\ 35^m$ |

(例四) 四月九日眞時爲 $4^h\ 10^m$ P.M.。在 Long 32° 45′W 之地。問標準眞時如何。

| | |
|---|---|
| Long | 32° 45′W |
| | 4 |
| 60 | 131° 0′ |
| Long in T. | $2^h\ 11^m$ |
| A.T.P. | $9^{th}\ 4^h\ 10^m$ |
| Long in T. | $2^h\ 11^m$ |
| G.A.T. | $9^{th}\ 6^h\ 21^m$ |

(例五) 正月十二日眞正午。在 Long 80° 44′E 之地。求標準眞時如何。

| | |
|---|---|
| Long | 80° 44′E |
| | 4 |
| 60 | 322° 56′ |
| Long in T. | $5^h\ 22^m\ 56^s$ |

| | |
|---|---|
| A.T.P. | $12^{th}\ 0^h\ 0^m\ 0^s$ |
| Long in T. | $5^h\ 22^m\ 56^s$ |
| G.A.T. | $11^{th}\ 18^h\ 37^m\ 4^s$ |

(85) 依本地平時及標準時求經度

法則 化本地平時爲天文時。與標準時相減。本地時大。則爲東經。標準時大。則爲西經。但亦須視兩地日子之先後爲轉移。

(例題) 本地平時爲三日 $8^h\ 56^m\ 40^s 8$ A.M.。標準時爲二日 $11^h\ 8^m\ 26^s$。求本地經度。

| | |
|---|---|
| M.T.P. = | $2^{nd}\ 20^h\ 56^m\ 40^s.8$ |
| G.M.T. = | $2^{nd}\ 11^h\ 8^m\ 26^s$ |
| Long in T. | $9^h\ 48^m\ 14^s.8$ |

$\therefore$ Long = $147°\ 3'\ 42''$E

(86) 依標準時及經度求本地平時

法則 化經度爲時。與天文時相加(東經)或減(西經)。卽本地平時。

(例) 於標準時二十日 $10^h\ 27^m\ 3^s$。在東經 $139°\ 46'\ 26''.3$ 之地。求本地平時如何。

| | |
|---|---|
| Long | $139°\ 46'\ 26''.3$E |
| | 4 |
| 60 | $559°\ 5'\ 45''.2$ |
| Long in T. | $9^h\ 19^m\ 5^s.7$ |

| | | |
|---|---|---|
| G.M.T. | $20^{th}$ $10^h$ $27^m$ $3^s$ | |
| | $9^h$ $19^m$ $5.7^s$ | |
| M.T.P. | $20^{th}$ $19^h$ $46^m$ $8.7^s$ | |
| | $12^h$ | |
| M.T.P. | $21^{st}$ $7^h$ $46^m$ $8^s.7$ | A.M. |

(87) 求日之赤緯法(Find the Declination)

法則 (a) 求標準時。

(b) 標準時在十二時以下。則取航海日曆中當日之赤緯及每時差。若在十二時以上。則取次日者。

(c) 所得每時之差。以標準時爲斷。若標準時在十二時以下。則以每時差乘之。若在十二時以上。須以廿四時減之。再乘以每時差。其積可視赤緯之漸大漸小。而加減於赤緯。

(例一) 1912年四月五日午後平時 $4^h$ $10^m$ $10^s$。在 Long $75°$ $15'$ $33''$W 之地。求太陽之赤緯若干。

| | |
|---|---|
| 在地平時 四月 | $5^d$ $4^h$ $10^m$ $10^s$ |
| 經度時 | $+5^h$ $1^m$ $2.2^s$ |
| 標準平時 四月 | $5^d$ $9^h$ $11^m$ $12^s.2$ |
| | $=9.18$ |

| | |
|---|---|
| Long | $75°$ $15'$ $33''$W |
| | 4 |
| 60 | $301°$ $2'$ $12''$ |
| | $5^h$ $1^m$ $2.2^s$ |

檢表每時之差 $56''.92$

$$\begin{array}{r}
56''.92 \\
9.2 \\
\hline
11384 \\
51228 \\
\hline
60\,)\,523.664 \\
\hline
8'\ 43''.7
\end{array}$$

檢表赤緯 $5^{th}$ $6^\circ\ 2'\ 31''.6N$

正確赤緯 $=6^\circ\ 11'\ 15''.3N$

(例二) 1923年十二月三十一日午前平時$2^h\ 23^m$。在東經121°之地。求其赤緯。

$$\begin{array}{llll}
\text{M.T.P. Dec.} & 30^{th} & 14^h & 23^m \\
\text{Long in time} & - & 8^h & 4^m E \\
\hline
\text{G.M.T. Dec.} & 30^{th} & 6^h & 19^m \\
\hline
 & & =6.3 &
\end{array}$$

$$\begin{array}{lrlr}
\text{Decl.} & 23^\circ\ 13'.1S & \text{Var} & 0.15 \\
 & -\quad .9 & & 6.3 \\
\hline
\text{Decl.} & 23^\circ\ 12'.2S & & 45 \\
 & & & 90 \\
\hline
 & & & .945
\end{array}$$

(例三) 1912年五月十九日。在 long 130° 19′ 20″E. 午後平時 $3^h\ 15^m\ 28^s$。求太陽赤緯爲何。

| | |
|---|---|
| M.T.P. May | $19^d$ $3^h$ $15^m$ $28^s.0$ |
| Long in time | $8^h$ $41^m$ $17^s.3$ |
| G.M.T. May | $18^d$ $18^h$ $34^m$ $10^s.7$ |

$24-18.6=5.4$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Decl. $19^{th}$ | $19^\circ$ $45'$ $8''.3$N | Var | $32'.25$ |
| $Cor^n$ | $-$ $2'$ $54''.1$ | | $5.4$ |
| Decl. | $=19^\circ$ $42'$ $14''.2$N | | 12900 |
| | | | 16125 |
| | | 60 | 174.150 |
| | | $Cor^n$ | $2'$ $54''.1$ |

(88) 求時差法 (Find the Equation of Time)

法則　先求標準時。再於日曆中求當日之時差。然後以標準時乘每時差。將其積依時差漸大漸小而加減於時差中。但標準時大於十二時。則與求赤緯法之每時差同。

(例一) 1923年三月二十日午前平時 $8^h$ $7^m$。在 long $109^\circ$ $35'$W 之地。其時差如何。

| | |
|---|---|
| 平時三月 | $19^{th}$ $20^h$ $7^m$ $0^s$ |
| 經度時 | $+$ $7^h$ $19^m$ $32^s$ |
| 標準平時 | $20^{th}$ $3^h$ $26^m$ $32^s$ |

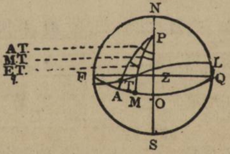
$=3.4$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 時差 | 7′ 51″ | 每時之差 | $0^s$ 74 |
| | − 2.5″ | | 3.4 |
| 正確時差 | 7′ 48″.5 | 加入眞時或 | 296 |
| | | 減自平時 | 222 |
| | | | 2.516 |

(例二) May $19^{th}$ 1923, at $3^h$ $30^m$ p.m. M.T.P.。in long 110° 24′ 37″E。Find the Equation of Time。

| | | | |
|---|---|---|---|
| May | $19^{th}$ $3^h$ $30^m$ M.T.P. | | |
| Long in T. | − $7^h$ $22^m$ | | |
| May | $18^{th}$ $20^h$ $8^m$ G.M.T. | | |
| | 24−20.1 | | |
| Eq. T. | 3′ 42″.1 | Var | $0^s$ 1 |
| | .4 | | 3.9 |
| Eq. T. | 3′ 42″.5 | +To M.T. −From A.T. | .39 |

(89) 眞時與平時 (Apparent Time and Mean Time)

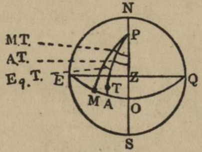



如圖。EAMQ 爲天球赤道。P 爲球極。ETL 爲天球黃道。Z 爲天頂。PZS 爲某地子午線。今假定想像太陽 M 在眞太陽 T 之後。可得下列公式。

$$\overset{\frown}{AO}=\overset{\frown}{MO}+\overset{\frown}{AM}$$

卽　A.T.＝M.T.＋Eq. T.……………………(1)

M.T.＝A.T.－Eq. T.……………………(2)




若想像太陽在眞太陽之前。則求眞時或平時。當依下列公式。

M.T.＝A.T.＋Eq. T.……………………(3)

A.T.＝M.T.－Eq. T.……………………(4)

1. 依本地之經度及平時求眞時(可用第一式或第三式)。

(例一) 1912年七月二日午後平時$3^h\ 21^m\ 15^s.4$。在 long 15°E 之地。時差率爲$-3^m\ 38^s.1$。求其地之眞時與標準眞時。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 在地平時 七月 | $2^{nd}$ | $3^h$ | $21^m$ | $15^s.4$ |
| 時差 | － | | $3^m$ | $38^s.1$ |
| 在地眞時 七月 | $2^{nd}$ | $3^h$ | $17^m$ | $37^s.3$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 在地眞時 七月 | $2^{nd}$ | $3^h$ | $17^m$ | $37^s.3$ |
| 經度時 | | $1^h$ | $0^m$ | $0^s$ |
| 標準眞時 七月 | $2^{nd}$ | $2^h$ | $17^m$ | $37^s.3$ |

(例二) 1912年四月二十七日午後平時$9^h\ 10^m$。in long 16° W之地。試求其眞時若干。

| | | |
|---|---|---|
| April | $27^d$ $9^h$ $10^m$ M.T P. | |
| Long in time | $1^h$ $4^m$ | |
| April | $27^d$ $10^h$ $14^m$ G.M.T. | |

| | |
|---|---|
| Eq. T. | $2^m$ $22^s.46$ |
| | + 4.13 |
| Cor Eq. T. | $2^m$ $26^s.59$ |
| | −From A.T. |

| | |
|---|---|
| Var in $1^{hr}$ | 0.404 |
| | 10.23 |
| | 4.13292 |

| | |
|---|---|
| M.T.P. | $27^{th}$ $9^h$ $10^m$ $0^s$ |
| Eq. T. | + $2^m$ $26^s.6$ |
| A.T.P. | $27^{th}$ $9^h$ $12^m$ $26^s.6$ |

2. 依本地經度及眞時求平時(可用第二或第四公式)。

(例一) 1912 July $20^{th}$ $6^h$ $18^m$ $25^s.5$ A.M. S.A.T.。in long 45°W° Eq. T. $+14^m$ $54^s.9$。Find Ship's Mean Time and G.M.T.

| | |
|---|---|
| S.A.T. July | $19^d$ $18^h$ $18^m$ $25^s.5$ |
| Eq. T. | + $14^m$ $54^s.9$ |
| S.M.T. July | $19^d$ $18^h$ $33^m$ $20^s.4$ |
| or July | $20^d$ $6^h$ $33^m$ $20^s.4$ A.M. |

| | | |
|---|---|---|
| S.M.T. July | $19^d\ 18^h\ 33^m\ 20^s.4$ | |
| Long in time | $3^h\ 0^m\ 0^s$ | |
| G.M.T. July | $19^d\ 21^h\ 33^m\ 20^s.4$ | |

(例二) 1912年六月廿二日午後眞時$5^h\ 42^m$。在東經$100°\ 30'$之地。求其時之平時。

| | |
|---|---|
| S.A.T. June | $22^d\ 5^h\ 42^m$ |
| L. T. | $6^h\ 42^m$ |
| G.A.T. June | $21^d\ 23^h\ 0^m$ |
| Var in $1^{hr}$ | 0.541 |
| | 1 |
| | 0.541 |
| Eq. T. $1^m$ | 42.08 |
| Cor Eq. T. $1^m$ | $41^s.54$ + To. A. T. |
| S.A.T. | $22^d\ 5^h\ 42^m\ 0^s$ |
| Eq. T. | $+\ 1^m\ 41^s.9$ |
| S.M.T. | $22^d\ 5^h\ 43^m\ 41^s.9$ |

(90) 高度改正法 (Corrections of Altitude)

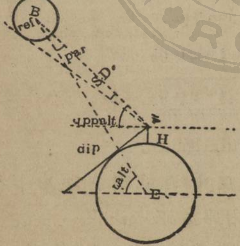
法則 (a) 加減器差於初測高度中。再減眼高差與半徑差 (若爲 "Lower Limb" 須加入)。則爲改正之高度。

(b) 再查得視差與折光差。加減於改正高度中。則爲眞正之高度。

(例一) 初測太陽下邊之高度爲$47°\ 32'\ 15''$。其器差爲$+2'\ 10''$。眼高爲十五呎。半徑差爲$15'\ 49''$。求眞正高度。

| | | | |
|---|---|---|---|
| Obs. Alt. | 初測高度 | | 47° 32′ 15″ |
| I. E. | 器差 | +) | 2′ 10″ |
| | | | 47° 34′ 25″ |
| Dip | 眼高差 | −) | 3′ 49″ |
| | | | 47° 30′ 36″ |
| S. D. | 半徑差 | +) | 15′ 49″ |
| App. Alt. | 改正高度 | | 47° 46′ 25″ |
| R−P | 折光差減視差 | −) | 0′ 47″ |
| T. Alt. | 眞正高度 | | 47° 45′ 38″ |

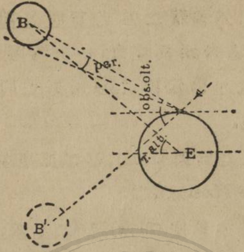
(例 二) The Observed Altitude of the ⊙ was 50° 15′ 20″。I. E. −1′ 20″。H. E. 20 Ft。 Find the True Altitude。




| | | |
|---|---|---|
| Obs. Alt. | | 50° 15′ 20″ |
| I. E. | −) | 1′ 20″ |
| | | 50° 14′ 0″ |
| Dip | −) | 4′ 24″ |
| | | 50° 9′ 36″ |
| S. D. | +) | 15′ 49″ |
| App. Alt. | | 50° 25′ 25″ |
| Ref. | −) | 48″ |
| | | 50° 24′ 37″ |
| Par | +) | 5″.5 |
| T. Alt. | | 50° 24′ 42″.5 |

(例 三) 今以人造平面測得日心高度爲 90° 10′ 40″。器差

爲 +1′ 10″ 求眞高度。




| | |
|---|---|
| Observed Altitude by Artificial horizon | 90° 10′ 40″ |
| Index Error | + 1′ 10″ |
| | 2) 90° 11′ 50″ |
| Apparent Alt. | 45° 5′ 55″ |
| Parallax | + 6″ |
| | 45° 6′ 1″ |
| Refraction | − 58″ |
| True Altitude | 45° 5′ 3″ |

(例四) 初測得星 Vega 之高度爲 38° 4′ 20″。器差爲 −1′ 10″。眼高爲 25 呎。求眞高度。

| | |
|---|---|
| Obs. Alt. of * = | 38° 40′ 20″ |
| I.E. | − 1′ 10″ |
| | 38° 39′ 10″ |
| Dip | − 4′ 55″ |
| | 38° 34′ 15″ |
| Ref | − 1′ 13″ |
| T. Alt. * = | 38° 33′ 2″ |

(91) 求經線儀之日差法 (To Find Daily Rates) 日差。乃測定經線儀之原差。爲前後二回。若爲同名(卽兩回皆爲遲或速之謂)。則取其差。若爲異名(卽一次爲遲一次爲速之謂)。則取其和。將差或和化爲秒數。以兩原差間經過之日數除之。其商卽日差也。

(a) 若第一原差爲速 (Fast)。第二原差爲遲 (Slow)。是由快而慢。稱爲損差 (Losing)。

(b) 若第一原差爲遲 (Slow)。第二原差爲速 (Fast)。是由慢而快。稱爲益差 (Gaining)。

(c) 兩原差皆遲 (Slow) 時:

1. 若第一原差比第二原差小。是由快而慢。卽爲損差 (Losing)。

2. 若第一原差比第二原差大。是由慢而快。卽爲益差 (Gaining)。

(d) 兩原差皆速 (Fast) 時:

1. 若第一原差比第二原差大。是由快而慢。卽爲損差 (Losing)。

2. 若第一原差比第二原差小。是由慢而快。卽爲益差 (Gaining)。

自第二原差之日起。至在經線儀最後之一日。其間經過之日數。以日差乘之。其積稱爲積差 (Accumulated Rate)。若日差爲損差 (Losing)。則積差爲加。反之則爲減。

(例一) 有經線儀在正月四日。比標準時快 $7^m\ 29^s$。在二月十三日尙快 $5^m\ 40^s$。求該經線儀之日差若干。

| | |
|---|---|
| 正月四日比標準時快 | $7^m\ 29^s$ |
| 二月十三日比標準時快 | $5^m\ 40^s$ |
| | $1^m\ 49^s$ |
| 正月四日至二月十三日 | 60 |
| 相隔四十日 | 40 $\lvert$ $109^s$ |

故日差＝$\underline{\underline{2^s.72}}$　損差

(例二) 又一經線儀。在四月廿日比標準時遲 $10^m\ 15^s$。至七月四日。更遲 $14^m\ 3^s$。求其日差若干。

| | |
|---|---|
| April $20^d$ Chron, Slow of G.M.T. | $10^m\ 15^s$ |
| July $4^{th}$ Chron, Slow of G.M.T. | $14^m\ 3^s$ |
| In 75 Days, Chron, has lost | $3^m\ 48^s$ or $228^s$ |

∴ Daily Rate＝$\underline{\underline{3^s.04}}$ Losing

(例三) 在三月十六日。有一經線儀比標準時快 $1^m\ 40^s$。至五月三日又遲 $0^m\ 10^s$。求此儀之日差若干。

$1^{st}$ Err $1^m$ $40^s$ Fast

$2^{nd}$ Err $0^m$ $10^s$ Slow

In 48 Days lost $\begin{cases} 1^m\ 50^s \\ \text{or } 110^s \end{cases}$

∴ Daily Rate＝$\underline{\underline{2^s.29}}$ Losing

(例四) On July $3^{rd}$, A Chron was slow of G.M.T. $1^m\ 7^s.5$, and on Dec. $29^{th}$, it was fast $0^m\ 44^s.9$. Required its Daily Rate.

| | | |
|---|---|---|
| July 3rd Chron Slow of G.M.T. | $1^m$ | $7^s.5$ |
| Dec. 29th Chron Fast of G.M.T. | $0^m$ | $44^s.9$ |
| | $1^m$ | $52^s.4$ |
| In 179 Days Chron has fast | | $112^s.4$ |

∴ Daily Rate $= 0.63^s$ Gaining

(92) 依經線儀及其差求標準時法 (To Find the Astron G.M.T. From the Time by Chron)

法則 化經線儀爲天文時。再求日差及積差。各照其漸遲漸速。加減於經線儀之時日中。卽得標準時。

(例一) 八月十七。某經線儀之天文時爲 $2^h\ 17^m\ 26^s$。在五月二日該儀比標準時正午快 $8^m\ 1^s$。在六月六日更快 $9^m\ 20^s$。試求標準時若干。

第一次差 $8^m\ 1^s$ 快

第二次差 $9^m\ 20^s$ 快

五月二日至六月六月相隔卅五日 $\left\{\begin{array}{l}1^m\ 19^s \\ \text{or } 79^s\end{array}\right.$

故日差 $= 2^s.26$ 益差

從六月七日至八月十七相隔七十二日 $2.26 \times 72 = 2^m\ 43^s$ 積差

| | | |
|---|---|---|
| 天文時爲八月十七 | | $2^h\ 17^m\ 26^s$ |
| 第二次差在六月六日 | − | $9^m\ 20^s$ |
| | | $2^h\ 8^m\ 6^s$ |
| 積差(因爲益差故減) | − | $2^m\ 43^s$ |
| 故標準時爲八月十七 | | $2^h\ 5^m\ 23^s$ |

(例二) 二月廿四日平時午前 $9^h 24^m$。在 Long 18° 30′W 之地。時經線儀爲 $10^h 46^m 3^s$。當去年十一月一日。該儀比標準時正午快 $10^m 3^s$。又在今年正月尙快 $9^m 12^s$。試求標準平時若干。

| | |
|---|---|
| S.M.T. Feb. $24^{th}$ | $9^h$ $24^m$ A.M. |
| | 12 |
| Feb. $23^{rd}$ | $21^h$ $24^m$ |
| Long in Time | $1^h$ $14^m$ |
| Approx G.M.T. $23^{rd}$ | $22^h$ $38^m$ |
| $1^{st}$ Err. | $10^m$ $3^s$ Fast |
| $2^{nd}$ Err. | $9^m$ $12^s$ Fast |
| In 61 Days lost | $51^s$ |

∴ Daily Rate=$836^s$ Losing

From June $2^{nd}$ to Feb. $23^d$ $22^h$,

there are 53.94 days, accum rate was $45^s.1$

| | | |
|---|---|---|
| Astr T. by Chron Feb. $23^d$ | | $22^h$ $46^m$ $3^s$ |
| Err. on Jan. $1^{st}$ | − | $9^m$ $12^s$ |
| Approx G.M.T. Feb. $23^d$ | | $22^h$ $36^m$ $51^s$ |
| Accum Rate | + | 45.1 |
| Correct G.M.T. Feb. $23^d$ | | $22^h$ $37^m$ $36^s.1$ |

(例三) On Sept. $3^{rd}$, About $6^h$ A.M. S.M.T., in Long 178°48′W, the Time by Chron was $5^h$ $55^m$ $59^s$ Civil, which was Fast of G. M. Noon on April $12^h$ $0^m$ $47^s$, and Losing Daily $.08^s$, Req. the G.M.T.

| | | | |
|---|---|---|---|
| S.M.T. Sept. $2^{nd}$ | $18^h$ | $0^m$ | $0^s$ |
| Long in Time | $11^h$ | $55^m$ | $12^s$ |
| G.M.T. Sept. $3^{rd}$ | $5^h$ | $55^m$ | $12^s$ Nearly |

From April $13^{th}$ to Sept $3^{rd}$ $5^h$

There Are 144.25 Days, $144.25 \times .08^s$

$=11^s.54$ Accum. Rate,

| | | | |
|---|---|---|---|
| Time by Chron, Sept. $3^{rd}$ | $5^h$ | $55^m$ | $29^s$ |
| Error on April $12^{th}$ | $-$ | | $47^s$ |
| Approx G.M.T. Sept. $3^{rd}$ | $5^h$ | $54^m$ | $42^s$ |
| Accumlated Rate | $+$ | | $11^s.9$ |
| Correct G.M.T. Sept. $3^{rd}$ | $5^h$ | $54^m$ | $53^s.9$ |

**(93)** 求經線儀之差 (To Find the Error of Chron)

法則 (a) 化平時爲天文時。

(b) 求赤緯。

(c) 求時差。

(d) 依初測之高度求眞正高度。以90°減之。則爲頂距。

(e) 依 $\text{Hav H} = \text{Sec l} \cdots\cdots \text{Sec d}\sqrt{\text{hav S}}\sqrt{\text{hav D}}$ 公式求得之時角。則爲眞時。若與經線儀時相減。則爲該儀對眞時之差。若以時差與眞時相加減。則爲平時。再與經線儀相減。其差則爲該儀對平時之差。若於眞時加 (E) 減 (W) 經度時。再與經線儀時相減。其差爲該儀對標準時之差。若於眞時加減經度。再與常用時相減。其差爲常用時在標準時上之差。

(例一) 1923年三月廿日午前眞時$8^h$ $7^m$。在某處 (Lat 22°

52′N, long 109° 53′W) 推測太陽下邊之高度爲 28° 46′ 50″。器差爲 +3′ 20″。眼高爲 19 呎。其時經線儀正爲 $3^h$ $6^m$ $10^s.5$。試求該儀對於各時之差若干。

| | | | |
|---|---|---|---|
| March $20^d$ | $8^h$ | $7^m$ a.m. S.A.T. | |
| | $12^h$ | | |
| $19^d$ | $20^h$ | $7^m$ | $0^s$ |
| Long in T. | $7^h$ | $19^m$ | $32^s$ |
| G. D. Nly $20^d$ | $3^h$ | $26^m$ | $32^s$ |

| Decl | Var | Eq. T. | Var |
|---|---|---|---|
| 27′.2 | .99 | 7′ 51″ | .74 |
| 3′.4 | 3.4 | 2.5 | 34 |
| 23′.8S | 3.366 | 7′ 48″.5 + To A.T. | 2.516 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Obs. Alt. | 28° | 46′ | 50″ | |
| I. E. | + | 3′ | 20″ | |
| | 28° | 50′ | 10″ | |
| Dip | − | 4′ | 17″ | |
| | 28° | 45′ | 53″ | |
| S. D. | + | 16′ | 5″ | |
| | 29° | 1′ | 58″ | |
| P | + | | 7″.5 | |
| | 29° | 2′ | 5″.5 | |
| R | − | 1′ | 45″.0 | |
| T. Alt. | 29° | 0′ | 20″.5 | |
| | 90° | | | |
| Z = | 60° | 59′ | 39″.5 | |

$$\text{Hav H} = \text{Sec l Sec d}\sqrt{\text{hav S}}\sqrt{\text{hav D}}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $l = 22^\circ\ 52'\ 0''$N | Sec | 0.03555 | |
| $d = \quad 23'\ 48''$S | Sec | 0.00001 | |
| $23^\circ\ 15'\ 48''$ | | | |
| $Z = 60^\circ\ 59'\ 39''.5$ | | | |
| $S = 84^\circ\ 15'\ 27''.5$ | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.82659 | |
| $D = 37^\circ\ 43'\ 51''.5$ | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.50967 | |
| | hav | 9.37182 | |

| | | |
|---|---|---|
| S.A.T. $19^d$ | $20^h\ \ 7^m\ \ 48^s$ | |
| Chron T. | $3^h\ \ 6^m\ \ 10^s.5$ | |
| Chron in Slow | $5^h\ \ 1^m\ \ 37^s.5$ | on S.A.T. |

| | | |
|---|---|---|
| S.A.T. | $20^h\ \ 7^m\ \ 48^s$ | |
| Eq. T. | $+\ \ 7\ \ 48.5$ | |
| S.M.T. | $20^h\ 15^m\ 36^s.5$ | |
| Chron | $3^h\ \ 6^m\ \ 10^s.5$ | |
| Chron is Slow | $5^h\ \ 9^m\ \ 26^s$ | on S.M.T. |

| | | |
|---|---|---|
| S.A.T. | $20^h\ \ 7^m\ \ 48^s$ | |
| Eq. T. | $+\ \ 7^m\ \ 48^s.5$ | |
| S.M.T. | $20^h\ 15^m\ 36^s.5$ | |
| Long in T. | $7^h\ 19^m\ 32^s$ | |
| G.M.T. | $3^h\ 35^m\ \ 8^s.5$ | |
| Chron | $3^h\ \ 6^m\ \ 10^s.5$ | |
| Chron is Slow | $28^m\ \ 58^s$ | on G.M.T. |

(例二) 1918年四月十三日。鐘表之時爲 $9^h\,48^m\,29^s$ a.m.。在某地 (Lat 39° 8′N, long 117° 18′E) 用人造平面測得太陽下邊之高度爲 94° 20′。器差爲 −1′ 0″。求該鐘在標準時上之差。

| | |
|---|---|
| April $13^d$ | $9^h\ 48^m\ 29^s$ |
| | $12^h$ |
| April $12^d$ | $21^h\ 48^m\ 29^s$ |
| Long in Time | $7^h\ 49^m\ 12^s$ |
| G. D. Nly $12^d$ | $13^h\ 59^m\ 17^s$ |

| Decl | Var | Eq. T. | Var |
|---|---|---|---|
| 8° 28′ 30″N | 549 | $0^m\ 58^s.8$ | 67 |
| + 12′ 48″ | 14 | − 9.4 | 14 |
| 8° 41′ 18″N | 2196 | $0^m\ 49^s.4$ | 268 |
| | 549 | +To. A.T. | 67 |
| | 60 \| 768.6 | | 9.38 |
| | 12′ 48″.6 | | |

| | |
|---|---|
| Obs. Alt. | 94° 20′ 0″ |
| I. E. | 1′ |
| 2 \| | 94° 19′ |
| | 47° 9′ 30″ |
| S. D. | + 15′ 59″ |
| App. Alt. | 47° 25′ 29″ |
| R−P | 47″ |
| Falt. | 47° 24′ 42″ |
| | 90 |
| Z= | 42° 35′ 18″ |

$$\text{Hav } H = \text{Sec } l \text{ Sec } d \sqrt{\text{hav } S} \sqrt{\text{hav } D}$$

$l = 39^\circ\ 8'\ 0''N$ Sec 0.110318

$d = 8^\circ\ 41'\ 18''N$ ,, 0.005013

$30^\circ\ 26'\ 42''$

$Z = 42^\circ\ 35'\ 18''$

$S = 73^\circ\ 2'\ 0''$ $\sqrt{\text{hav}}$ 4.774558

$D = 12^\circ\ 8'\ 36''$ ,, 4.024373

$H = 2^h\ 13^m\ 11^s.4$ 8.914262

A.T.P. $21^h\ 46^m\ 48^s.6$

Eq. T. $+\ 49^s.4$

M.T.P. $21^h\ 47^m\ 38^s$

Long in Time $7^h\ 49^m\ 12^s$

G.M.T. $13^h\ 58^m\ 26^s$

Watch $9^h\ 48^m\ 29^s$

Watch is Slow $4^h\ 9^m\ 57^s$ on G.M.T.

依星之高度求經線儀之差

法則 (a) 化平時爲天文時。

(b) 求星之赤經赤緯及想像太陽之赤經。

(c) 求頂距。

(d) 依上公式。求星之時角。

(e) 再加星之赤經於時角。減去想像太陽之赤經。其差爲平時。再以經線儀時與平時相較。其差卽該儀在平時上之差。若以經度時與求得之平時相加 (E) 或減 (W)。則

爲標準時。再以經線儀時與之相較。其差爲該儀在標準平時上之差。

(例三) 1923, April $11^{th}$ a.m. at Ship in lat 42° 51'N, long 124° 30'W, the obs. alt. of Arcturus West of Mer. was 30° 34' 50", I. E. −4' H. E. 21 Ft., the Time by Chron, was $11^d\ 1^h\ 50^m\ 0^s$ (Astron), which was estimated $13^m$ Fast of G.M.T. Find the error of Chron on M.T.P. and G.M.T.。

| | |
|---|---|
| Chron | $11^d\ 1^h\ 50^m$ |
| Fast | $-\quad 13^m$ |
| G. D. | $11^d\ 1^h\ 37^m$ |
| *R.A. = | $14^h\ 12^m\ 10^s.5$ |
| *Decl = | 19° 34'.8N |
| M⊙RA = | $1^h\ 14^m\ 42^s.7$ |
| | 9.9 |
| | 6.6 |
| | $1^h\ 14^m\ 59^s.2$ |
| Obs. Alt. | 30° 34' 50" |
| I. E. | − 4' 0" |
| | 30° 30' 50" |
| Dip | − 4' 31" |
| | 30° 26' 19" |
| Ref. | − 1' 39" |
| T. Alt. | 30° 24' 40" |
| Z. D. = | 59° 35' 20" |

$\text{Hav H} = \text{Sec l Sec d}\sqrt{\text{hav S}}\sqrt{\text{hav D}}$

$l = 42^\circ\ 51'\ 0''\text{N}$　log Sec　0.13482

$d = 19^\circ\ 34'\ 48''\text{N}$　log Sec　0.02587

$23^\circ\ 16'\ 12''$

$Z = 59^\circ\ 35'\ 20''$

$S = 82^\circ\ 51'\ 32''$　$\log\sqrt{\text{hav}}$　4.82066

$D = 36^\circ\ 19'\ 8''$　$\log\sqrt{\text{hav}}$　4.49369

log hav　9.47504

Hour Angle $= 4^h\ 24^m\ 58^s$

*R. A. $= 14^h\ 12^m\ 10^s.5$

R. A. of Mer $= 18^h\ 37^m\ 8^s.5$

M⊙RA $-\ 1^h\ 14^m\ 59^s.2$

M.T.P.　$17^h\ 22^m\ 9^s.3$

Chron T.　$1^h\ 50^m$

Chron is slow　$3^h\ 32^m\ 9^s.3$ on M.T.P.

M.T.P.　$17^h\ 22^m\ 9^s.3$

Long in T.　$8^h\ 18^m$

G.M.T.　$1^h\ 40^m\ 9^s.3$

Chron　$1^h\ 50^m$

Chron is Fast　$9^m\ 50^s.7$ on G.M.T.

依各地之報時信號求經線儀之差　報時信號者。爲便於船舶之經線儀時與標準平時比較。以求儀差之信號也。各國重要港灣。皆有各種報時球 (Time Ball), 報時炮 (Time Gun), 報時旗 (Time Signal) 等之設施。乃於所定之時。依最正

確之經線儀。報所定之標準時。如日本橫濱(Yokohama)神戶(Kobe)等埠。每日以報時球報日本中央標準時之正午。卽報標準平時爲三時0分0秒也。

(例四) 1924, June 12nd 正午。在日本神戶港。當正午報時球落下之瞬刻。經線儀指示 $3^h\ 51^m\ 23^s$。但報時球乃表示日本中央標準時之正午(日本以東經135°爲中央標準經度卽九時)。卽表示綠威平時 $3^h\ 0^m\ 0^s$。換言之。卽該儀之差爲 $51^m\ 23^s$ fast。

(94)求時計之差(To Find the Error of Watch) 地球上各處之平時(或眞時)隨地不同。船向東航時。平時(或眞時)乃次第變速。向西航時。又次第變遲。若繞地球一周。則生二十四時之差。故在航行中。須每日依經線儀以求其差而改正之。

法則 (a) 將經線儀之差。加(遲)或減(快)於經線儀所指示之時中。則爲標準平時。

(b) 再將時差依其漸大漸小而加減於標準平時。則變爲標準眞時。

(c) 然後將經度時加(E)或減(W)於標準眞時。則爲船所在地之眞時。

(d) 再以時計所指示之時。與船之眞時相減。其差卽爲時計之差。若時計之時大於眞時。則爲快。反之則爲遲。

(例一) 某月某日。在東經138° 25′之地。時計爲 $6^h\ 47^m$ a.m., 同時經線儀指示 $10^h\ 16^m\ 0^s$。該儀之日差每日快 $39^m\ 40^s$。試求時計之差若干。

$$
\begin{array}{lrrr}
 & & & \text{Var.}\ 62 \\
 & & & 9 \\
\hline
 & & & 5.58 \\
\text{Chron T.} & 10^h\ 16^m\ 0^s & \text{Eq. T.} & 10^m\ 57^s.3 \\
\text{Fast} & -\ \ 39^m\ 40^s & & 5.6 \\
\hline
\text{G.M.T.} & 9^h\ 36^m\ 20^s & \text{Cor. Eq. T.} & \underline{10^m\ 51^s.7} + \text{To A. T.} \\
\text{Eq. T.} & -\ \ 10^m\ 52^s & & \\
\hline
\text{G.A.T.} & 9^h\ 25^m\ 28^s & \text{Long} & 138^\circ\ 25'\text{E} \\
\text{L. in T.} & +\ 9^h\ 13^m\ 40^s & & 4 \\
\hline
\text{S.A.T.} & 18^h\ 39^m\ 8^s & 60 & |553\ \ 40 \\
\text{Watch T.} & -\ 6^h\ 47^m\ 0^s & \text{Long in T.} & \underline{9^h\ 13^m\ 40^s} \\
\hline
\text{Watch is Fast} & \underline{\underline{7^m\ 52^s}} & &
\end{array}
$$

(例二) 1924, April $27^{th}$ $9^h$ $30^m$ a.m.。同時經線儀爲 $14^h$ $21^m$。其日差每日快 $39^m$。時船航中國東海。問該時計之差若干。

$$
\begin{array}{lrl}
\text{Chron time} & 14^h\ 21^m & \\
\text{Err fast} & -\ \ 39^m & \\
\hline
\text{G.M.T.} & 13^h\ 42^m & \\
\text{China Coasting Time} & 8^h\ \ 0^m & \\
\hline
\text{April } 28^{th}\ \text{C.M.T.} & 21^h\ 42^m & \text{中國沿海以東經 }120^\circ\text{ 爲中央標準經度即 8 時} \\
 & 12^h & \\
\hline
\text{April } 27^{th}\ \text{C.M.T.} & 9^h\ 42^m & \\
 & 9^h\ 30^m & \\
\hline
\text{Watch is Slow} & \underline{\underline{12^m}} &
\end{array}
$$

**(95) 求月之赤經與赤緯差法** (Correction of the Moon's Right Ascension and Declination)

**法則** 先化平時爲標準時。再從航海日曆中。依標準時查赤經赤緯。再以兩時相間之數。乘每時差。依其漸大漸小加減於赤經赤緯中。但有種簡單日曆。僅列兩時之差。故須以兩時相間之數乘兩時差。以2除之。再依其漸大漸小加減於赤經赤緯中。

(例一) 1923年三月十一日午後平時 $5^h\ 42^m$。在東經 $124°$ $30'$ 之地。試求月之赤緯赤經若干。

$$
\begin{array}{ll}
\text{三月} & 11^d\ \ 5^h\ 42^m \\
\text{經度時 T.} & \phantom{11^d}\ \ 8^h\ 18^m \\
\hline
\text{標準平時} & 10^d\ 21^h\ 24^m \\
\\
\text{經度} & 124°\ 30'E \\
 & \phantom{124°\ 3}4 \\
\hline
 & 60\,|\,498 \\
\text{經度時} & 8^h\ 18^m
\end{array}
$$

| 月之赤經 | 月之赤緯 |
|---|---|
| $18^h\ 37^m\ 59^s$ | $18°\ 7'.2$ |
| $+\ \ 3^m\ 12^s.5$ | $1'.75$ |
| $18^h\ 41^m\ 11^s.5$ | $18°\ 5'.45$ |
| 兩時差 $275''$ | 兩時差 $2'.5$ |
| $1.4$ | $1'.4$ |
| $2\,|\,3850$ | $2\,|\,350$ |
| $192''.5=3'\ 12''.5$ | $1'.75$ |

(例二) 1923, July $6^{th}$, at $7^h\ 53^m$ a.m. S.M.T.。in Long 153° 42′W。What are the Moon's R. A. & declination?

$$
\begin{array}{lrl}
\text{July} & 6^d\ \ 7^h\ 52^m & \text{a.m.} \\
 & 12 & \\
\hline
 & 5^d\ 19^h\ 53^m & \\
\text{L. T.} & 10^h\ 14.8^m & \\
\hline
\text{July} & \underline{6^d\ \ 6^h\ \ 7^m.8} & \text{G.M.T.} \\
\text{Long} & 153°\ 42'\text{W} & \\
 & 4 & \\
\hline
60 & |614°\ 48' & \\
\text{Long in T.} & \underline{10^h\ 14^m\ 48^s} &
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lcl}
\text{D'S R. A.} & \qquad & \text{D'S Decl} \\
1^h\ 21^m\ 59^s & & 5°\ 17'.0 \\
+\ \ \ 14^s.7 & & +\ \ 1'.183 \\
\hline
\underline{\underline{1^h\ 22^m\ 13^s.7}} & & \underline{\underline{5°\ 18'.183}} \\
\text{Var}\ \ 113'' & & \text{Var}\ \ 9'.1 \\
.13 & & 13 \\
\hline
339 & & 273 \\
113 & & 91 \\
\hline
\underline{14.69} & & \underline{1.183}
\end{array}
$$

(此例中之Var。是用詳細表查得。故不用2除。)

(96) <u>求月之半徑與視差法</u> (Correction of the Moon's Semi-diameter & Parallax)

法則 (a) 先化平時爲標準時。

(b) 依標準時在航海日曆中查得月之大約半徑差與視差。再以其每時差依其漸大漸小加減之。

(c) 更依月之改正高度與大約半徑差。至航海表中十九頁之Correction to Semi-diameter表內。查得一小數。加入大約半徑差。其和方爲正確之半徑差。

(d) 又依緯度與大約視差。亦至航海表中十九頁Horizontal Parallax表內。查得之小數。與大約視差相減。其差則爲正確之視差。然此僅爲平線之正確視差。又與月之高度有關。故將此視差與高度。再由表內查得。方爲合理。

(例一) 1923年六月廿日午前平時$9^h\ 46^m\ 54^s$。在lat 44° 20′N。long 32° 42′W。知月之改正高度爲34° 50′。求月之半徑差與平線視差各幾何。

| | |
|---|---|
| 六月廿日午前平時 | $9^h\ 46^m\ 54^s$ |
| | $12^h$ |
| 六月十九日 | $23^h\ 46^m\ 54^s$ |
| 經度時 | $2^h\ 10^m\ 40^s$ |
| 標準平時廿日 | $1^h\ 57^m\ 34^s$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 月之半徑差 | 15′ 45″ | 月之視差 | 58′ 21″ |
| | 0.8″ | | 2″.5 |
| | 15′ 45″.8 | | 58′ 23″.5 |
| 高度 34° 50′ | + 9″.5 | 緯度 44° 20′ | − 6″ |
| 正確半徑差 | 16′ 4″.3 | 正確視差 | 58′ 17″.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 每時差 | 0″.4 | 每時差 | 1″.3 |
| | 2 | | 2 |
| | 0″.8 | | 2″.6 |

(例二) 1923, October 8th at Moon, S.M.T. in lat 54° 30′S, long 57° 28′W, If the Moon's Apparent Altitude be 24° 34′, what are its Semi-diameter and Horizontal Parallax?

| | |
|---|---|
| Oct. | $8^d\ 0^h\ 0^m\ 0^s$ |
| Long in T. | $3^h\ 49^m\ 52^s$ |
| G.M.T. | $8^d\ 3^h\ 49^m\ 52^s$ |
| Long | 57° 28′W |
| | 4 |
| | 60 \| 229° 52′ |
| Long in T. | $3^h\ 49^m\ 52^s$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8th Noon D'S S.D. | 16′ 23″ | D H.P. | 60′ 7″ |
| | + 1″.9 | | + 6″.8 |
| S.D. Required | 16′ 24″.9 | H.P. Req.d | 60′ 13″.8 |
| Aug. for Alt. 24° 34′ | 7″ | | − 7″ 0 |
| Correct S.D. | 16′ 31″.9 | Cor H.P. | 60′ 6″.8 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Var | 0.5 | Var | 1.8 |
| | 3.8 | | 3.8 |
| | 1.90 | | 6.84 |

(97) 求月或星經過子午線上之時 (Find the Meridian Passage of the Moon or Star)

法則　依平時至航海日曆中。查得月經過上極子午線之時。若其時大於十二小時。則用前一日之時。若 long E。其差 (Diff) 則用月經過子午線之日與先一日之間者。若 long W。其差則用月經過子午線之日與後一日之間者。再以經度乘此差數。更以 360° 除之。然後加 (W) 或減 (E) 於前數。其差或和則爲月經過子午線之時矣。

(例一) 1923 年七月五日。在 long 33° 30′E 之地。問月何時經過該地子午線。

1923 July　$4^d\ 17^h\ 24^m$ Upper

$-\quad 4^m$

Mer Passage at July　$4^d\ 17^h\ 20^m$

Diff　$43^m$

Long　33.5

$360\,|\,1440.5$

$4.^m$

又依上題。欲求月於何時經過下極子午線。則於日曆中查月經過下極子午線之時。餘皆與上極同。

July　$5^d\ 5^h\ 40^m$ Lower

$-\quad 4^m$

Mer Passage at July　$5^d\ 5^h\ 42^m$

$$\begin{array}{lr} \text{Diff} & 43^m \\ \text{Long} & 33.5 \\ \hline 360 \lfloor & 1440.5 \\ & \underline{4^m.0} \end{array}$$

(例二) 1923, Jan. $10^h$ P.M. at ship, in long 5° 30′W, required the S.M.T., when the moon will be on the ship's meridian?

$$\begin{array}{lcccc} \text{January} & 9^{th} & 18^h & 10^m & 0^s \\ & & & & 48^s \\ \hline \text{Mer Passage at Jan.} & 9^{th} & 18^h & 10^m & 48^s \end{array}$$

$$\begin{array}{lr} \text{Diff} & 52^m \\ \text{Long} & 5.5 \\ \hline 360 \lfloor & 28.6 \\ & .8 \\ & 60 \\ \hline & \underline{48^s.0} \end{array}$$

求行星經過子午線之時。須於日曆中行星表內查之。其法與月同。惟long E。其差須加入。若long W。其差須減。

(例三) 1923年十一月廿七日。在long 100°W之地。求火星(Mars)何時經過子午線。

$$\begin{array}{lccccl} \text{November} & 26^{th} & 21^h & 16^m & 0^s & \\ & - & & & 33^s & \\ \hline \text{Meridian Passage at Nov.} & 26^{th} & 21^h & 15^m & 27^s & \text{M.T.P.} \\ \text{即} & 27^{th} & 9^h & 15^m & 27^s & \text{a.m.} \end{array}$$

Long　100°W

Diff　$2^m$

$$\begin{array}{r|l} 360 & \underline{200} \\ & 0.55 \\ & 60 \\ \hline & \underline{33.00} \end{array}$$

（例四）1923年五月四日。在 long 42° 10′W 之處。求木星(Jupiter)何時經過子午線。

| | |
|---|---|
| 五月三日經過子午線之時在 | $12^h\ 6^m\ 0^s$ |
| | $-\ \ 36^s$ |
| 正確經過之時在三日 | $12^h\ 5^m\ 24^s$ |

經度　42.2

差數　$5^m$

$$\begin{array}{r|l} 360 & \underline{211.0} \\ & \underline{6^m} \end{array}$$

求恆星經過子午線之時。須先於日曆中查得該星之赤經。并想像太陽之赤經。二者相減。將其差與經度時相加(W)或相減(E)。則變為標準平時。再依之求正確想像太陽之赤經。與星之赤經相減。其差卽該星經過子午線之時間。若欲求其經過下極子午線之時間。必須減去$11^h\ 58^m\ 2^s$方可。

（例五）1918年十月十日。在 long 121° 2′E 之地。求 Altair 星。何時經過上極與下極子午線。

十月十日該星赤經 $= 19^h\ 46^m\ 38^s.08$

想像太陽赤經 $= 13^h\ 12^m\ 58^s.97$

上極經過之時在十日 $6^h\ 33^m\ 39^s.11$

經度時 $8^h\ 6^m$

標準平時 $9^{th}\ 22^h\ 27^m\ 39^s.11$

正確想像太陽赤經 $13^h\ 9^m\ 2^s.42$

$3^m\ 36^s.84$

$4^s.44$

$+\ .10$

$13^h\ 12^m\ 43^s.80$

星之赤經 $= 19^h\ 46^m\ 38^s.08$

正確太陽赤經 $= 13^h\ 12^m\ 43^s.80$

十月十日平時 $6^h\ 33^m\ 54^s.28$ 爲該星經過上極子午線之時

$11^h\ 58^m\ 2^s$

十月九日平時 $18^h\ 35^m\ 52^s.28$ 爲該星經過下極子午線之時

(例六) 1923年正月八日。在 long 40° 20′E 之地。求 ∝ Tauri (Aldebaran) 何時經過上極子午線。

Jan. $28^{th}$ *R.A. $4^h\ 31^m\ 31^s.2$

M⊙R.A. $19^h\ 8^m\ 3^s.2$

M.T.P. $9^h\ 23^m\ 28^s$

Long in T. $2^h\ 41^m\ 20^s$

G.M.T. Jan $8^d$ $6^h\ 42^m\ 8^s$

$$\begin{array}{lr} \text{M}\odot\text{R.A.} & 19^h\ 8^m\ 3^s.2 \\ & 59.1 \\ & 6.6 \\ \hline & 19^h\ 9^m\ 8^s.9 \end{array}$$

$$\begin{array}{lr} \text{*R.A.} & 4^h\ 31^m\ 31^s.2 \\ \text{M}\odot\text{R.A.} & 19^h\ 9^m\ 8^s.9 \\ \hline \text{M.T.P. } 8^d & 9^h\ 22^m\ 22^s.3 \text{ P.M.} \end{array}$$

(例七) 1923, May $23^{rd}$, in long 96° 50′E, when the Star $\alpha$ Lyroc (Vega) will be on the Ship's Meridian?

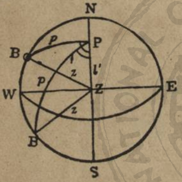
$$\begin{array}{lr} \text{May } 23^{rd} \text{ *R.A.} & 18^h\ 34^m\ 22^s.5 \\ \text{M}\odot\text{R.A.} & 3^h\ 56^m\ 21^s.4 \\ \hline \text{M.T.P. May } 22^d & 14^h\ 38^m\ 1^s.1 \\ \hline & =23^d\ 2^h\ 38^m\ 1^s.1 \text{ a.m.} \end{array}$$

$$\begin{array}{lr} \text{M.T.P. } 22^d & 14^h\ 38^m\ 1^s.1 \\ \text{Long in Time} & 6^h\ 27^m\ 20^s \\ \hline \text{G.M.T. } 22^d & 8^h\ 10^m\ 41^s.1 \end{array}$$

$$\begin{array}{lr} \text{M}\odot\text{R.A.} & 3^h\ 56^m\ 21^s.4 \\ & 1^m\ 18^s.9 \\ + & 1^s.6 \\ \hline & 3^h\ 57^m\ 41^s.9 \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \text{*R.A.} & 18^h\ 34^m\ 22^s.5 \\ \text{M⊙R.A.} & 3^h\ 57^m\ 41^s.9 \\ \hline \text{M.T.P.}\ 22^d & 14^h\ 36^m\ 40^s.6 \\ \text{or}\ 22^d & \underline{\underline{2^h\ 36^m\ 40^s.6}}\ \text{a.m.} \end{array}$$

(98) 求天象出沒之時間及曙光 (Find the Time of Rising and Setting of Heavenly Bodies and Twilight) 天象出沒之時間。隨測者所在緯度之高低與天象赤緯之大小而異。須先求其時角，方知平時或眞時之時刻。其求時角之公式。分述如下。




圖中球面三角形PZB。其PB爲極距。PZ爲補緯。ZB爲頂距。∠PZB爲天象之方位。

若天象之中心正在水平線上。則頂距ZB等於90°。依球面三角之公式。求太陽出沒之時角。

$$\mathrm{Cos\,H} = \mathrm{Cos\,p\,Cos\,l'} + \mathrm{Sin\,p\,Sin\,l'}$$

$$\because \quad \mathrm{Cos\,l'} = \mathrm{Sin\,l}$$

$$\therefore \quad \mathrm{Cos\,H} = \mathrm{Cos\,p\,Sin\,l} + \mathrm{Sin\,p\,Cos\,l}$$

$$= \underline{\mathrm{Cot\,p\,tan\,l}}$$

1. 求日出沒時之法則 (a)依上公式求出之時角。爲太陽落下之大約眞時，以12小時減之。則爲太陽昇起之大約眞時。(b)以此太陽大約昇起之眞時與經度時相加(W)或相減(E)。則爲標準眞時。依此標準眞時求日之赤緯。加於90°或減以90°。則爲極距。更求時差。(c)又以太陽落下之眞時。

亦依上法求標準眞時極距及時差。(d)再以此求得之兩極距。各依 Cos H＝tan l Cot p 之公式。求得太陽出沒之準確眞時。再將時差各依其正負加減之。是爲平時太陽出沒之時間。

(例一) 1923年正月三十一日。在 lat 50° 50′N, long 50°E 之地。求日出沒之大約平時。并晝夜之時期各若干。

$\cos H = \tan l \cot p$

緯度 $l = 50°\ 50'$ tan　0.08905

極距 $p = 107°\ 35'$ Cot　9.50092

時角 HL Cos　9.58997

時角＝$4^h\ 28^m\ 6^s$

故日落大約在眞時午後　$4^h\ 28^m\ 26^s$

日出大約在眞時午前　$7^h\ 31^m\ 34^s$

眞時　$7^h\ 31^m\ 34^s$

時差　$+13^m\ 29^s.9$

日出大約在平時午前　$7^h\ 45^m\ 3^s.9$

眞時　$4^h\ 28^m\ 26^s$

時差　$+13^m\ 29^s.9$

日落大約在平時午後　$4^h\ 41^m\ 55^s.9$

$12^h\ 0^m\ 0^s$

$-7^h\ 45^m\ 39^s$

$4^h\ 14^m\ 56^s.1$

$+4^h\ 41^m\ 55^s.9$

平時晝間之長　$8^h\ 56^m\ 52^s$

$$\begin{array}{r} 24^h\ \ 0^m\ \ 0^s \\ -\ 8\ \ 56\ \ 52 \\ \hline \end{array}$$

平時夜間之長 $\underline{\underline{15^h\ \ 3^m\ \ 8^s}}$

(例二) 1917年二月三日.求英京倫敦(London lat 51° 10'N, long 0° 5'W)太陽出沒之準確平時及晝夜之長。

$$\text{Cos H} = \tan l \ \text{Cot}\ p$$

$$\begin{array}{lr} l = \ 51°\,10'\ \tan & 0.09421 \\ p = 106°\,37'\ \text{Cot} & 9.47484 \\ \hline \quad\quad \text{Cos H} & \underline{9.56905} \end{array}$$

$\therefore$ Sunset $= 4^h\ 32^m\ 58^s$ p.m. A.T.P.

$\therefore$ Sunrise $= 7^h\ 27^m\ 2^s$ a.m. A.T.P.

$$\begin{array}{lr} \text{Feb. } 2^d\ 19^h\ 27^m & 2^s \\ \text{Long } + & 20^s \\ \hline \text{G.A.T. } 2^d\ 19^h\ 27^m & 22^s \end{array}$$

$$\begin{array}{rr} \text{Decl } 16°\ 54'\ \ 2''\text{S} & \text{Var } 43'' \\ -\ 13'\ 54'' & 19.4 \\ \hline \underline{16°\ 40'\ \ 8''} & 60\,\underline{|\,834.2} \\ \text{p } 106°\ 40'\ \ 8'' & 13'\ 54'' \\ \text{Eq. T. } 13^m\ 51^s.8 & 19.4 \\ +\ \ 5^s.8 & .3 \\ \hline \underline{13^m\ 57^s.6} & 5.82 \end{array}$$

$+$ to A.T.

$$\begin{array}{rl} & \text{Feb. } 3^d\ 4^h\ 32^m\ 58^s \\ \text{Long in T.} & +\qquad\qquad 20^s \\ \hline \text{G.A.T.} & 3^d\ 4^h\ 33^m\ 18^s \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Decl } 16^\circ\ 36'\ 36''\text{S} & \text{Var } 44 \\ -\quad 3'\ 18'' & \quad 4.5 \\ \hline 16^\circ\ 33'\ 18'' & 60\,|\,198.0 \\ p=106^\circ\ 33'\ 18'' & \quad 3'\ 18'' \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Eq. T. } 13^m\ 58^s.9 & \text{Var } 4.5 \\ +\quad 1^s.3 & \quad 3 \\ \hline 14^m\ 0^s.2 & \quad 1.35 \end{array}$$

+ to A.T

$\text{Cos H} = \tan l \text{ Cot } p$

$$\begin{array}{rl} \text{Log } l = & 0.094216 \\ \text{Log } p = & 9.476913 \\ \hline \text{Cos H} & 9.571129 \end{array}$$

$4^h\ 32^m\ 31^s$

$$\begin{array}{rl} \text{Sunrise} & 7^h\ 27^m\ 29^s \text{ a.m. A.T.P.} \\ \text{Eq. of T.} & +\ 13^m\ 58^s \\ \hline \text{Sunrise} & 7^h\ 41^m\ 27^s \text{ a.m. M.T.P.} \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \text{Log } l = & 0.094216 \\ \text{Log } p = & 9.473110 \\ \hline \text{Cos H} & 9.567326 \end{array}$$

$$\text{Sunset } 4^h\ 32^m\ 19^s \text{ p.m. A.T.P.}$$

$$\text{Eq. of T.} \quad +14^m\ \ 0^s$$

$$\text{Sunset } \underline{\underline{4^h\ 46^m\ 19^s}} \text{ p.m. M.T.P.}$$

$$\text{Daylight} = 4^h\ 46^m\ 19^s + (12^h - 7^h\ 41^m\ 27^s)$$

$$= \underline{\underline{9^h\ \ 4^m\ 52^s}} \text{ M.T.}$$

$$\text{Darkness} = \underline{\underline{14^h\ 55^m\ \ 8^s}} \text{ M.T.}$$

2. <u>求星出沒之法則</u> (a)先依公式求時角。該時角爲W.H.L.。以24小時減之。則爲E.H.L.。(當極距大於90°。其時角必小於六點鐘。極距小於90°。其時角必大於六點鐘。不然。以12小時減之可也。) (b)求星之赤經與想像太陽之赤經。依公式 M.T.P.＝*HL＋*RA－M⊙RA。求得平時在WHL者。爲星沒之大約平時。在EHL者。星出之大約平時。(c)以該星昇起之大約平時。與經度時相加(W)或相減(E)。則爲標準眞時。再依此標準眞時求想像太陽之赤經。與前子午線上之赤經相減。其差卽爲星出之標準平時。(d)以該星落下之大約平時。亦依上法求其落下準確平時。

(例三) 1923年十一月二十三日。在lat 31° 23'N, long 121° 30'E之處。問Vega星之出沒在何時。

$$\text{Cos H} = \tan l \text{ Cot } p$$

$$l = 31^\circ 23' \quad \tan \quad 9.78533$$

$$p = 51^\circ 17'1 \quad \text{Cot} \quad 9.90394$$

$$(\because p < 90^\circ)\ 4^h\ \ 2^m\ 54^s \ \text{Cos} \quad 9.68927$$

$$\angle H = 7^h\ 57^m\ \ 6^s$$

M.T.P. = *HL + *RA − M⊙RA

| | |
|---|---|
| West H.L. | $7^h\ 57^m\ 6^s$ |
| *R.A. | $18^h\ 34^m\ 20^s$ |
| R.A. of Mer | $2^h\ 31^m\ 26^s$ |
| M⊙R.A. | $16^h\ 5^m\ 44^s$ |
| Setting | $10^h\ 25^m\ 42^s$ p.m. |
| East H.L. | $16^h\ 2^m\ 54^s$ |
| *R.A. | $18^h\ 34^m\ 20^s$ |
| R.A. of Mer | $10^h\ 37^m\ 14^s$ |
| M⊙R.A. | $16^h\ 5^m\ 44^s$ |
| Rising | $6^h\ 31^m\ 30^s$ a.m. |
| Nov. 23rd | $10^h\ 25^m\ 42^s$ |
| Long in T. | $-\ 8^h\ 6^m$ |
| G.D. 23d | $2^h\ 19^m\ 42^s$ |
| M⊙R.A. | $16^h\ 5^m\ 44^s$ |
| | 19.7 |
| | + 3.3 |
| | $16^h\ 6^m\ 7^s$ |
| R.A. of Mer | $2^h\ 31^m\ 26^s$ |
| Setting M.T.P. | $10^h\ 25^m\ 19^s$ p.m. |
| Nov. 22nd | $18^h\ 31^m\ 30^s$ |
| | $8^h\ 6^m$ |
| G.D. 22d | $10^h\ 25^m\ 30^s$ |

$$
\begin{array}{rrrr}
\text{M}\odot\text{R.A.} & 16^h & 1^m & 47^s.4 \\
 & & 1 & 38.6 \\
 & + & & 4.1 \\
\hline
 & 16^h & 3^m & 30^s.1 \\
\text{R.A. of Mer} & 10^h & 37^m & 14^s \\
\hline
 & 18^h & 33^m & 43^s.9 \\
\hline
\text{Rising M.T.P.} & 6^h & 33^m & 43^s.9 \ \text{a.m.}
\end{array}
$$

(例 四) When did Markab Rise and Set on April 7, 1918, in lat 39° 8′N, long 117° 18′E?

$$\text{Cos H} = \tan l \ \text{Cot p}$$

$$
\begin{array}{lll}
l = 39^\circ \ 8' & \tan & 9.91043 \\
p = 75^\circ \ 16' & \text{Cot} & 9.41990 \\
\hline
5^h \ 10^m \ 35^s & \text{Cos} & 9.33033
\end{array}
$$

$$\text{HL} = 6^h \ 49^m \ 25^s$$

$$\text{M.T.P.} = {}^*\text{HL} + {}^*\text{R.A.} - \text{M}\odot\text{R.A.}$$

$$
\begin{array}{rrrr}
\text{HL West} & 6^h & 49^m & 25^s \\
{}^*\text{R.A.} & 23^h & 0^m & 25^s \\
\hline
\text{R.A. of Mer} & 29^h & 49^m & 50^s \\
\text{M}\odot\text{R.A.} & 1^h & 0^m & 36^s \\
\hline
\text{Setting} & 4^h & 49^m & 14^s \ \text{p.m.}
\end{array}
$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| HL East | | $17^h$ | $10^m$ | $35^s$ | |
| | | $23^h$ | $0^m$ | $25^s$ | |
| | | $40^h$ | $11^m$ | $0^s$ | |
| | | $1^h$ | $0^m$ | $36^s$ | |
| | | $15^h$ | $10^m$ | $24^s$ | |
| Rising | | $3^h$ | $10^m$ | $24^s$ | a.m. |
| April | $7^d$ | $4^h$ | $49^m$ | | |
| Long in T. | $-$ | $7^h$ | $49^m$ | | |
| G. D. | $6^d$ | $21^h$ | $0^m$ | | |
| M⊙R.A. | | $0^h$ | $56^m$ | $40^s$ | |
| | | $+$ | 3 | 27 | |
| | | 1 | 0 | 7 | |
| | | 29 | 49 | $50^s$ | |
| Setting M.T.P. | | $4^h$ | $49^m$ | $43^s$ | p.m. |
| April | $6^d$ | $15^h$ | $10^m$ | $24^s$ | |
| | $-$ | $7^h$ | $49^m$ | | |
| G. D. | $6^d$ | $7^h$ | $21^m$ | $24^s$ | |
| M⊙R.A. | | $0^h$ | $56^m$ | $40^s$ | |
| | | | 1 | 9 | |
| | | $+$ | | 3 | |
| | | $0^h$ | $57^m$ | $52^s$ | |
| | | $40^h$ | $11^m$ | $0^s$ | |
| Rising M.T.P. | | $3^h$ | $13^m$ | $8^s$ | a m. |

3. 求日之曙光 當太陽在地平圈十八度以下。吾人所能見之微光。在晨謂之黎明。在夕則曰黃昏。其時間之長短。亦隨緯度與赤緯而各異。今可依下列二公式求之。

(1) $\text{Cos}\,H=\tan l\,\text{Cot}\,p$

(2) $\text{Hav}\,H=\text{Sec}\,l\,\text{Sec}\,d\sqrt{\text{hav}(108^\circ+l-d)}\sqrt{\text{hav}(108^\circ-l-d)}$

(例五) 1923年九月二十五日。在北緯5° 5′某埠。求其曙光若何。

$$\text{Cos}\,H=\tan l\,\text{Cot}\,p$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 緯度 | $l=5^\circ 5'$ | tan | 8.94917 |
| 極距 | $p=33'1$ | Cot | 7.98230 |
| 日沒之時 | $5^h\,59^m\,50^s$ | Cos | 6.93147 |

$$\text{Hav}\,H=\text{Sec}\,l\,\text{Sec}\,d\sqrt{\text{hav}\,D}\sqrt{\text{hav}\,S}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 緯度 $l=$ | $5^\circ\ 5'$ N | Sec | 0.00171 |
| 赤緯 $d=$ | $33'.1$S | Sec | 0.00002 |
| | $5^\circ\ 38'.1$ | | |
| 頂距 $Z=108^\circ$ | | | |
| | $S=113^\circ\ 38'.1$ | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.92269 |
| | $D=102^\circ\ 21'.9$ | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.89162 |
| 入夜時角 | $HL=7^h\ 12^m\ 5^s.5$ | hav | 9.81604 |
| 日沒之時 | $=5^h\ 59^m\ 50^s$ | | |
| 曙光 | $=1^h\ 12^m\ 15^s.5$ | | |

(例六) Find the duration of twilight in lat 45° 45′N on December $20^d$, 1923.

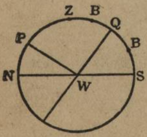
$$\text{Cos H} = \tan l \text{ Cot } p$$

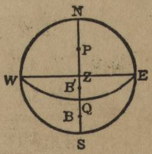
$$
\begin{array}{llll}
 & l = 45^\circ 45' & \tan & 0.01137 \\
 & p = 113^\circ 25'.2 & \text{Cot} & 9.63675 \\
\hline
\text{Sunset} & \underline{4^h\ 14^m\ 22^s} & \text{Cos} & 9.64812
\end{array}
$$

$$\text{Hav H} = \text{Sec } l \text{ Sec } d \sqrt{\text{hav S}} \sqrt{\text{hav D}}$$

$$
\begin{array}{llll}
 & l = 45^\circ 45' \text{ N} & \text{Sec} & 0.15627 \\
 & d = 23^\circ 25'.2\text{S} & \text{Sec} & 0.03732 \\
\hline
 & 69^\circ 10'.2 & & \\
 & Z = 108^\circ & & \\
\hline
 & S = 177^\circ 10'.2 & \sqrt{\text{hav}} & 4.99887 \\
 & D = 38^\circ 49'.8 & \sqrt{\text{hav}} & 4.52162 \\
\hline
\text{Darkness} & 6^h\ 8^m\ 7^s & \text{hav} & 9.71408 \\
\text{Sunset} & 4^h\ 14^m\ 22^s & & \\
\hline
\text{Twilight} & \underline{\underline{1^h\ 53^m\ 45^s}} & &
\end{array}
$$

(99) 測日在上極子午線上之高度求緯度法 (Latitude by Meridian Altitude of Sun Above Pole.)



Z＝頂距 WQ＝赤道，B,B′＝天象

P＝天球極 NWS＝平面

NPZB′QBS＝天球子午線

若赤緯與緯度異邊。其公式如下。

$$ZQ=ZB-QB$$

即 $Lat=\underline{Z,\ dist-decl}$

若赤緯與緯度同邊。其公式如下。

$$ZQ=ZB'-QB'$$

即 $Lat=\underline{Z,}\ \underline{Dist}+\underline{Decl}$

法則(a)求標準眞時。(b)求赤緯。(c)求眞正高度及頂距。(d)依上公式將赤緯與頂距相加(同邊)或相減(異邊)。

(例一) 1923年三月二十日。在西經151° 10′之地。測太陽在子午線上之高度爲⊙56° 56″。天頂在日之北方。器差爲+4′ 10″。眼高爲27呎。求該地之緯度若干。

| | |
|---|---|
| 三月廿日 | $0^h\ 0^m\ 0^s$ |
| 經度時 | 10 0 40 |
| 三月廿日 | $10^h\ 0^m\ 40^s$ 標準眞時 |
| 經度 | 150° 10′W |
| | 4 |
| 60 | 600 40 |
| 經度時 | $10^h\ 0^m\ 40^s$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 赤緯 | 27′ 12″ | 每時差 | .99 |
| | − 9′ 58″ | | 10.07 |
| | 17′ 14″S | | 9.9693 |

| | |
|---|---|
| 初測高度 | $56^\circ\ 56'\ 0''$ |
| 器差 | $+\ \ 4'\ 10''$ |
| | $57^\circ\ 0'\ 10''$ |
| 眼高差 | $-\ \ 5'\ 7''$ |
| | $56^\circ\ 55'\ 3''$ |
| 半徑差 | $+\ 16'\ 5''$ |
| 改正高度 | $57^\circ\ 11'\ 8''$ |
| 視差 | $+\ \ 4''.7$ |
| | $57^\circ\ 11'\ 12''.7$ |
| 折光差 | $-\ \ 37''.7$ |
| 眞正高度 | $57^\circ\ 10'\ 35''.0$ |
| | $90^\circ$ |
| 頂距 | $32^\circ\ 49'\ 25''.0$ N |
| 赤緯 | $17'\ 14''$ S |
| 緯度 | $=32^\circ\ 32'\ 11''$ N |

(例二) 1923年五月廿九日。在 long $53^\circ\ 27'\ 15''$W 之地。以人造平面測得太陽在子午線上之高度爲 ⊙ $98^\circ\ 47'\ 10''$。日在天頂之北。其器差爲 $+2'\ 50''$。試求該地之緯度若干。

| | |
|---|---|
| May $29^d$ | $0^h\ 0^m\ 0^s$ |
| L. T. | $3^h\ 33^m\ 49^s$ |
| May $29^d$ | $3^h\ 33^m\ 49^s$ G.A.T. |
| Long | $53^\circ\ 27'\ 15''$W |
| | 4 |
| 60 | 213　49　0 |
| Long in T. | $3^h\ 33^m\ 49^s$ |

| | |
|---|---|
| Decl | 21° 30′ 0″ |
| | 1 26 |
| Decl | 21° 31′ 26″N |

| | |
|---|---|
| Var | .4 |
| | 3.6 |
| | 1.44 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Obs. Mer. Alt. in Art. hor. | =98° | 47′ | 10″ | |
| I. E | + | 2 | 50 | |
| 2 | 98 | 50 | 0 | |
| S. D. | 49 | 25 | 0 | |
| | + | 15 | 48 | |
| App. Alt. | 49 | 40 | 48 | |
| Par | + | | 5 | |
| | 49 | 40 | 53 | |
| Ref. | − | | 50 | |
| T. Alt. | 49 | 40 | 3 | |
| | 90 | | | |
| Z. Dist. | 40° | 19′ | 57″S | |
| Decl. | 21° | 31′ | 26″N | |
| Lat= | 18° | 48′ | 31″S | |

(例三) 1923, April 15th, in long 120° 0′ 40″E, the Observed Altitude of the ☉ was 16° 3′ 0″, Zenith dist south, I. E. −2′ H. E. 32ft, required the Latitude.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| April $15^d$ | $0^h$ | $0^m$ | $0^s$ | |
| Long in Time | $8^h$ | $0^m$ | $2^s.7$ | |
| April $14^d$ | $15^h$ | $59^m$ | $57^s.3$ | G. D. |

Long 120° 0′ 40″E
4

60 | 480 2 40

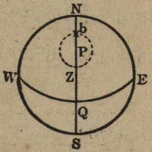
L. T. $8^h$ $0^m$ $2^s.7$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Decl. | 9° 29′.8 | Var | 0′.9 |
| | 7′.2 | | 8 |
| Decl. | 9° 22′.6N | | 7.2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Obs. Mer. Alt. | 16° | 3′ | 0″ | |
| I. E. | − | 2 | 0 | |
| | 16 | 1 | 0 | |
| Dip. | − | 5 | 34 | |
| | 15 | 55 | 26 | |
| S. D. | − | 15 | 58 | |
| App. Alt. | 15 | 39 | 28 | |
| Par. | + | | 8.5 | |
| | 15 | 39 | 36.5 | |
| Ref. | − | 3 | 25 | |
| T. Alt. | 15 | 36 | 11.5 | |
| | 90 | | | |
| Z. D. | 74 | 23 | 48.5 | S |
| Decl. | 9 | 22 | 36 | N |
| Lat= | 65° | 1′ | 12″.5 | S |

## (100) 測日或恆星在下極子午線上之高度求緯度法

(Latitude by Meridian Altitude Below Pole)



ESWN 為平面。Z 為天頂。P 為天球極。b 為天象。WQE 為天球赤道。PZS 為天球子午線。

因 $ZN=90^\circ=PQ$

$ZN=PZ+PN$

$PQ=PZ+ZQ$

$\therefore\ PZ+PN=PZ+ZQ$

故 $ZQ=PN=Nb+bP$

卽 Lat = Alt. of Pole

= Mer. Alt. below pole + pole dist.

法則 (a) 求標準眞時。(b) 求得赤緯。以 90° 減之。則為極距。(c) 求眞正高度。與極距相加。則為緯度矣。

(例一) 1923 年五月卅一日。在東經 100° 之地。測得太陽在下極子午線上之高度為 $\underline{\odot}$ 6° 6′ 20″。器差為 +1′ 40″。眼高為 18 呎。求本地緯度若干。

| | | |
|---|---|---|
| 五月 $31^{st}$ | $12^h$ $0^m$ | |
| | 6 40 | |
| May $31^d$ | $5^h$ $20^m$ | 標準眞時 |

經度　100°E

4

60|400

$6^h\ 40^m$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 赤緯 | 21° 48′.4N | 每時差 | 0′ 37 |
| | 2.0 | | 5.3 |
| | 21　50.4 | | 1.961 |
| | 90 | | |
| 極距 | 68°　9′.6 | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 初測高度 | 6° | 6′ | 20″ |
| 器差 | + | 1 | 40 |
| | 6 | 8 | 0 |
| 眼高差 | − | 4 | 10 |
| | 6 | 3 | 50 |
| 半徑差 | + | 15 | 48 |
| 改正高度 | 6 | 19 | 38 |
| 視差 | + | | 8 8 |
| | 6 | 19 | 46.8 |
| 折光差 | | 8 | 8 |
| 眞正高度 | 6° | 11′ | 38″.8 |
| 極距 | 68° | 9′ | 36″ |
| 緯度 | 74° | 21′ | 14″.8N |

(例二) 1918年六月十四日。在 long 45°W 之地。用人造平面測得太陽在下極子午線之高度為 ⊙ 15° 10′ 40″。I. E. −4′ 10″。問該地之緯度若干。

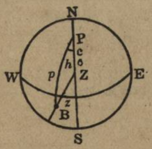
| | | | |
|---|---|---|---|
| June | $14^d\ 12^h\ 0^m$ | Long | 45°W |
| Long in Time | $+\ \ 3\ \ 0$ | | 4 |
| June | $14^d\ 15^h\ 0^m$ G.A.T | 60 | 180 |
| | | | $3^h$ |
| Decl. | 23° 14′ 38″N | Var | 8″ 0 |
| | + 2′ | | 1 5 |
| | 23 16 38 | 60 | 120 |
| | 90 | | 2′ 0 |
| P. Dist | 66° 43′ 22″ | | |

| | | |
|---|---|---|
| Obs. Alt. | | 15° 10′ 40″ |
| I. E. | | − 4 10 |
| | 2 | 15 6 30 |
| | | 7 33 15 |
| S. D. | | − 15 46 |
| | | 7 17 29 |
| R−P | | 6 56 |
| True Alt. | | 7° 10′ 33″ |
| P. Dist | | 66° 43′ 22″ |
| Lat= | | 73° 53′ 55″N |

(例三) Jan. 11st, 1923, the meridian altitude of ∝ Ursal-majoris below the pole was observed to be 10° 14′ 30″; I. E. −4′, H. E. 20 ft. Required the latitude.

| | |
|---|---|
| Decl of * | 62° 9′.7N |
| | 90 |
| Polar Dist | 27° 50′.3 |
| Obs. Mer. Alt. | 10° 14′ 30″ |
| I. E. | − 4 |
| | 10 10 30 |
| Dip | − 4 24 |
| App. Alt. | 10 6 6 |
| Ref. | − 5 17 |
| T. Alt. | 10 0 49 |
| Polar Dist | 27 50 18 |
| Latitude = | 37° 51′ 7″N |

(101) 測日或星將近子午線上之高度求緯度法 (Lat by Alt. of Sun or Star Near Meridian 或稱 Ex-Mer. Alt)




NWSE 爲一平面。Z 爲天頂。P 爲天球極。NZS 爲天球子

午線。B爲相近子午線之天象。P爲極距。C爲補緯。Z爲頂距。h爲時角。可得下列之公式。

$$\operatorname{Sin}\frac{x}{2} = \operatorname{Sin} p \operatorname{Sin} c \operatorname{Cosec} z \operatorname{hav} h$$

$$\therefore\quad \operatorname{Sin}\frac{1}{2}\text{Reduction} = \operatorname{Cos} d \operatorname{Cos} l \operatorname{Cosec} z \operatorname{hav} h$$

法則 (a) 求大約標準平時。 (b) 將經線儀之差加(遲)或減(快)於經線儀之時中。則爲正確之標準平時。 (c) 依正確之標準平時。求時差與赤緯。 (d) 再將時差依其漸大漸小加減於標準平時中。則變爲標準眞時。更以經度時依其E或W而加減之。則爲時角矣。(但求星之時角。須於標準平時後。卽加減經度時。變爲本地平時。再加以想像太陽之赤經。減以星之赤經。則爲時角矣。) (e) 依上之公式求得約數(Reduction)。 (f) 求眞正高度。加入求得之約數。則爲子午線之高度。以90°減之。則爲子午線之頂距。再與赤緯相加(同邊)或相減(異邊)。其和或差。卽爲求得之緯度。

(例一)1923年七月廿日午前平時$11^h\ 15^m$。大約在Lat 28°S, long 177° 30′W之地。測得太陽之高度爲$\odot$ 39° 53′ 30″。其時經線儀指示$11^h\ 40^m\ 47^s$。但該儀較標準平時快$27^m\ 44^s$. 眼高爲16呎。求該地之緯度若干。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 七月二十日午前平時 | $11^h$ | $15^m$ | 經度 | 177° 30′W |
| | 12 | | | 4 |
| 十九日 | 23 | 15 | 60 | 710 0 |
| 經度時 | 11 | 50 | | $11^h$ $50^m$ |
| 大約標準平時廿日 | $11^h$ | $5^m$ | | |

| 日之赤緯 | 時差 |
|---|---|
| 20° 48′.9N | $6^m$ $7^s.1$ |
| − 5.1 | + 1.9 |
| 20° 43′.8N | $6^m$ $9^s$ +To A. T. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 每時之差 | .46 | 每時之差 | 17 |
| | 11.2 | | 11.2 |
| | 672 | | 784 |
| | 448 | | 112 |
| | 5.152 | | 1.904 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 經線儀時 | $11^h$ | $40^m$ | $47^s$ |
| 較快時刻 | − | 27 | 44 |
| 標準平時 | 11 | 13 | 3 |
| 時差 | − | 6 | 9 |
| 標準眞時 | 11 | 6 | 54 |
| 經度時 | −11 | 50 | 0 |
| 西邊時角 | 23 | 16 | 54 |
| 東邊時角 | $0^h$ | $43^m$ | $6^s$ |

$$\text{Sin}\,\frac{x}{2} = \text{Cos d Cos l Cosec z hav h}$$

| | | |
|---|---|---|
| 赤緯＝$20°43'8$ | Cos | 9.97092 |
| 緯度＝$28°$ | Cos | 9.94593 |
| 頂距＝$50°6'30''$ | Cosec | 0.11508 |
| 時角＝$43^m 6^s$ | hav | 7.94525 |
| $\text{Sin}\frac{x}{2}$ | | 7.97718 |

$$\therefore \quad \frac{x}{2}=32'40''$$

$$\therefore \quad x=32'40''\times 2=\underline{1°5'20''}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 初測高度 | 39° | 53′ | 30″ |
| 高度之改正 (P.6.) | ＋ | 10 | 48 |
| 眞正高度 | 40 | 4 | 18 |
| 約數 | ＋1 | 5 | 20 |
| 子午線上之高度 | 41 | 9 | 38 |
| | 90 | | |
| 子午線上之頂距 | 48° | 50′ | 22″S |
| 赤緯 | 20° | 43′ | 48″N |
| 緯度 | 28° | 6′ | 34″S |

(例二) 1923年四月十六日午前平時$11^h 25^m$。船大約在Lat 51°33′N, long 172°47′30″E之海中。測得太陽之高度爲☉47°52′20″。其時經線儀正指$0^h 50^m 52^s$。該儀較標準平時快$45^m 17^s$。器差爲＋1′20″。眼高爲25呎。求船航至若何緯度。

April $16^{th}$ $11^h$ $25^m$ a.m. S.M.T.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 12 | long | 172° 47′E |
| | $15^{th}$ $23^h$ $25^m$ | | 4 |
| Long in Time | 11 31 8 | 60 | 691 8 |
| G. D. Nly | $15^{th}$ $11^h$ $53^m$ $52^s$ | | $11^h$ $31^m$ $8^s$ |
| Time by Chron | $0^h$ $50^m$ $52^s$ | Decl | 9° 51′.3 |
| Fast | − 45 17 | | 10.6 |
| | 0 5 35 | | 9° 40′.7N |
| | 12 | Var | 0′.89 |
| G.M.T. | $15^d$ $12^h$ $5^m$ $35^s$ | | 11.9 |
| Eq. of Time | − 8.6 | | 10.591 |
| G.A.T. | $15^d$ 15 5 26.4 | Eq. of Time | $1^s.3$ |
| long | 11 31 8 | | 7.3 |
| W.H.L. | $23^h$ $36^m$ $34^s.4$ | +To A. T. | $8^s.6$ |
| E.H.L. | $0^h$ $23^m$ $25^s.6$ | Var | 0.61 |
| | | | 119 |
| | | | 7.259 |

$\mathrm{Sin}\frac{x}{2}\,\mathrm{Cos\,d\,Cos\,l\,Cosec\,z\,hav\,H}$

| | | |
|---|---|---|
| $d = 9^\circ\ 40'7$ | Cos | 9.99378 |
| $l = 51^\circ\ 33'$ | Cos | 9.79367 |
| $z = 42^\circ\ 7'\ 40''$ | Cosec | 0.17340 |
| $\angle H = 23^m\ 25^s.6$ | hav | 7.41680 |
| $\sin\frac{x}{2}$ | | 7.37765 |

$$\frac{x}{2} = 8'\,10''$$

$$\therefore\quad x = 8'\,10'' \times 2 = \underline{16'\,20''}$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Obs. Alt. | 47° | 52′ | 20″ | |
| I. E. | + | 1 | 20 | |
| | 47 | 53 | 40 | |
| Cor (Tab. P. 6.) | + | 10 | 18 | |
| T. Alt. | 48 | 3 | 58 | |
| Reduction | + | 16 | 20 | |
| Mer. Alt. | 48 | 20 | 18 | |
| Z. D. | 41 | 39 | 42 | N |
| Decl | 9 | 40 | 42 | N |
| Latitude = | 51° | 20′ | 24″ | N |

(例三) 1923, July 3rd, at about $8^h$ P.M., in lat D. R. 12°N, long 72° 30′E, when a chronometer showed $3^h\ 35^m\ 0^s$ which was fast on G.M.T. $3^m\ 40^s$, the observed altitude of Jupiter near the meridian was 62° 24′ 0″, H. E. 16 feet, required the latitude.

$$\begin{array}{lrrl}
\text{1923 July} & 3^d & 8^h & 0^m \\
\text{L. T.} & - & 4 & 50 \\
\hline
\text{1923 July} & 3^d & 3^h & 10^m \text{ G. D. Nearly}
\end{array}$$

$$\begin{array}{rl}
\text{Long} & 72^\circ\ 30'\text{E} \\
 & \quad\ 4 \\
\hline
60 | & 290\quad 0 \\
\text{Long in Time} & \underline{4^h\ 50^m}
\end{array}$$

$$\begin{array}{rrrl}
\text{Chron T.} & 3^h & 35^m & 0^s \\
\text{Fast} & - & 3 & 40 \\
\hline
\text{G.M.T.} & 3 & 31 & 20 \\
\text{Long} & 4 & 50 & \quad\text{E} \\
\hline
\text{S.M.T.} & 8 & 21 & 20 \\
\text{M}\odot\text{R.A.} & 6 & 41 & 56.8 \\
 & & & 29.6 \\
 & + & & 4.9 \\
\hline
\text{R. A. Mer} & 15 & 3 & 51.3 \\
\text{*R.A.} & 14 & 28 & 15 \\
\hline
\text{*W.H.L.} & 0 & 35^m & 36^s.3
\end{array}$$

$$\text{Sin}\frac{x}{2} = \text{Cos d Cos l Cosec z hav H}$$

| | | |
|---|---|---|
| $d=13°\ 30'S$ | Cos | 9.98783 |
| $l=12°$ | Cos | 9.99040 |
| $z=27°\ 36'$ | Cosec | 0.33414 |
| $*\angle H=35^m\ 36^s$ | hav | 7.77960 |
| | $\text{Sin}\frac{1}{2}$ | 8.09197 |

$\frac{1}{2}\text{Redu}=42'\,25''$

$\therefore\ x=42'\,25''\times 2=\underline{1°\,24'\,50''}$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Obs. Alt. | 62° | 24′ | 0″ |
| Cor (Tab. P. 8.) | − | 4 | 30 |
| True Alt. | 62 | 19 | 30 |
| Reduction | +1 | 24 | 50 |
| Mer Alt | 63 | 44 | 20 |
| Mer Z. D. | 26 | 15 | 40 N |
| Decl | 13 | 30 | S |
| Latitude = | 12° | 45′ | 45″N |

(例 四) 1923, June 17th, A.M. at ship, in lat by accessibly 31° 31′N, long 142° 35′E, the Obs. Alt. of the Star Altair West of the Meridian was 66° 34′ 50″, bearing south, I. E. +3′ 15″, H. E. 19 ft, the astronomical time by chron was 16 day $0^h\ 3^m\ 46^s$, which was $4^h\ 22^m\ 6^s$ slow of M.T.S., required the latitude.

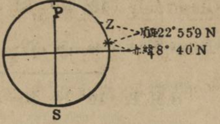
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Chron July | $16^d$ | $10^h$ | $3^m$ | $46^s$ |
| Error Slow | + | 4 | 22 | 6 |
| S.M.T. | $16^d$ | 14 | 25 | 52 |
| | | 9 | 30 | 20 |
| G.M.T. | $16^d$ | $4^h$ | $55^m$ | $32^s$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| S.M.T. | $14^h$ | $25^m$ | $52^s$ |
| M⊙R.A. | 5 | 34 | 55.3 |
| | | | 39.4 |
| | | | 9.0 |
| R. A. of Mer | 20 | 1 | 35.7 |
| *R. A. | 19 | 47 | 4.1 |
| *W.H.L. | $0^h$ | $14^m$ | $31^s.6$ |

| | | |
|---|---|---|
| $d = 8°\ 40'$ N | Cos | 9.99501 |
| $l = 31°\ 31'$ | Cos | 9.93069 |
| $z = 23°\ 25'.2$ | Cosec | 0.40060 |
| $h = 14^m\ 31^s.6$ | hav | 7.00210 |
| | $\text{Sin}\frac{x}{2}$ | 7.32840 |

$\frac{1}{2}\text{Red} = 7'\ 20''$

$\therefore\quad x = 7'\ 20'' \times 2 = \underline{14'\ 40''}$




| | |
|---|---|
| Obs Alt | 66° 34′ 50″ |
| I. E. | + 3 15 |
| | 66 38 5 |
| Corr | + 11 20 |
| T. Alt. | 66 49 25 |
| Reduction | + 14 40 |
| Mer. Alt. | 67 4 5 |
| | 90 |
| Mer. Z. D | 22 55 55 N |
| Decl | 8 40 N |
| | Lat=31° 35′ 55″N |

(102) 測月在上極子午線上之高度求緯度法 (Latitude by Meridian Altitude of Moon Above Pole)

(法則) (a) 依航海日曆中求月經過子午線之時。加減經度時。則爲標準平時。(b) 依標準平時求月之赤緯,半徑差,及視差(法則見前第二節十四與十五項)。(c) 求眞正高度。以90°減之。則爲頂距。再與赤緯相加(同邊)或減(異邊)。其和或差。則爲緯度矣。

(例一) 1923年正月十日午後。有船在long 5° 30′E某海中航行。其測得月在子午線上之高度為☽ 10° 20′ 30″。月在天頂之南。器差為 −2′ 20″。眼高為14呎。求該船在何緯度。

| | | |
|---|---|---|
| 正月九日經過子午線之時 | $18^h$ $10^m$ $0^s$ | Diff $52^m$ |
| | 48 | 5.5 |
| | 18 10 48 | 360 \| 286 |
| 經度時 | 22 | 0.8 |
| 標準平時九日 | $17^h$ $48^m$ $48^s$ | 經度 5° 30′E |
| | | 4 |
| | | 60 \| 22 |
| | | $22^m$ |
| 月之赤緯 | 6° 11′.4 | 兩時差 21′.1 |
| | − 2.1 | .2 |
| | 6° 9′.3S | 2 \| 4.22 |
| | | 2.11 |
| 月之半徑差 | 16′ 7″0 | 每時差 0.1 |
| | + .6 | 6.2 |
| | 16′ 7″.6 | .62 |
| 〔依高度與半徑差在航海表中查之 (P. 19)〕 | + 3′ | |
| | 16′ 10″.6 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 月之視差 | 59′ 7″ | | 每時差 | 0.4 |
| | + 2.5 | | | 6.2 |
| | 59′ 9″.5 | | | 2.48 |
| 〔依視差與大約緯度在航海表中查之 (P. 19)〕 | − 11 | | | |
| | 58′ 58″.5 | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 初測高度 | 10° | 20′ | 30″ | |
| 器差 | − | 2 | 20 | |
| | 10 | 18 | 10 | |
| 眼高差 | − | 3 | 41 | |
| | 10 | 14 | 29 | |
| 半徑差 | | 16 | 10.6 | |
| 改正高度 | 10 | 30 | 39.6 | |
| 〔依上之視差與高度在表中查之 (P. 20−25)〕 | + | 58 | | |
| | 11 | 28 | 39.6 | |
| 折光差 | − | 5 | 6 | |
| 眞正高度 | 11 | 23 | 33.6 | |
| | 90 | | | |
| 頂距 | 78 | 36 | 26.4 | N |
| 赤緯 | 6 | 9 | 18 | S |

緯度 = 72° 27′ 8″.4N

(例二) 1923年二月四日。在 long 72° 18′W 之地。以人造平面測得月在子午線上之高度爲 $\underline{\odot}$ 80° 43′ 30″。天頂在月之北。器差爲 +3′ 40″。試求該地之緯度若干。

$$\begin{array}{rrrrl}
\text{Feb. } 3^d & 14^h & 19^m & 0^s & \\
 & + & 10 & 50 & \\
\hline
3^d & 14 & 29 & 50 & \\
\text{L. T.} & 4 & 49 & 12 & \\
\hline
\text{Feb. } 3^d & 19^h & 19^m & 2^s & \text{G. D.}
\end{array}$$

$$\begin{array}{rr}
\text{Diff} & 72.3 \\
 & 54^m \\
\hline
360 & \underline{)3904.2} \\
 & 10.84
\end{array}$$

$$\begin{array}{rr}
\text{Long} & 72^\circ\ 18'\text{W} \\
 & 4 \\
\hline
60 & \underline{)289\quad 12} \\
 & \underline{4^h\ 49^m\ 12^s}
\end{array}$$

$$\begin{array}{rrrr}
\text{Decl} & 4^\circ & 6' & 0''\text{N} \\
 & - & 14 & 41 \\
\hline
 & \underline{3^\circ} & \underline{51'} & \underline{19''}
\end{array}
\qquad
\begin{array}{rr}
\text{Var} & 22.6' \\
 & 1.3 \\
\hline
2 & \underline{)29.38} \\
 & 14.69'
\end{array}$$

| | | |
|---|---|---|
| ☽'s S. D. | 16′ 23″ | Var 00′ |
| | 0 0 | 4.7 |
| | 16 23 | 0 |
| | + 11 | |
| | 16′ 34′ | |
| ☽'s H. P. | 60′ 7″ | Var 0.1″ |
| | − .47 | 4.7 |
| | 60′ 6.53 | .47″ |
| | − 7 | |
| | 59′ 59″.53 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alt in Art. hor. | 80° | 43′ | 30″ |
| I. E. | + | 3 | 40 |
| 2 | 80 | 47 | 10 |
| | 40 | 23 | 35 |
| S. D. | + | 16 | 34 |
| App. Alt. | 40 | 40 | 9 |
| Par | + | 45 | 24 |
| | 41 | 25 | 33 |
| Ref | − | 1 | 10 |
| T. Alt | 41 | 24 | 23 |
| Z. D. | 48 | 35 | 37 N |
| Decl | 3 | 51 | 19 N |
| Lat = | 52° | 26′ | 56″N |

(例 三) 1923, July 5th, at Ship, in long. 33° 30′E, the Observed Meridian Altitude of ☾ was 25° 42′ 0″, Z. N., the index error +2′ 10″, and height of eye 20ft. Required the latitude.

| | | | |
|---|---|---|---|
| July | $4^d$ | $17^h$ | $24^m$ |
| | | | 4 |
| | | 17 | 20 |
| | | 2 | 14 |
| G. D. July | $4^d$ | $15^h$ | $6^m$ |

Diff 33.5

$43^m$

360 | 1440.5

4.0

| | | | |
|---|---|---|---|
| Decl | 59′5 | Var | 19.2′ |
| | 10.56 | | 1.1 |
| | 48′.94S | | 2 \| 21.12 |
| | | | 10.56′ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ☽'s S. D. | 14′ 52″ | Var | 0″.2 |
| | + 2 | | 8.9 |
| | 14 54 | | 1.78 |
| | + 6 | | |
| | 15′ 0″ | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ☽'s H.P. | 54′ 34″ | Var | 0.8 |
| | + 7 | | 8.9 |
| | 54 41 | | 7.12 |
| | − 8 | | |
| | 54′ 33″ | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Obs Mer Alt | 25° | 42′ | 0″ | |
| I. E. | + | 2 | 10 | |
| | 25 | 44 | 10 | |
| Dip | − | 4 | 24 | |
| | 25 | 39 | 46 | |
| S. D. | − | 15 | | |
| App. Alt. | 25 | 24 | 46 | |
| Par | + | 49 | 18 | |
| | 26 | 14 | 4 | |
| Ref. | − | 2 | 3 | |
| T. Alt. | 26 | 12 | 1 | |
| Z. D. | 63 | 47 | 59 | N |
| Decl | | 48 | 56 | S |
| Latitude = | 62° | 59′ | 3″ | N |

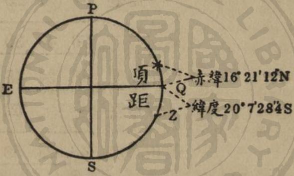


(103) 測恆星在上極子午線上之高度求緯度法 (Latitude by Meridian Altitude of Star above Pole) 當夜間無日月時。則以此法求緯度最為便利。因恆星無視差,半徑差。故改正

其高度。祇須加減器差，眼高差，及折光差而已。當測某星高度之先。須依前第二節第十六項之法。求某星何時經過子午線。待至其時再測之。

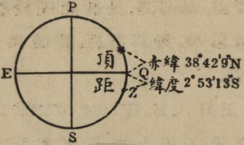
法則　加減器差，眼高差，及折光差於初測高度中。則爲眞正之高度。再減以90°。則爲頂距。然後與赤緯相加(同邊)或相減(異邊)卽得。

(例一) 1923年正月八日。在 long 40° 24′E 之地。測得 ∝ Tauri (Aldebaran) 星在子午線上之高度爲 53° 37′。頂點在星南方。器差 −0′ 40″。眼高 19 呎。求該地之緯度若干。



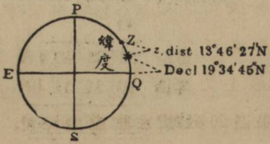

| | | | |
|---|---|---|---|
| 初測高度 | 53° | 37′ | 0″ |
| 器差 | − | 0 | 40 |
| | 53 | 36 | 20 |
| 眼高差 | − | 4 | 17.4 |
| | 53 | 32 | 2.6 |
| 折光差 | − | | 43 |
| 眞正高度 | 53 | 31 | 19.6 |
| | 90 | | |
| 頂距 | 36 | 28 | 40.4 S |
| 赤緯 | 16 | 21 | 12 N |
| 緯度＝ | 20° | 7′ | 28.4 S |

(例二) 1923年六月三十日。用人造平面測得 ∝ Lyroc (Vega) 星在子午線上之高度爲 96° 50′ 50″。星在頂點之北。器差爲 −1′ 20″。試求求其緯度。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 用人造平面所測得子午線上之高度 | 96° | 50′ | 50″ |
| 器差 | − | 1 | 20 |
| 2 | 96 | 49 | 30 |
| 改正高度 | 48 | 24 | 45 |
| 折光差 | − | | 52 |
| 眞正高度 | 48 | 23 | 53 |
| 頂距 | 41 | 36 | 7 S |
| 赤緯 | 38 | 42 | 54 N |
| 緯度＝ | 2° | 53′ | 13″S |

(例三) 1923, May 23rd, in long 96° 50′E, the Obs. Mer. Alt. of the Star ∝ Bootis (Areturus) was 76° 20′ 10″, Z. N., I. E. −1′ 15″, H. E. 27 ft. Find the Latitude.



| | | | |
|---|---|---|---|
| Obs. Mer. Alt. | 76° | 20′ | 10″ |
| I. E. | − | 1 | 15 |
| | 76 | 18 | 55 |
| Dip | − | 5 | 7 |
| App. Alt. | 76 | 13 | 48 |
| Ref | − | | 15 |
| True Alt | 76 | 13 | 33 |
| | 90 | | |
| Z. Dist | 13 | 46 | 27 N |
| Decl | 19 | 34 | 45 N |
| Latitude = | 33° | 21′ | 12″N |

(104) 測行星在上極子午線上之高度求緯度法 (Latitude by Meridian Altitude of Planet above Pole)

法則 (a)依前第二節第十六項之法。求某行星經過子午線之時間。與經度時相加(W)或相減(E)。則爲標準平時。(b)求該星之赤緯。其每日之差。以標準時乘後。以24小時除之。方爲每時之差。然後加減於赤緯。(c)加減器差,眼高差折光差於初測高度中。變爲眞正高度。減以90°度。其差則爲頂距。再以星之赤緯與之相加(同邊)相減(異邊)。卽得緯度。

(例一) 1923年五月四日。在long 42° 10′W之處。測得木星(Jupiter)在子午線上之高度爲 * 16° 42′ 10″。天頂在星之北方。器差爲 +1′。眼高20呎。試求該處之緯度。

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 五月三日經過子午線之時 | $12^h$ | $6^m$ | $0^s$ | 差數 | $5^m$ |
| | − | | 36 | 經度 | 42.2 |
| 平時 | 12 | 5 | 24 | 360 | 211.0 |
| 經度時 | 2 | 48 | 40 | | .6 |
| 標準平時 $3^d$ | $14^h$ | $54^m$ | $4^s$ | | |
| 赤緯 | 14° | 50′ | 4″ | 每日差 | 2′.2 |
| | | | 50 | | 9.1 |
| | 14° | 50′ | 54″S | 24 | 20.02 |
| | | | | | .83 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 初測高度 | 16° | 42′ | 10″ | |
| 器差 | + | 1 | 0 | |
| | 16 | 43 | 10 | |
| 眼高差 | − | 4 | 24 | |
| 改正高度 | 16 | 38 | 46 | |
| 折光差 | − | 3 | 13 | |
| 眞正高度 | 16 | 35 | 33 | |
| | 90 | | | |
| 頂距 | 73 | 24 | 27 | N |
| 赤緯 | 14 | 50 | 54 | S |
| 緯度＝ | 58° | 33′ | 33″ | N |

(例二) 1923 年十一月廿七日。在 long 100°W 之某海中航行。夜間測得火星 (Mars) 在子午線上之高度爲 32° 10′ 10″。天

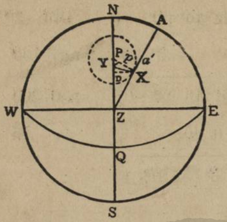
頂在星之南方。器差－2′。眼高16呎。求船在何緯度中。

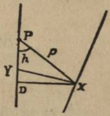
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nov. $26^{th}$ Mer Pass in | $21^h$ | $16^m$ | $0^s$ | Diff | $2^m$ |
| | | | 33 | long | 100 |
| S.M.T. $26^{th}$ | 21 | 15 | 27 | 360 | 200 |
| | 6 | 40 | | | .55 |
| G.M.T. Nov. $27^{th}$ | $3^h$ | $55^m$ | $27^s$ | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Decl | 9° 5′.3 | Var | 14′.2 |
| | + 2.3 | | 3.9 |
| | 9° 7′.6 | 24 | 55.38 |
| | | | 2.3 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Obs. Mer. Alt. | 32° | 40′ | 10″ | |
| I. E. | − | 2 | | |
| | 32 | 38 | 10 | |
| Dip | − | 3 | 56 | |
| App. Alt | 32 | 34 | 14 | |
| Ref | − | 1 | 31 | |
| True Alt | 32 | 32 | 43 | |
| | 90 | | | |
| Z. Dist | 57 | 27 | 17 | S |
| Decl | 9 | 7 | 36 | S |
| Lat = | 66° | 34′ | 53″ | S |

## (105) 測極星之高度求緯度法 (Latitude by Pole Star)




NESW 爲地平圈。Z 爲頂點。NS 爲天球子午線。P 爲天球北極。X 爲北極星。ZQ＝NP。爲緯度。a (AX) 爲高度。p (PX) 爲極距。z (XZ) 爲頂距。h 爲時角。卽 ∠ZPX。自 X 引子午線之垂線 XD。并使 NY＝AX＝高度。

$$\therefore \quad \text{Lat} = \text{NP} = \text{NY} - \text{YP} = \text{NY} - (\text{PD} - \text{YD})$$

$$= \text{NY} - \text{PD} + \text{YD}$$

卽 $\text{Lat} = a - p\,\text{Cos}\,h + \dfrac{p^2\,\text{Sin}^2\,h}{2}\tan a \sin 1''$

法則 (a) 依平時求標準平時。(b) 依標準平時。於日曆中查得想像太陽之赤經。與平時相加。則爲恆星時。(c) 求得眞正高度。減去一分。再依恆星時於日曆之極星第一表中查得第一差數。依其正負號加減於眞正高度中。又以恆星時及高度於第二表中查得第二差數。更以恆星之時日於第三表中查得第三差數。將此二數加入眞正高度中。其和卽爲緯度。

(例一) 1923 年五月廿九日午後平時 $11^h\ 17^m$。在 long 35° 45′W 之地。測得極星之高度爲 37° 22′ 30″。器差爲 −0′ 20″。眼

高16呎。求該地之緯度若干。

| | |
|---|---|
| 五月廿九日午後平時 | $11^h\ 17^m$ |
| 經度時 | $+\ 2\ \ 23$ |
| 標準平時 | $29^d\ 13^h\ 40^m$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 想像太陽之赤經 | $4^h$ | $23^m$ | $57^s.3$ |
| | | 2 | 8.1 |
| | + | | 6.6 |
| | 4 | 26 | 12 |
| 平時 | +11 | 17 | 0 |
| 恆星時 | $15^h$ | $43^m$ | $12^s$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 初測高度 | $37°$ | $22'$ | $30''$ | |
| 器差 | − 0 | | 20 | |
| | 37 | 22 | 10 | |
| 眼高差等 | − 5 | | 18 | (查航海表第八頁) |
| 眞正高度 | 37 | 16 | 52 | |
| | − 1 | | | (此乃恆數常自高度中減去之) |
| | 37 | 15 | 52 | |
| 第一差數 | + 55 | | 49 | |
| 第二差數 | + 0 | | 7 | |
| 第三差數 | + 1 | | 24 | |
| 緯度＝ | $38°$ | $13'$ | $12''$N | |

(例二) 1923年四月十四日平時午後$10^h\ 30^m$。在西經$6°$

30′海洋中測得極星之高度爲49° 1′ 10″。器差爲＋0′ 10″。眼高15呎。求船之緯度若何。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 四月十四日午後平時 | | $10^h$ | $30^m$ |
| 經度時 | | ＋ | 26 |
| 標準平時 | $14^d$ | $10^h$ | $56^m$ |
| 想像太陽之赤經 | $1^h$ | $26^m$ | $32^s.4$ |
| | | 1 | 38.6 |
| | ＋ | | 9.1 |
| | 1 | 28 | 20.1 |
| 平時 | 10 | 30 | |
| 恆星時 | $11^h$ | $58^m$ | $20^s.1$ |
| 初測高度 | 49° | 1′ | 10″ |
| 器差 | ＋ | | 10 |
| | 49 | 1 | 20 |
| 眼高差等 | － | 4 | 36 |
| 眞正高度 | 48 | 56 | 44 |
| | | 1 | |
| | 48 | 55 | 44 |
| 第一差數 | ＋ | 0 | 24 |
| 第二差數 | ＋ | | 7 |
| 第三差數 | ＋ | 1 | 30 |

緯度＝48° 57′ 45″N

(例三) 1923年九月廿九日午前平時 $3^h 47^m$。在西經 $122°$ 之處。測得極星之高度為 $24° 33' 20''$。器差 $-2' 20''$。眼高22呎。求該處之緯度。

$$
\begin{array}{lrrrl}
\text{Sept. } 28^{th} & 15^h & 47^m & 0^s & \text{M.T.P.} \\
\text{Long in Time} & 8 & 11 & 20 & \\
\hline
\text{Sept. } 28^{th} & 23^h & 58^m & 20^s & \text{G.M.T.} \\
\hline
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lrrr}
\text{M}\odot\text{R.A.} & 12^h & 24^m & 57^s \\
 & & 3 & 46.7 \\
+ & & & 9.6 \\
\hline
 & 12 & 28 & 53.3 \\
\text{M.T.P.}+ & 15 & 47 & \\
\hline
 & 4^h & 15^m & 53^s.3 \quad \text{Sidereal Time} \\
\hline
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lrrr}
\text{Obs. Alt.} & 24° & 33' & 20'' \\
\text{I. E.} & - & 2 & 20 \\
\hline
 & 24 & 31 & 0 \\
\text{Cor} & - & 6 & 42 \\
\hline
\text{T. Alt.} & 24 & 24 & 18 \\
 & & 1 & \\
\hline
 & 24 & 23 & 18 \\
1^{st}\ \text{Cor}^n & - & 50 & 22 \\
\hline
 & 23 & 32 & 56 \\
2^{nd}\ \text{Cor}^n & + & & 7 \\
3^{rd}\ \text{Cor}^n & + & & 32 \\
\hline
\text{Latitude} = & 23° & 33' & 35''\ \text{N} \\
\hline
\end{array}
$$

（例四）1923年二月十三日午前平時 $1^h\ 45^m$。某船在 long $28°\ 32'E$ 之處。測得極星之高爲 $34°\ 10'\ 0''$。眼高29呎。其時經線儀正指 $0^h\ 36^m\ 25^s$。該儀較標準平時快 $44^m\ 20^s$。求船所在之緯度。

$$\begin{array}{rrrrl}
\text{Feb. } 12^d & 13^h & 45^m & 0^s & \text{S.M.T.} \\
\text{L. T.} & 1 & 54 & 8 & \\
\hline
\text{Feb. } 12^d & 11^h & 50^m & 52^s & \text{G. D.}
\end{array}$$

$$\begin{array}{rrr}
\text{Long} & 28° & 32'E \\
 & & 4 \\
\hline
60 | & 114 & 8 \\
\hline
 & 1^h\ 54^m & 8^s
\end{array}$$

$$\begin{array}{rrrr}
\text{Time by Chron} & 12^h & 36^m & 25^s \\
 & - & 44 & 20 \\
\hline
\text{G.M.T. Feb. } 12^d & 11^h & 52^m & 5^s \\
\text{Long in Time} & 1 & 54 & 8 \\
\hline
\text{S.M.T.} & 13^h & 46^m & 13^s
\end{array}$$

$$\begin{array}{rrrr}
\text{M}\odot\text{R.A.} & 21^h & 26^m & 2'.7^s \\
 & 1 & 48 & 24.0 \\
 & & & 8.2 \\
\hline
 & 23 & 14 & 34.9 \\
\text{S.M.T.} & 13 & 46 & 13 \\
\hline
\text{Sidereal Time} & 13^h & 0^m & 47^s.9
\end{array}$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Obs Alt | 34° | 10′ | 0″ | |
| Cor$^n$ | — | 6 | 42 | (Tab. P. 8) |
| T. Alt | 34 | 3 | 18 | |
| | — | 1 | | |
| | 34 | 2 | 18 | |
| 1$^{st}$ Cor$^n$ + | 1 | 5 | 19 | |
| 2$^{nd}$ Cor$^n$ + | | | 1 | |
| 3$^{rd}$ Cor$^n$ + | | 1 | 10 | |
| Latitude = | 35° | 8′ | 48″N | |

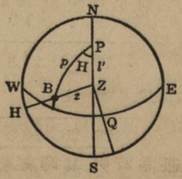
(例五) 1923, Jan. 20$^{th}$, P.M. at Ship, in long 174° 28′W, when the Correct G.M.T. by Chronometer was 20$^{th}$ Day 18$^h$ 5$^m$ 52$^s$ (Astro), the Obs. Alt. of Pole Star was 43° 45′ 10″, I. E. +1′ 30″, H. E. 23 ft. Find the latitude.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T. by Chron | 20$^d$ | 18$^h$ | 5$^m$ | 52$^s$ | G.M T. |
| Long in Time | | 11 | 37 | 52 | |
| S.M.T. | 20$^d$ | 6$^h$ | 28$^m$ | 0$^s$ | |
| M☉R.A. | | 19$^h$ | 55$^m$ | 21$^s$.9 | |
| | | | 2 | 57.4 | |
| | | | | 1.0 | |
| | | 19 | 58 | 20.3 | |
| S.M.T. | | 6 | 28 | | |
| | | 26 | 26 | 20.3 | |
| Sid. T. | | 2$^h$ | 26$^m$ | 20.$^s$3 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Obs. Alt. | | 43° | 45′ | 10″ | |
| I. E. | + | | 1 | 30 | |
| | | 43 | 46 | 40 | |
| Cor$^n$ | − | | 5 | 42 | (Tab. P. 8.) |
| T. Alt. | | 43 | 40 | 58 | |
| | | | 1 | | |
| | | 43 | 39 | 58 | |
| 1$^{st}$ Cor$^n$ | − | 1 | 4 | 17 | |
| | | 42 | 35 | 41 | |
| 2$^{nd}$ Cor$^n$ | + | | | 2 | |
| 3$^{rd}$ Cor$^n$ | + | | | 52 | |
| Latitude = | | 42° | 36′ | 35″N | |



(106) 測日之高度及經線儀之差求經度法 (Longitude by Sun Chronometer)



設 NESW 爲地平圈。P 爲天球極。Z 爲天頂。NS 爲子午線。WQE 爲天球赤道。B 爲天象。P 爲極距。Z 爲頂距。l′ 爲補緯。∠BPZ 爲時角。

依球面三角 PBZ 求時角 P。可得下列之公式。

$$\text{Hav H}=\text{Cosec l}'\ \text{Cosec p}\sqrt{\text{hav}\,(z+\overline{l'\backsim p})}\sqrt{\text{hav}\,(z-\overline{l'\backsim p})}$$

即 $$\text{Hav H}=\text{Sec l Sec d}\sqrt{\text{hav}\,(z+\overline{l\pm d})}\sqrt{\text{hav}\,(z-\overline{l\pm p})}$$

或 $$\underline{\underline{\text{Hav H}=\text{Sec l Sec d}\sqrt{\text{hav S}}\sqrt{\text{hav D}}}}$$

法則 (a)依平時與大約經度求大約標準平時。(b)依前第二節十一項。求正確標準平時。(c)求赤緯及時差。(d)求眞正高度。減以 90 度。得頂距。(e)依上公式求太陽之時角。(若緯度與赤緯同名。則 l∾d。若爲異名。則 l+d。其時角在午前。則用表之下邊者。若在午後。須用上邊者。) (f)求得之時角。即太陽之眞時。將時差依其正負號加減之。則變爲正確平時。再以之與正確標準平時相減。(視日之大者減小者。非依鐘點之大者減小者。) 減得之差爲經度時。可乘以 60。除以 4。其商則爲經度矣。若正確平時大於正確標準時。是必爲東經。反之定爲西經。

(例一) 1923 年正月廿九日午後大約平時 $2^h\,8^m$。船在北緯 49° 23′，并大約東經 27° 30′W 之處。測得太陽之高度爲 $\underline{\odot}$ 18° 0′ 20″。器差爲 +2′ 50″。眼高 27 呎，其時經線儀正指 $3^h\ 59^m\ 53^s$。但

該儀在正月二日比標準正午快 $1^m\ 2^s$。其日差爲 $2^s.5$ (益差)。試求船在何經度。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 正月廿九午後平時 | | $2^h$ | $8^m$ | |
| 大約經度時 | | 1 | 50 | |
| 大約標準時 | $29^d$ | $3^h$ | $58^m$ | |

經度 27° 30′W

4

60|110

大約經度時 $1^h.50^m$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 經線儀時 | $3^h$ | $59^m$ | $53^s$ |
| 正月二日之差 | − | 1 | 2 |
| | 3 | 58 | 51 |
| 積差 | − | 1 | 7.7 |

正月 $29^d$ $3^h$ $57^m$ $43^s.3$ 正確標準平時

日差 $2^s.5$

27.08 Days

積差 67.7 or $1^m\ 7^s.7$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 赤緯 | 18° 7′.4 | 時差 | 13ᵐ 9ˢ.6 | |
| | − 2.64 | | 1.84 | |
| | 18° 4′ 76 S | | 13ᵐ 11.44 | 加於眞時 |
| 每時差 | .66′ | 每時差 | 0.46ˢ | |
| | 4 | | 4 | |
| | 2.64 | | 1.84 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 初測高度 | 18° | 0′ | 20″ |
| 器差 | + | 2 | 50 |
| | 18 | 3 | 10 |
| 眼高差 | − | 5 | 7 |
| | 17 | 58 | 3 |
| 半徑差 | + | 16 | 16 |
| 改正高度 | 18 | 14 | 19 |
| 視差 | + | | 8.4 |
| | 18 | 14 | 27.4 |
| 折光差 | − | 2 | 56 |
| 眞正高度 | 18 | 11 | 31.4 |
| | 90 | | |
| 頂距 | 71° | 48′ | 28″.6 |

$$\text{Hav } H = \text{Sec } l \text{ Sec } d\sqrt{\text{hav } S}\sqrt{\text{hav } D}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 緯度 l＝ | 49° 23′ 0″N | Sec | 0.18642 |
| 赤緯 d＝ | 18 4 46 S | Sec | 0.02199 |
| | 67 27 46 | | |
| 頂距 z＝ | 71 48 28.6 | | |
| S＝ | 139 16 14.6 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.97197 |
| D＝ | 4 20 42.6 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 3.57882 |
| 眞時＝ | $1^h\ 50^m\ 56^s$ | hav | 8.75920 |
| 時差＝＋ | 13 11.44 | | |
| 平時＝ | 2 4 7.44 | | |
| 正確標準平時＝ | 3 57 43.3 | | |
| | $1^h\ 53^m\ 35^s.86$ | | |
| | 60 | | |
| 4 | 113 35 52 | | |
| 經度＝ | 28° 23′ 58″W | | |

(例二) 1923年三月廿日午後大約平時$4^d\ 6^m$。在南緯36° 19′。幷東經大約爲177° 41′之處。測得太陽之高度爲⊙24° 0′ 30″。器差爲−4′ 4″。眼高爲23呎。其時經線儀正指$4^h\ 10^m\ 50^s$。該儀在正月十日較標準正午遲$3^m\ 48^s$。其日差爲$0.7^s$ (損差)。

求此處之經度。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 三月廿日午後平時 | | $4^h$ | $6^m$ | $0^s$ |
| 大約經度時 | | 11 | 50 | 44 |
| 大約標準平時 | $19^d$ | $16^h$ | $15^m$ | $16^s$ |

經度　177° 41′E

4

60 | 710　44

大約經度時　$11^h$ $50^m$ $44^s$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 經線儀時 | $19^d$ | $16^h$ | $10^m$ | $50^s$ |
| 正月十日之差 | + | | 3 | 48 |
| | $19^d$ | 16 | 14 | 38 |
| 積差 | + | | | 48 |
| 正確標準平時 | $19^d$ | $16^h$ | $15^m$ | $26^s$ |

日差　0.7′

68.7

積差　48.09

| | | | |
|---|---|---|---|
| 赤緯 | 27′2 | 時差 | 7′ 51″ |
| | +7.6 | | + 5.7 |
| | 34′.8 S | | 7′ 56″.7 加於眞時 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 每時差 | .99 | 每時差 | .74 |
| | 7.7 | | 7.7 |
| | 76.2 | | 5.698 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 初測高度 | 24° | 0′ | 30″ |
| 器差 | − | 4 | 4 |
| | 23 | 56 | 26 |
| 眼高差 | − | 4 | 43 |
| | 23 | 51 | 43 |
| 半徑差 | + | 16 | 5 |
| 改正高度 | 24 | 7 | 48 |
| 視差 | + | | 8 |
| | 24 | 7 | 56 |
| 折光差 | − | 2 | 10 |
| 眞正高度 | 24 | 5 | 46 |
| | 90 | | |
| 頂距 | 65° | 54′ | 14″ |

$$\text{Hav H} = \text{Sec l Sec d}\sqrt{\text{hav S}}\sqrt{\text{hav D}}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| l= | 36° 19′ 0″ S | Sec | 0.09380 |
| d= | 34 48 S | Sec | 0.00002 |
| | 35 44 12 | | |
| z= | 65 54 14 | | |
| S= | 101 38 26 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.88943 |
| D= | 30 10 2 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.41535 |
| 眞時= | $4^h$ $0^m$ $12^s$ | hav | 9.39860 |
| 時差 | + 7 56 6 | | |
| 平時 | 4 8 8.6 | | |
| 正確標準平時 | 16. 15 26 | | |
| | 11 52 42.6 | | |
| | 60 | | |
| | 4\|712 42 36 | | |
| 經度= | 178° $10^m$ 39″E | | |

(例三) 1923年十月三十一日大約在午前平時$8^h$ $37^m$。有船在某處 (Lat 56° 23′N, long 大約爲 3° 24′E)。測得太陽之高度爲☉9° 52′ 20″。器差爲 −3′ 20″。眼高 11 呎。經線儀之時爲 $8^h$ $37^m$ $27^s$。該儀在九月二十三日較標準正午快 $9^m$ $15^s$。其日差爲 $7^s$.9 (盆差)。試求其正確之經度幾何。

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Oct. 31st $8^h$ $37^m$A.M. | | Decl 13° 52′ |
| | 12 | | 2.95 |
| | 30th 20 37 | | 13° 49′.05 S |
| Long in T. | 13 36 | | |
| G. D. Nly Oct. | $30^d$ $20^h$ $23^m$ $24^s$ | | |

Var .82

3.6

29.52

$7^s9 \times 37\ 8 = 298^s.62$

Accum Rate, or $4^m\ 58^s.6$

Eq of T. $16'\ 17''.4$

4

$16°\ 17''$

| | | | |
|---|---|---|---|
| T. by Chron | $20^h$ | $37^m$ | $27^s$ |
| Error | − 9 | | 15 |
| | 20 | 28 | 12 |
| Accum Rate | | 4 | 58.6 |
| G.M.T. Oct. $30^d$ | $20^h$ | $23^m$ | $13^s.4$ |

Var $.12^s$

3.6

.432

| | | | |
|---|---|---|---|
| Obs. Alt. | 9° | 52′ | 20″ |
| I. E. | − | 3 | 20 |
| | 9 | 49 | 0 |
| Dip | − | 3 | 16 |
| | 9 | 45 | 44 |
| S. D. | − | 16 | 8 |
| App. Alt. | 9 | 29 | 36 |
| Par | + | | 8.4 |
| | 9 | 29 | 44.4 |
| Ref | − | 5 | 36 |
| T. Alt | 9 | 24 | 8.4 |
| | 90 | | |

$z = 80°\ 35'\ 51''.6$

$$\text{Hav } H = \text{Sec } l \text{ Sec } d \sqrt{\text{hav } S} \sqrt{\text{hav } D}$$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| l = | 56° | 23′ | 0″N | | Sec | 0.25678 |
| d = | 13 | 49 | 3 S | | Sec | 0.01275 |
| | 70 | 12 | 3 | | | |
| | 80 | 35 | 51.6 | | | |
| S = | 150 | 47 | 54.6 | | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.98574 |
| D = | 10 | 23 | 48.6 | | $\sqrt{\text{hav}}$ | 3.95712 |
| S.A.T. | $20^h$ | $49^m$ | $28^s$ | | hav | 9.21239 |
| Eq. T. | − | 16 | 17 | | | |
| S.M.T. | 20 | 33 | 11 | | | |
| G.M.T. | 20 | 23 | 13.4 | | | |
| | $0^h$ | $9^m$ | $57^s.6$ | | | |
| | 60 | | | | | |
| 4 | 9 | 57.6 | | | | |

Longitude = 2° 29′ 24″ E

(例 四) 1923, Dec. 24th, M.T.P. $9^h$ a.m. Nearly, in Lat 33° 17′N, long by account 141° 40′W, the observed altitude of ☉ was 19° 0′ 0″ I. E. +0′ 20″, H. E. 14 ft. Time by Chronometer $6^h$ $38^m$ $26^s$, which was correct for G. M. Noon on Oct. $13^{th}$, and its Daily Rate was $8^s.3$ Gaining. Find the longitude.

$$
\begin{array}{lrrrl}
\text{Dec. } 24^{th} & 9^h & 0^m & 0^s & \text{A.M.} \\
 & 12 & & & \\
\hline
\text{Dec. } 23^{rd} & 21 & 0 & 0 & \\
\text{Long in T.} & 9 & 26 & 40 & \\
\hline
\text{Dec. } 24^{th} & 6^h & 26^m & 40^s & \text{G. D. Nearly}
\end{array}
$$

From Oct. $14^{th}$ to Dec. $24^{th}$ $6^h$

There Are 72.3 days

$8^s.3 \times 72.3 = 10^m$ Accum Rate

$$
\begin{array}{lrrr}
\text{Time by Chron} & 6^h & 38^m & 26^s \\
 & - & 10 & \\
\hline
\text{G.M.T. Dec. } 24^d & 6^h & 28^m & 26^s
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lrr}
\text{Decl} & 23^\circ & 26'.2 \\
 & - & .2 \\
\hline
 & 23^\circ & 26' \ \text{S}
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lr}
\text{Var} & .03' \\
 & 6.4 \\
\hline
 & .192
\end{array}
$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eq. of T. | $43^s.2$ | | |
| | $-7^s.9$ | | |
| −To A. T. | $35^s.3$ | | |
| Var | 1.24 | | |
| | 6.4 | | |
| | 7.936 | | |
| Obs. Alt. | 19° | 0′ | 0″ |
| I. E. | + | | 20 |
| | 19 | 0 | 20 |
| Dip | − | 3 | 41 |
| | 18 | 56 | 39 |
| S. D. | + | 16 | 17 |
| App. Alt. | 19 | 12 | 56 |
| Par | + | | 8.3 |
| | 19 | 13 | 4.3 |
| Ref. | − | 2 | 46 |
| T. Alt. | 19 | 10 | 18.3 |
| | 90 | | |

Z = 70° 49′ 41″.7

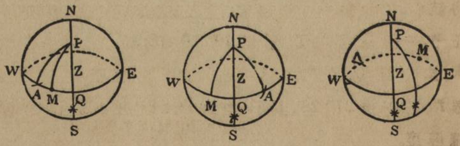
$\text{Hav } H = \text{Sec } l \text{ Sec } d \sqrt{\text{hav } S} \sqrt{\text{hav } D}$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| l = | 33° | 17′ | N | Sec | 0.07781 |
| d = | 23 | 26 | S | Sec | 0.03738 |
| | 56 | 43 | 0 | | |
| Z = | 70 | 49 | 41.7 | | |
| S = | 127 | 32 | 41.7 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.95281 |
| D = | 14 | 6 | 41.7 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.08934 |
| | | | | hav | 9.15734 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| A.T.P. | $21^h$ | $1^m$ | $49^s$ |
| Eq. of T. | − | | 35 |
| M.T.P. | 21 | 1 | 14 |
| G.M.T. | 6 | 28 | 26 |
| | $9^h$ | $27^m$ | $12^s$ |
| | 60 | | |
| | 4⌊567 | 12 | |

Long = 141° 48′W

(107) 測星之高度及經線儀之差求經度法〔Longitude by Star (or Planet) Chronometer〕



NWSE爲地平圈。Z爲天頂。P爲天球極。WQE爲天球赤道。A爲春分點。M爲想像太陽。可得下列之公式。

Right Ascension of Meridian = Sidereal Time

= AQ

= AM + MQ

= M⊙R.A. + M.T.P.

= *R.A. − *E.H.L.

= *R.A. + *W.H.L.

∴ <u>M.T.P. = *R.A. − M⊙R.A.</u>

or M.T.P. = *R.A. − *E.H.L.(or + W*H.L.) − M.⊙R.A.

法則 (a)依平時與大約經度。求大約標準平時。(b)依前第二節十一項求正確標準平時。(c)查星之赤經赤緯。及想像太陽之赤經。(d)求眞正高度。以90°減之。卽變爲頂距。(e)依 $\text{Hav H} = \text{Sec l Sec d}\sqrt{\text{hav S}}\sqrt{\text{hav D}}$ 之公式。求時角。(若緯度與赤緯同邊。則 $l \backsim d$。異邊則 $l+d$。午前時角須用表下邊者。午後用上邊者。) (f)再依公式M.T.P. = *R.A. − M.⊙R.A.求得正確之平時。以之與正確標準平時相減(以日之大者減小者)。其差卽爲經度時。可乘60。除以4。則爲經度矣。若正確平時較正確標準時大。其經度必爲東經。反之。必爲西經。

(例一) 1923年九月三十日約在平時午後$10^h\ 43^m$。某船大約航行於北緯53° 20′西經20°之處。測得∝ Tauri (Aldebaran)星在子午線東邊之高度爲20° 32′ 40″。器差爲 +1′ 46″。眼高28呎。其時經線儀正指$11^h\ 31^m\ 52^s$。但該儀在七月二十七日比標準正午遲$27^m\ 28^s$。其日差爲$3^s.4$損(差試)。求此船所在之正確經度。

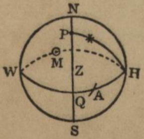
| | |
|---|---|
| 九月三十日午後平時 | $10^h\ 43^m$ |
| 經度時 | 1 20 |
| 大約標準平時 | $12^h\ 3^m$ |
| 經線儀時 | $11^h\ 31^m\ 52^s$ |
| 遲差 | + 27 28 |
| | 11 59 20 |
| 積差 | + 3 43 |
| 正確標準平時九月 $30^d$ | $12^h\ 3^m\ 3^s$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 日差 | $3^s 4$ | 星之赤經 | $4^h\ 31^m\ 32^s.7$ |
| | 65.5 | 星之赤緯 | $16°\ 21'.3$ N |
| 60 | 222.7 | 想像日之赤經 | $12^h\ 32^m\ 50^s.1$ |
| 積差 | $3^m\ 43^s$ | | 1 58.3 |
| | | | + .5 |
| | | | $12^h\ 34^m\ 48^s.9$ |

| | |
|---|---|
| 初測高度 | $20°\ 32'\ 40''$ |
| 器差 | + 1 46 |
| | 20 34 26 |
| 眼高差 | − 5 13 |
| | 20 29 13 |
| 折光差 | − 2 35 |
| 眞正高度 | 20 26 38 |
| | 90 |
| 頂距 | $69°\ 33'\ 22''$ |

$$\text{Hav H} = \text{Sec l Sec d}\sqrt{\text{hav S}}\sqrt{\text{hav D}}$$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 緯度 l= | 53° | 20′ | 0″N | log Sec | 0.22301 |
| 赤緯 d= | 16 | 21 | 18 N | log Sec | 0.01794 |
| | 36 | 58 | 42 | | |
| 頂距 z= | 69 | 33 | 22 | | |
| S= | 109 | 32 | 4 | log√hav | 4.90387 |
| D= | 32 | 34 | 40 | log√hav | 4.44790 |
| 星之時角 H.L.= | $18^h$ | $49^m$ | $45^s$ | log hav | 9.59362 |
| 星之赤經 *R.A.= | 4 | 31 | 33 | | |
| 子午線上赤經 R.A. of Mer= | 23 | 21 | 18 | | |
| 想像日之赤經 M⊙R.A.= | 12 | 34 | 49 | | |
| 正確平時 M.T.P.= | 10 | 46 | 29 | | |
| 正確標準平時 G.M.T.= | 12 | 3 | 3 | | |
| 經度時= | $1^h$ | $16^m$ | $34^s$ | | |
| | 60 | | | | |
| 4 | 76 | 34 | | | |
| 正確經度= | 19° | 8′ | 30″ W | | |




QWH = ∠QPH = *WHL

HA = *R.A.

QWHA = R.A. of Mer

AHM = M⊙R.A.

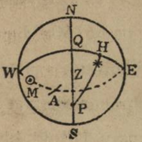
QWM = M.T.P.

(例二) 1923年五月廿三日午後。在南緯25°之處。測$\beta$ Centauri在子午線東邊之高度爲45° 12′ 20″。眼高19呎。其時之天文時在經線上爲廿三日$9^h\ 22^m\ 56^s$。該儀在四月二十八日比標準正午快$7^m\ 22^s$。其日差爲$1^s.4$(損差)。試求其經度。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| May | $23^d$ | $9^h$ | $22^m$ | $56^s$ |
| Err fast | | $-$ | 7 | 22 |
| | | 9 | 15 | 34 |
| Acc rate | | | | 35.6 |
| May | $23^d$ | $9^h$ | $16^m$ | $9^s.6$ G.M.T. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Daily Rate | $1^s.4$ | *R.A. = | $13^h\ 58^m\ 26^s.3$ |
| | 25.4 | *Decl = | 59° 60′ 3 S |
| | 35.56 | M⊙R.A. = | $4^h\ 0^m\ 18^s$ |
| | | | 1 28.7 |
| | | | + 2.8 |
| | | | $4^h\ 1^m\ 49^s.5$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Obs. Alt. | 45° | 12′ | 20″ |
| Dip | $-$ | 4 | 17 |
| App. Alt. | 45 | 8 | 3 |
| Ref. | $-$ | | 58 |
| True Alt. | 45 | 7 | 5 |
| | 90 | | |
| Z. Dist. | 44° | 52′ | 55″ |




QWEH = *WHL

HQWA = *R.A.

QWA = RA of Mer

AM = M⊙RA

QWM = MTP

$\text{Hav } H = \text{Sec } l \text{ Sec } d \sqrt{\text{hav } S} \sqrt{\text{hav } D}$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $l$ = 25° | 8′ S | | Sec | 0.04320 |
| $d$ = 60 | 0.3S | | Sec | 0.30110 |
| 34 | 52.3 | | | |
| Z = 44 | 52.9 | | | |
| S = 79 | 45.2 | | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.80694 |
| D = 10 | 0.6 | | $\sqrt{\text{hav}}$ | 3.94070 |
| *WHL = $21^h$ | $15^m$ | $21^s$ | hav | 9.09194 |
| *R.A. = 13 | 58 | 26.3 | | |
| R. A. of Mer 11 | 13 | 47.3 | | |
| M⊙R.A. 4 | 1 | 49.5 | | |
| M.T.P. 7 | 11 | 57.8 | | |
| G.M.T. 9 | 16 | 9.6 | | |
| $2^h$ | $4^m$ | $11^s.8$ | | |
| 60 | | | | |
| 4 \| 124 | 11.8 | | | |

Long = 31° 2′ 57″ W

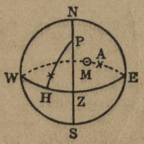
(例 三) 1923, March $27^{th}$, at about $1^h$ $10^m$ a.m. S.M.T., the observed altitude of the Star $\beta$ Leonis, when west of Meridian, was 42° 41′ 30″, I. E. −1′ 24″, H. E. 20 ft. The Latitude was equator, the longitude by account 20°W. Time by chronometer was $3^h$ $42^m$ $42^s$, which was slow of G. M. noon on February $11^{th}$ $6^m$ $10^s$, and its Daily Rate was $2^s$ losing. Required the Longitude.

$$
\begin{array}{lrrr}
\text{Mar } 26^d & 13^h & 10^m & \\
 & 1 & 20 & \\
\hline
\text{G. D. } 26^d & 14^h & 30^m & \text{Nly} \\
\text{Long} & 20'\text{W} & & \\
 & 4 & & \\
\hline
 & 60|80 & & \\
\text{Long in T.} & 1^h & 20^m & \\
\text{Time by Chron} & 3^h & 42^m & 42^s \\
\text{Error Slow} & + & 6 & 10 \\
\hline
 & 3 & 48 & 52 \\
\text{Accum rate} & + & 1 & 27 \\
\hline
 & 3 & 50 & 19 \\
 & 12 & & \\
\hline
\text{G.M.T. } 26^d & 15^h & 50^m & 19^s
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lr}
\text{Feb. } 11^d \text{ To Mar. } 26^d & 43.6 \text{ Days} \\
\text{Daily Rate} & 2 \\
\hline
\text{Accum Rate} & 87.2 \text{ or } 1^m\ 27^s
\end{array}
$$

| | | |
|---|---|---|
| *R. A. | $\underline{11^h\ 45^m\ 9^s.7}$ | |
| *Decl | $\underline{15°N}$ | |
| M⊙R.A. | $11^m\ 37^s.9$ | |
| | 2  27.8 | |
| | 8.2 | |
| | $14^m\ 13^s.9$ | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Obs. Alt. | 42° | 41′ | 30″ |
| I. E. | – | 1 | 24 |
| | 42 | 40 | 6 |
| Dip | – | 4 | 24 |
| App. Alt. | 42 | 35 | 42 |
| Ref. | – | 1 | 14 |
| S. Alt. | 42 | 34 | 38 |
| | 90 | | |
| Z. Dist. | 47° | 25 | 22″ |



ZH = *WHL

HWA = *R.A.

ZHWA = R.A. of Mer

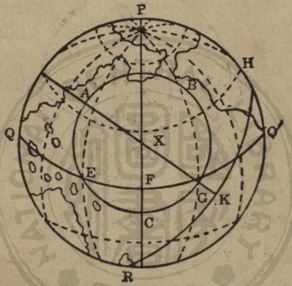
AM = M☉R.A.

∴ ZHWM = SMT

$$\text{Hav H} = \text{Sec l Sec d}\sqrt{\overline{\text{hav S}}}\sqrt{\overline{\text{hav D}}}$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| l = 0° | | | | Sec | 0.00000 |
| d = 15° | | | N | Sec | 0.01506 |
| 15 | | | | | |
| Z = 47° | 25′ | 22″ | | | |
| S = 62 | 25 | 22 | | $\sqrt{\overline{\text{hav}}}$ | 4.71450 |
| D = 32 | 25 | 22 | | $\sqrt{\overline{\text{hav}}}$ | 4.44590 |
| ∴ Hour Angle = $3^h$ | $2^m$ | $9^s$ | | hav | 9.17546 |
| *R.A. +11 | 45 | 9.7 | | | |
| R. A. of Mer 14 | 47 | 18.7 | | | |
| M☉R.A. − | 14 | 13.9 | | | |
| S.M.T. 14 | 33 | 4.8 | | | |
| G.M.T. 15 | 50 | 19 | | | |
| Long in T $1^h$ | $17^m$ | $14^s.2$ | | | |
| 60 | | | | | |
| 4 \| 77 | 14.2 | | | | |
| Longitude = 19° | 18′ | 33″ W | | | |

(108) 測天象之兩高度求經緯度法(The Double Altitude Problem)　此法乃美人沈納氏(Sumner)所發明。其理因地上各處之位置。可用兩圈之交點以決定(如經緯度之交點是也)。利用此理。測天象之兩高度圈。得其相交之點。以決定船之位置。在一八三七年。此法始行於世。後經約翰遜氏(Johnson)再行修正。更形精確矣。

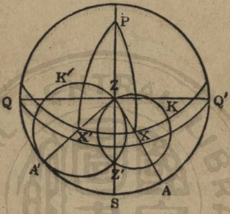



圖解　如圖。表示地球之半面。P爲北極。QQ'爲赤道。A爲日本東京。HR爲東京地平圈之面會合於地球者。

今假定天象在X。則XK爲其高度。AX爲其頂距。又以X作中心。以AX作半徑。而畫一圈。當得ABC圈。旣在東京觀天象X之高度爲XK。故凡在此ABC圈上各地之頂距皆等於AX。而高度亦必等於XK。但緯度時角各相異耳。

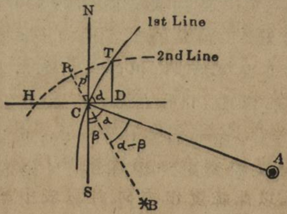
如東京爲北緯EA。其時角爲EPF。而B地則爲北緯BG。其時角爲GPF。又C處則爲南緯FC。其時角爲零是也。故此ABC圈。稱爲位置圈(Circle of Position)。又稱高度圈(Circle of Equal Altitude)。

故測者測得一天象之高度。其必在此位置圈上無疑。爾後該天象方位變更。再測其高度。則必在另一位置圈上。是故於同一之地。若先後測得兩高度。其位置必在兩位置圈之交點明矣。然依幾何學之定義。兩圈之交點。雖有兩處。但此兩交點相距甚遠。故以推測之位置。可決定船位置之在何點。




圖解　如圖。假定X爲太陽上午之所在。則其高度當爲XA。頂距當爲ZX。又X′假定爲太陽下午之所在。其高度當爲X′A′。頂距當爲ZX′。此時位置圈ZKZ′與ZK′Z′相交於Z.且亦相交於Z′。然假定其推測之緯度爲北四十度許。故頂點當不在Z′而在Z也。可無疑矣。

兩高度法。雖以各種天象皆可推測。然以太陽爲最便。



圖解 如圖。設A,B爲天空之兩天象。A之方位。較B爲大。CT與HT爲兩位置圈相交於T。C爲初次觀測地。HD爲其緯度圈。NS爲其經度圈。故∠SCA等於∠TCD。名曰$\alpha$角。又用C地之經緯度。推算B之高度。可求得p差。并知∠SCB等於∠NCR。名之爲$\beta$角。又以ΔRCT爲微小之弧三角形。故作爲平面。當無大差。而TDC三角。因D爲直角。亦可作平面三角形。可得下列之公式。

$$TD = TC\ \mathrm{Sin}\ TCD = CR\ \mathrm{Sec}\ RCT\ \mathrm{Sin}\ TCD$$

$$= p'\ \mathrm{Sec}\ RCT\ \mathrm{Sin}\ \alpha\ [RCT = 90^\circ - (\alpha - \beta)]$$

(1) Correction for latitude $= \underline{p'\ \mathrm{Sin}\ \alpha\ \mathrm{Cosec}\ (\alpha - \beta)}$

$$CD = CT\ \mathrm{Cos}\ TCD = CR\ \mathrm{Sec}\ RCT\ \mathrm{Cos}\ TCD$$

(2) Correct for long $= \underline{p'\ \mathrm{Cosec}\ (\iota - \beta)}\ \underline{\mathrm{Sec}\ l\ \mathrm{Sec}\ \alpha}$

法則 先用經線儀法求$\alpha$角: (a)依第四節第一項求經度。(b)以眞時,赤緯,及大約之緯度。至方位表(Azimuth Table)中。可查得天象之方位卽$\alpha$角。以90°減之。則爲第一位置線。(若不查表。用公式Sin $\alpha$=Sin p Sin h Cosec z。亦可求得天象之方位角。若緯度與赤緯同名。以90°−Decl=p。若爲異邊。須90°+Decl=p。p旣大於90度。其求得之$\alpha$角亦必大於90度。p若小於90度。則$\alpha$角亦必小於90度。求得$\alpha$角之方向如在午前爲E。午後則爲W。赤緯在緯度之北則爲N。在緯度之南則爲S。) (c)以船所航之眞方向及航程。查航海表中Traverse Table。求得緯差。與第一緯度相加(同邊)或相減(異邊)。則爲第二緯度。以此緯度作方向。并以表中緯差旁之橫距

作緯差。在表查得之航程。卽爲經差。與第一經度相加(同邊)或相減(異邊)。則爲第二經度。

法則 次用新航海法求$\beta$角: (a)求時角。(b)依公式 $\text{hav}\, z=\text{hav}\,\theta+\text{hav}\,(l \sim d)$(where $\text{hav}\,\theta=\text{Cos}\, l\ \text{Cos}\, d\ \text{hav}\, h$)。可求得頂距。以90°減之。則爲求得之高度。再與第二次測得之高度相減。其差名之曰$p'$。(注: 此$p'$非爲極距。)若測得之高度大。加一正號(+)於$p'$。如求得之高度大。則加一負號於$p'$。(c)又以時角(卽眞時)第二緯度及赤緯。在方位表中查得天象之第二方位。卽$\beta$角。減以90度。則爲第二位置線。(若不查表。亦可用 $\text{Sin}\,\theta=\text{Sin}\, p\ \text{Sin}\, h\ \text{Cosec}\, z$ 求得$\beta$角。) (d)又依公式 Cor for lat. $=p'\ \text{Sin}\,\alpha\ \text{Cosec}\,(\alpha-\beta)$ 及 Cor for long $=p'\ \text{Cosec}\,(\alpha-\beta)\ \text{Sec}\, l\ \text{Cos}\,\alpha$。求得改正經緯度之差。(e)畫圖。先照第一位置線之方向。引一直線。再照第二天象方位角。又引一直線。與之相交。若$p'$爲負號。則於此線遠天象之一端作垂直線。該線與第一位置線相交之點。卽船之位置。若$p'$爲正號。則於近天象之一端作垂直線。(f)以前求得改正經緯度之差數。依圖中之船位。加減於緯度中。是爲準確之經緯也。

(例一)某年三月十四日平時午前$7^h\,30^m$。大約在北緯49° 40′。西經7° 35′。第一次測得太陽之眞正高度爲$\ominus$12° 44′ 0″。其時正爲標準平時$20^h\,10^m\,2^s$。赤緯爲2° 15′S。時差爲$9^h\,10^s$(加於眞時)。該船自此又向西南航30浬。正爲平時午前$9^h\,40^m$。標準平時爲$22^h\,21^m\,40^s$。測得太陽之高度爲$\ominus$ 30° 20′ 0″。赤緯爲2° 17′S。時差爲$9^m\,8^s$。試求第二次測地之經緯度。

用經線儀法求$\alpha$角:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 緯度 l = | 49° 40′N | Sec | 0.18894 |
| 赤緯 d = | 2° 15′S | Sec | 0.00033 |
| | 51° 55′ | | |
| 頂距 Z = | 77° 16′ | | |
| | S = 129° 11′ | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.95582 |
| | D = 25° 21 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4 34128 |
| 眞時 | $19^h$ $31^m$ $6^s$ | hav | 9.48637 |
| 時差 | + 9 10 | | |
| 平時 | 19 40 16 | | |
| 標準平時 | 20 10 2 | | |
| | $0^h$ $29^m$ $46^s$ | | |
| | 60 | | |
| | 4 \| 29 46 | | |
| 第一經度 | 7° 26′.5″W | | |

$$\text{Sin}\ \alpha = \text{Sin p Sin h Cosec z}$$

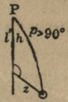
| | | | |
|---|---|---|---|
| 極距 | p = 92° 15′ | Sin | 9.99967 |
| 時角 | h = $4^h$ $28^m$ $54^s$ | Sin | 9.96475 |
| 頂距 | z = 77° 16′ | Cosec | 0.01081 |
| | $\alpha$L | Sin | 9.97523 |

故第一次測得太陽之眞方位$\alpha$角爲 N 109° 10′E

或 S 70° 50′E。

故第一位置線為N 19° 10′E並S 19° 10′W。

船向西南航30浬。求其第二之經緯度。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 第一緯度 | 49° 40′N | 第一經度 | 7° 26′ 30″W |
| 緯差 | − 21 S | 經差 | + 32 10 W |
| 第二大約緯度 | 49° 19′N | 第二大約經度 | 7° 58′ 40″W |

用新航海法求β角。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 標準平時 | $22^h$ | $21^m$ | $40^s$ |
| 經度時 | − | 31 | 54.7 |
| 平時 | 21 | 49 | 45.3 |
| 時差 | − | 9 | 8 |
| 眞時 | 21 | 40 | 37.3 |
| 時角 | $2^h$ | $19^m$ | $23^s$ |

$$\text{Hav } z = \text{hav } \theta + \text{hav } (l \sim d)$$

$$\text{Where hav } \theta = \text{Cos } l \text{ Cos } d \text{ hav } h$$

| | | |
|---|---|---|
| 緯度 $l = 49°\ 19'$N | Cos | 9.81417 |
| 赤緯 $d = 2°\ 17'$S | Cos | 9.99966 |
| 時差 $h = 2^h\ 19^m\ 23^s$ | hav | 8.95257 |
| | | 8.76640 |

| | | |
|---|---|---|
| $\theta=$ | Nat hav | 0.05840 |
| $l+d=51^\circ\ 36'$ | Nat hav | 0.18943 |
| 頂距$=59^\circ\ 43'$ | Nat hav | 0.24783 |

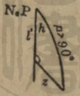
求得高度 $30^\circ\ 17'$

測得高度 $30\ \ 20$

差 $p'=+\ \ 3'$

$\text{Sin}\,\beta=\text{Sin}\,p\ \text{Sin}\,h\ \text{Cosec}\,z$

| | | |
|---|---|---|
| 極距 $p=92^\circ\ 17'$ | Sin | 9.99966 |
| 時角 $h=2^h\ 19^m4$ | Sin | 9.75696 |
| 頂距 $z=59^\circ\ 43'$ | Cosec | 0.06372 |
| | $\beta$L Sin | 9.82034 |




故第二次測得太陽之眞方位$\beta$角爲N 138°36′E或S 41° 24′E。

故第二位置線爲N 48° 36′E並S 48° 36′W。

改正緯差$=p\ \text{Sin}\,\alpha\ \text{Cosec}\,(\alpha-\beta)$

| | | |
|---|---|---|
| $p'=3'$ | log | 0.47712 |
| $\alpha=70^\circ\ 50'$ | Sin | 9.97523 |
| $\alpha-\beta=29^\circ\ 26'$ | Cosec | 0.30856 |
| $L=49^\circ\ 19'$ | | |
| | log | 0.76091 |
| | | 5.767 |

改正經差 $= p' \operatorname{Cos}\alpha \operatorname{Cosec}(\alpha-\beta) \operatorname{Sec} l$

| | |
|---|---|
| log | 0.47712 |
| Cos | 9.51629 |
| Cosec | 0.30856 |
| Sec | 0.18583 |
| log | 0.48780 |
| | 3.075 |

| | |
|---|---|
| 第二大約緯度 | 49° 19′N |
| 改正緯差 | 6 S |
| 第二準確緯度 | 49° 13′N |
| 第二大約經度 | 7° 58′ 40″W |
| 改正經差 | 3 0 W |
| 第二準確經度 | 8° 1′ 40″W |

答第二次測地之緯度爲 49° 13′N

經度爲 8° 1′ 40″W

(例二) 二月廿二日平時午前 $8^h\ 30^m$。大約在 lat 50° 12′N, long 8° 35′W 之地。測得太陽之高度爲 ⊖ 14° 31′。標準平時爲 $21^h\ 17^m\ 10^s$。赤緯爲 10° 5′S。時差爲 $13^m\ 30^s$ (加入眞時)。以後船向正南航 32 哩。正當平時午後 $3^h\ 12^m$。標準平時 $4^h\ 0^m\ 4^s$。又測得太陽之高度爲 ⊖ 17° 13′。赤緯爲 10° 1′S。時差爲 $13^m\ 28^s$。問第二次推測之地在何經緯度。

用經緯儀求 $\alpha$ 角。

緯度 $l=50°\ 12'N$　　Sec　0.19375

赤緯 $d=10°\ \ 5'S$　　Sec　0.00676

　　60　17

頂距 $Z=75\ \ 29$

　　$S=135\ \ 46$　　$\sqrt{hav}$　4.96681

　　$D=\ 15\ \ 12$　　$\sqrt{hav}$　4.12142

眞時　$20^h\ 30^m\ 42^s$　　hav　9.28874

時差　$+\ \ 13\ \ 30$

平時　20　44　12

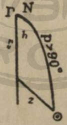
標準平時　21　17　10

　　$0^h\ 32^m\ 58^s$

　　60

　　4|32　58

第一經度　$8°\ 14'\ 30''W$




$\text{Sin}\ \alpha=\text{Sin}\ p\ \text{Sin}\ h\ \text{Cosec}\ z$

極距 $p=100°\ 5'$　　Sin　9.99324

時角 $h=3^h\ 29^m\ 18^s$　　Sin　9.89845

頂距 $z=75°\ 29'$　　Cosec　0.01409

　　$\alpha$ L Sin　9.90578

故第一次測得太陽之眞方位 $\alpha$ 角爲 N 126° 24′E

或　S 53° 38′E。

故第一位置線爲N 36° 22′E 並 S 36° 22′W。

船向正南航32浬。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 第一緯度 | 50° 12′N | 第一經度 | 8° 14′ 30″W |
| 緯差 | 32 S | 經差 | 0 W |
| 第二大約緯度 | 49° 40′N | 第二大約經度 | 8° 14′ 30″W |

用新航海法求β角。

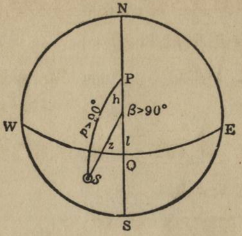
| | | | |
|---|---|---|---|
| 標準平時 | $4^h$ | $0^m$ | $4^s$ |
| 經度時 | − | 32 | 58 |
| 平時 | 3 | 27 | 6 |
| 時差 | − | 13 | 28 |
| 眞時 | $3^h$ | $13^m$ | $38^s$ |

$\text{Hav}\ z = \text{hav}\ \theta + \text{hav}\ (l \mp d)$

where $\text{hav}\ \theta = \text{Cos}\ l\ \text{Cos}\ d\ \text{hav}\ H$

| | | |
|---|---|---|
| 緯度 $l = 49°\ 40'$N | Cos | 9.81106 |
| 赤緯 $d = 10°\ 1'$S | Cos | 9.99333 |
| 時角 $h = 3^h\ 13^m\ 38^s$ | hav | 9.22555 |
| | hav | 9.02994 |
| $\theta =$ | hav | 0.10714 |
| $l + d = 59°\ 41'$ | hav | 0.24761 |
| 頂距 $z = 73°\ 7'$ | hav | 0.35475 |

| | | |
|---|---|---|
| 求得高度 | 16 | 53 |
| 測得高度 | 17 | 13 |
| 差 $p = +20'$ | | |




$\text{Sin}\,\beta = \text{Sin}\,p\;\text{Sin}\,h\;\text{Cosec}\,z$

| | | |
|---|---|---|
| 極距 $p = 100°\ 1'$ | Sin | 9.99333 |
| 時角 $h = 3^h\,13^m\,38^s$ | Sin | 9.87384 |
| 頂距 $z = 73°\ 7'$ | Cosec | 0.01913 |
| $\beta$ L | Sin | 9.88630 |

故第二次測得太陽之眞方位$\beta$角爲 N 129° 41′W 或 S 50° 19′W。

第二位置線爲 N 39° 41′W 並 S 39° 41′E。

改正緯差 $= p'\ \text{Sin}\,\alpha\ \text{Cosec}\,(\alpha-\beta)$。

| | | |
|---|---|---|
| $p' = 20'$ | log | 1.30103 |
| $\alpha = 53°\ 36'$ | Sin | 9.90574 |
| $\alpha-\beta = 103°\ 57'$ | Cosec | 0.01294 |
| $l = 49°\ 40'$ | | |
| | log | 1.21971 |
| | | 16.59 |

改正經差 $= p'\ \text{Cos}\,\alpha\ \text{Cosec}\,(\alpha-\beta)\ \text{Sec}\,l$

| | |
|---|---|
| log | 1.30103 |
| Cos | 9.77336 |
| Cosec | 0.01294 |
| Sec | 0.18894 |
| log | 1.27627 |
| | 18.89 |


| | |
|---|---|
| 第二大約緯度 | 49° 40′ N |
| 改正緯度 | 16.6 S |
| 第二準確緯度 | 49° 23′.4N |
| 第二大約經度 | 8° 14′ 30″W |
| 改正經度 | 18 53 W |
| 第二準確經度 | 8° 33′ 23″W |

答第二次推測地爲北緯 49° 23′.4

西經 8° 33′ 23″

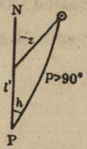
(例三) July 7th 1917, in lat D. R. 34° 0′S, long D. R. 173° 0′E, the following observation were taken to determine the position of the ship at the time of the Second Observation, and also the Direction of the line of position at each Observation:

| M. T. | Chron Time |
|---|---|
| $8^h\ 10^m$ a.m. | $9^h\ 6^m\ 18^s$ |
| 10 15 a.m. | 11 10 50 |
| True Alt. ⊖ | Error of Chron |
| 10° 39′ 0″ | $27^m\ 11^s$ fast |
| 27 42 0 | on G.M.T. |

Run of ship in interval S 25°E (True) 20 miles. First Observation worked by the Chronometer Method.

| | | | |
|---|---|---|---|
| July | $6^d\ 20^h\ 10^m$ | Chron | $9^h\ 6^m\ 18^s$ |
| Long in T | 11 32 | Err | − 27 11 |
| G. D. Nly | $6^d\ 8^h\ 38^m$ | G.M.T. | $8^h\ 39^m\ 7^s$ |
| Decl | 22° 44′ 0N | Eq. T. | $4^m\ 26^s.2$ |
| | − 2.2 | | + 3.6 |
| | 22° 41.8 | | $4^m\ 29^s.8$ +To A.T. |

| | | |
|---|---|---|
| l = 34° 0′S | Sec | 0.08142 |
| d = 22 42 N | Sec | 0.03502 |
| 56 42 | | |
| Z = 79 21 | | |
| S = 136 3 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.96724 |
| D = 22 39 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.29308 |
| HL | hav | 9.37676 |




$$
\begin{array}{lrrr}
\text{S.A.T.} = & 20^h & 6^m & 21^s \\
\text{Eq. T.} = & & 4 & 30 \\
\hline
\text{S.M.T.} = & 20 & 10 & 51 \\
\text{G.M T.} = & 8 & 39 & 7 \\
\hline
 & 11 & 31 & 44 \\
 & 60 & & \\
\hline
4 \,| & 691 & 44 & \\
\text{Long} & \underline{172^\circ} & \underline{56'E} &
\end{array}
$$

Sun's true bearing from azimuth table is N 53°E (a)

∴ Line of position runs N 37°W and S 37°E

Run between observation S 25° E 20 miles

| | |
|---|---|
| Lat D. R. 1st Obs | 34° 0′S |
| Dlat | 18 S |
| Lat D. R. 2nd Obs | 34° 18′S |
| Long D. R. 1st Obs | 172° 56′E |
| Dlong | 10 E |
| Long D. R. 2nd Obs | 173′ 6′E |

Second observation, by the New Navigation Method.

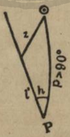
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Chron T. | | $11^h$ | $10^m$ | $50^s$ |
| Err | | − | 27 | 11 |
| G.M.T. | $6^d$ | 10 | 43 | 39 |
| Eq. T. | | − | 4 | 31 |
| G.A.T. | | 10 | 39 | 8 |
| Long in T. | | 11 | 32 | 24 |
| S.A.T. | | 22 | 11 | 32 |

$HL = 1^h\ 48^m\ 28^s$

| Decl | Eq. of Time |
|---|---|
| $22^\circ\ 44'.0$N | $4^m\ 26^s.2$ |
| − 2.7 | + 4.5 |
| $22^\circ\ 41'.3$N | $4^m\ 30^s.7$ +To A. T. |

$$\text{Hav } z = \text{hav } \theta + \text{hav } (l \pm d)$$

$$(\text{hav } \theta = \text{Cos } l \text{ Cos } d \text{ hav } H)$$




| | | |
|---|---|---|
| Lat $= 34^\circ\ 18'.0$S | Cos | 9.91703 |
| Decl $= 22\ \ 41.3$ N | Cos | 9.96502 |
| HL $= 1^h\ 48^m\ 28^s$ | hav | 8.74005 |
| | hav | 8.62210 |

| | | |
|---|---|---|
| $\theta =$ | hav | 0.04188 |
| $l+d = 56° \ 59'.3$ | hav | 0.22759 |
| $z = 62° \ 32'.7$ | hav | 0.26947 |

Computed Alt. = 27 27.3

Observed Alt. = 27 42.0

$\therefore$ p = +14'.7 Obs Alt greater toward the Sun.

True bearing of ⊖ found to be N 28° E ($\beta$)

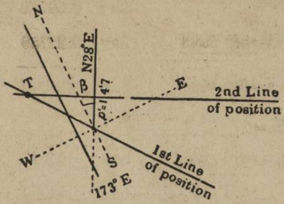
$\therefore$ Line of position runs N 62° W and S 62° E

Correction for latitude = p' Sin $\alpha$ Cosec ($\alpha - \beta$)

| | | |
|---|---|---|
| $p' = 14'.7$ | log | 1.16732 |
| $\alpha = 53°$ | Sin | 9.90235 |
| $\alpha - \beta = 25°$ | Csc | 0.37405 |
| Lat = 34° 18' | | |
| | | 1.44372 |
| | | 27'.78 |

Correction for longitude = p' Cosec ($\alpha - \beta$) Sec l Cos $\alpha$

| | |
|---|---|
| log | 1.16732 |
| Cos | 9.77946 |
| Csc | 0.37405 |
| Sec | 0.08297 |
| | 1.40380 |
| | 25'.34 |



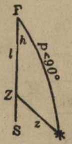

| | | |
|---|---|---|
| Lat D. R. | 34° 18′0 S | |
| Corⁿ | 27.8 N | |
| Lat 2nd Obs | 33° 50′2 S | |

| | | |
|---|---|---|
| Long 2nd Obs | 173° | 6′.0E |
| Corⁿ | | 25.3 W |
| Long 2nd Obs | 172° | 40′.7E |

(例四) 五月一日平時午前 $3^h$ $45^m$。大約在 lat 50° 10′N, long 7° 35′W 之處。測得 $\alpha$ Aquiloe 星在子午線東邊之高度爲 45° 12′。標準平時 $16^h$ $15^m$ $40^s$。星之赤經爲 $19^h$ $45^m$ $7^s$。赤緯爲 8° 34′N。想像太陽之赤經爲 $2^h$ $40^m$ $10^s$。

以後船向正東航24浬。又測得太陽之高度爲 ⊙ 11° 35′。平時正在午前 $6^h$。標準平時爲 $18^h$ $25^m$ $3^s$。赤緯爲 15° 18′N。時差爲 $3^m$ $13^s$ (加入平時)。求船所在之經緯度。

用經線法求 $\alpha$ 角。



| | | | |
|---|---|---|---|
| 緯度 l=50° 10′N | | Sec | 0.19344 |
| 赤緯 d= 8° 34′N | | Sec | 0.00487 |
| 41 36 | | | |
| 頂距 z=44 48 | | | |
| S=86 24 | | $\sqrt{hav}$ | 4.83540 |
| D= 3 12 | | $\sqrt{hav}$ | 3.44594 |
| *HL=$22^h$ $39^m$ $58^s$ | | hav | 8.47965 |
| *RA=19 45 7 | | | |
| 18 25 5 | | | |
| M⊙R.A. | −2 40 10 | | |
| S.M.T. | 15 44 55 | | |
| G.M.T. | 16 15 40 | | |
| | 0 30 45 | | |
| | 60 | | |
| | 4\|30 45 | | |
| 第一經度 | 7° 41′ 15″W | | |

Sin α=Sin p Sin h Cosec z

| | | |
|---|---|---|
| 極距 p=81° 26′ | Sin | 9.99513 |
| 時角 h=$1^h$ $20^m$2 | Sin | 9.53420 |
| 頂距 z=44° 48′ | Cosec | 0.12204 |
| α L | Sin | 9.65137 |

故第一次測得星之眞方位α角爲N 151° 18′E或S 28°42′E。

故第一位置線爲N 61° 18′E并S 61° 18′W。

船向正東航24哩

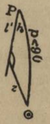
| | |
|---|---|
| 第一緯度 | 50° 10′N |
| 緯差 | 0 |
| 第二大約緯度 | 50° 10′N |
| 第一經度 | 7° 41′ 15″W |
| 經差 | 38　E |
| 第二大約經度 | 7° 3′ 15″W |

用新航海法求$\beta$角。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 第二次標準平時 | $18^h$ | $25^m$ | $3^s$ |
| 時差 | + | 3 | 13 |
| 標準眞時 | 18 | 28 | 16 |
| 經度時 | − | 28 | 13 |
| 時角＝ | $18^h$ | $0^m$ | 3 |

$\text{Hav } z = \text{hav } \theta + \text{hav } (l \pm d)$

where $\text{hav } \theta = \text{Cos } l \text{ Cos } d \text{ hav } h$




| | | |
|---|---|---|
| 緯度 l＝50° 10′ N | Cos | 9.80656 |
| 赤緯 d＝15° 18′ S | Cos | 9.98433 |
| 時角 h＝$5^h$ $59^m$ $57^s$ | hav | 9.69888 |
| | hav | 9.48977 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\theta=$ | | hav | 0.30886 |
| $l-d=34°\ 52'$ | | hav | 0.08976 |
| 頂距 $z=78°\ 18'$ | | hav | 0.39862 |
| 算得高度 | $11°\ 42'$ | | |
| 測得高度 | $11°\ 35'$ | | |
| | $p'=-7'$ | | |

$\text{Sin}\,\beta=\text{Sin}\,p\ \text{Sin}\,h\ \text{Cosec}\,z$

| | | |
|---|---|---|
| 極距 $p=74°\ 42'$ | Sin | 9.98433 |
| 時角 $h=5^h\ 59^m\ 57^s$ | Sin | 0.00000 |
| 頂距 $z=78°\ 18'$ | Cosec | 0.00912 |
| $\beta$ L | Sin | 9.99345 |

故第二次測得太陽之方位$\beta$角爲N 99° 56′E 或 S 80° 4′E。

第二位置線爲N 9° 56′E 并 S9° 56′W。

改正緯差 $=p'\ \text{Sin}\,\alpha\ \text{Cosec}\,(\alpha-\beta)$

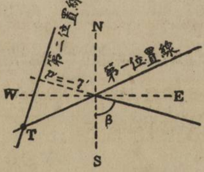
| | | |
|---|---|---|
| $p'=7'$ | log | 0.84510 |
| $\alpha=28°\ 42'$ | Sin | 9.68144 |
| $\alpha-\beta=71°\ 14'$ | Cosec | 0.02372 |
| $l=50°\ 10'$ | | |
| | | 0.55026 |
| | | 3.550 |

改正經差 $=p'\ \text{Cos}\,\alpha\ \text{Cosec}\,(\alpha-\beta)\ \text{Sec}\,l$

| | |
|---|---|
| log | 0.84510 |
| Cos | 9.94307 |
| Cosec | 0.02372 |
| Sec | 0.19344 |
| | 1.00533 |
| | 10.12 |
| 第二大約緯度 | 50° 10′N |
| 緯差 | 4 S |
| 第二準確緯度 | 50° 6′N |
| 第二大約經度 | 7° 3′ 15″W |
| 經差 | 10 W |
| 第二準確緯度 | 7° 13′ 15″W |

故船在北緯 50° 6′

西經 7° 13′ 15′




(例五) 1917年四月十五日午後平時$10^h\ 30^m$。大約在 lat 34°S, long 153° 40′E 某海。先後測得下列二星之高度。試求本船之地位。

| 經線儀時 | 眞正高度 |
| --- | --- |
| $12^h\ 44^m\ 5^s$ | Antares 35° 0′ |
| 12 46 40 | Arcturus 28° 52′ |

經線儀差比標準平時快$24^m\ 26^s$。

Antares of greater bearing, by Chronometer Method.

| | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| April | $15^d$ | $10^h$ | $30^m$ |
| Long in T. | | 10 | 14 |
| G. D. Nly | $15^d$ | $0^h$ | $16^m$ |
| Chron | $12^h$ | $44^m$ | $5^s$ |
| Err | − | 23 | 26 |
| G.M.T. | $0^h$ | $20^m$ | $39^s$ |

| | | |
| --- | --- | --- |
| l=34° 0′S | Sec | 0.08143 |
| d=26 15 S | Sec | 0.04727 |
| 7 45 | | |
| z=55 0 | | |
| S=62 45 | √hav | 4.71653 |
| D=47 1.5 | √hav | 4.60287 |
| | HL hav | 9.44810 |

*WHL $=19^h\ 44^m\ 6^s$

| *R.A. | M⊙R A. |
| --- | --- |
| $16^h\ 24^m\ 22^s$ | $1^h\ 32^m\ 17^s.4$ |
| | 3.3 |
| | $1^h\ 32^m\ 20^s.7$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *HL= | $19^h$ | $44^m$ | $6^s$ |
| *RA= | 16 | 24 | 22 |
| | 12 | 8 | 28 |
| M⊙RA= | 1 | 32 | 21 |
| S.M.T.= | 10 | 36 | 7 |
| G.M.T.= | 0 | 20 | 39 |
| | 10 | 15 | 28 |
| | 60 | | |
| 4 | 615 | 28 | |

Long = 153° 52′E

Azimuth of Anteres found to be S 80°E

∴ Line of Position Runs N 10°E and S 10°W

Arcturus of Less Bearing, by New Navigation Method.

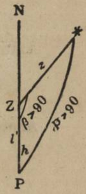
| | | | |
|---|---|---|---|
| Chron T. | $12^h$ | $46^m$ | $40^s$ |
| Error | − | 23 | 26 |
| G.M.T. $15^d$ | 0 | 23 | 14 |
| Long in T. | 10 | 15 | 28 |
| S.M.T. | 10 | 38 | 42 |
| M⊙RA | 1 | 32 | 21 |
| R. A. of Mer | 12 | 11 | 3 |
| *R.A. | 14 | 11 | 55 |
| *EHL | $2^h$ | $0^m$ | $52^s$ |
| *R.A. | $14^h$ | $11^m$ | $55^s.4$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| M⊙RA | $1^h\ 32^m\ 17^s.4$ | | |
| | 3.8 | | |
| | $1^h\ 32^m\ 21^s.2$ | | |

Hav z = hav $\theta$ + hav ($l \sim d$)

where hav $\theta$ = Cos l Cos d hav h

| | | |
|---|---|---|
| Lat = 34° 0′S | Cos | 9.91857 |
| Decl = 19 36.6N | Cos | 9.97405 |
| HL = $2^h\ 0^m\ 52^s$ | hav | 8.83210 |
| | hav | 8.72472 |
| $\theta$ = 26° 38′ 0″ | hav | 0.05305 |
| Lat + Decl = 53 36 36 | hav | 0.20336 |
| z Dist = 60 50 43 | hav | 0.25641 |
| 90 | | |
| Computed Alt 29 9.3 | | |
| True Alt 28 52 | | |

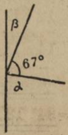



p′ = –17′.3 Obs. Alt less away from star.

azimuth of arcturus found to be N 33°E

Line of position Runs N 57°W and S 57°E

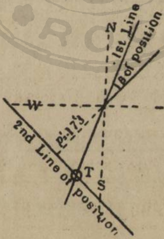
Cor$^n$ for Lat = p′ Sin $\alpha$ Cosec ($\alpha - \beta$)



| | | |
|---|---|---|
| $p'=17'3$ | log | 1.23805 |
| $\alpha=80°$ | Sin | 9.99335 |
| $\alpha-\beta=67°$ | Csc | 0.03597 |
| Lat = 34° | | |
| | Log | 1.26737 |
| | | 18.25 |

Cor$^n$ for Long $= p' \cos\alpha \operatorname{Cosec}(\alpha-\beta) \operatorname{Sec} l$

| | |
|---|---|
| log | 1.23804 |
| Cos | 9.23967 |
| Csc | 0.03597 |
| Sec | 0.08143 |
| Log | 0.59511 |
| | 3.926 |




| | | |
|---|---|---|
| Lat D. R. | 34° 0′ | S |
| Cor$^n$ | 18.3 | S |
| Lat Obs = | 34° 18′.3 | S |

$$\begin{array}{lr} \text{Long 1}^{st}\text{ Obs} & 153^\circ\ 52'E \\ \text{Cor}^n & 4\ W \\ \hline \text{Long Obs} = & \underline{\underline{153^\circ\ 48'E}} \end{array}$$

(109) 求羅經差法(Compass error by Observation) 磁針之常指南北者。蓋因地球為一大磁石。地球之表面。即其磁場也。但其所指南北。非正對眞子午線。其間偏斜之角度。謂之偏差(Variation)。偏差之大小。隨地而殊。如在渤海約為二度。迤北則為四度或五度。俱係向西邊偏斜。若至漢口。則磁石之子午線。幾與眞子午線相同。其偏差將為零度。而過此以西。又生向東之偏斜。即磁石之北極皆偏向東也。

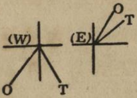
地面各海洋之偏差。早經測量。俱詳記於海圖上。故無須再行推測。吾人臨時所求者。乃自差耳。

自差(Deviation)者。乃磁針受四周鐵器感應自己所生之差角。即磁針與磁石子午線間之角度也。角度之大小。隨四周鐵器之多寡為轉移。如輪船之船體及機械并裝載鋼鐵貨物。因之磁針大受感應。生出自差。故吾人須依下列三法隨時求之。

(110) 測日出沒之方位求自差法(Amplitude of the Sun) 每晨紅日上昇。或夕陽西垂。當其下邊正切於水平線時。以方位羅針儀。測得其方位。再以之與所求之眞出沒方位相較。而求羅經之誤差(Compass Error)。再減偏差於其中。則為羅針之自差矣。

法則 (a)求標準時。(b)求赤緯。(c)依公式Sin Amplitude =Sin d Sec l。求得太陽出沒之眞方位。其方向自東或西向南

或北起算。若在日出。則爲E號。日入則爲W號。其N或S。隨赤緯之南北而定。(d)以此求得之方位。與測得之方位相較。則爲羅經差。如眞方位在羅針方位之右則爲E。在左則爲W。(e)自羅經差內減去偏差。卽爲自差。




(例一)1923年四月十四日眞時午前$5^h 25^m$。在lat 42° 34′N long 150°W之地。用方位羅針儀。測得太陽東升之方位爲E 22° 30′N。今知偏差爲17°E。求羅針之自差若干。

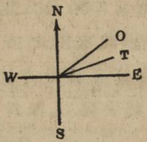
四月十三日眞時　$17^h\ 25^m$
經度時　10
標準眞時十四日　$3^h\ 25^m$

經度　150°W
　4
60 | 600
　$10^h$

赤緯　9° 8′2　　　每時差　0′.9
　3.1　　　　　3.4
9° 11′.3N　　　　3.06

Sin Amp. = Sin d Sec l

| | | | |
|---|---|---|---|
| 赤緯 d = | 9° 11′.3 | Sin | 9.20325 |
| 緯度 l = | 42° 34′ | Sec | 0.13283 |
| | | Sin Amp. | 9.33608 |




故眞方位＝E 12° 31′ 18″N

羅針方位＝E 22　30　0 N

羅經差＝　9　58　42 E

偏差＝　17　0　0 E

自差＝　7°　1′ 18″W

(例二) 1923年七月三十一日午後在 lat 18° 20′S, long 9° 40′E 處。標準平時爲 $4^h\ 56^m\ 20^s$。測得太陽西下之方位爲 N 67° 30′W。求羅經差若干。

七月三十一日標準平時 $4^h\ 56^m\ 20^s$

赤緯　18° 28′

3

18　25 N

每時差　0′61

49

2.989

Sin Amp. ＝Sin d Sec l

赤緯 d＝18° 25′　Sin　9.49958

緯度 l＝18° 20′　Sec　0.02262

Sin Amp.　9.52220

故眞方位＝W 19° 26′ 24″N

羅針方位＝W 22 30 0 N

羅經差＝ 3° 3′ 36″W

(例三) On March 29, 1917, in lat 39° 8′N, long 117° 15′E, the Sun Set at $6^h$ $10^m$ p.m. M.T.S. by Compass W 15°S, Var 3°W. Find the deviation.

March $29^d$ $6^h$ $10^m$
− 7 49

G.M.T. $28^d$ $22^h$ $21^m$

Long 117° 15′E
4

60 | 469 0
$7^h$ $49^m$

Decl 2° 51′ 44″N
+ 21 38

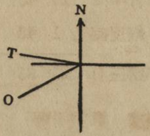
3 13 22

Var 59″
22

60 | 1298
21′ 38″

Sin Amp. = Sin d Sec d

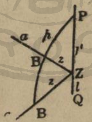
| | | |
|---|---|---|
| d = 3° 13′ 22″ | Sin | 8.75086 |
| l = 39° 8′ | Sec | 0.11072 |
| | Amp. Sin | 8.86158 |




$$
\begin{array}{rl}
\therefore\ \text{Amp.} = & \text{W}\ \ 4^\circ\ 10'\ \text{N} \\
\text{Comp.} = & \text{W}\ 15\ \ \ \ 0\ \text{S} \\
\hline
\text{Error} = & \ \ 19^\circ\ 10'\ \text{E} \\
\text{Var} = & \ \ \ \ 3\ \ \ \ 0\ \text{W} \\
\hline
\text{Deviation} = & \ \ \underline{\underline{22^\circ\ 10'\ \text{E}}}
\end{array}
$$

**(111) 測日之高度求自差法**(Altitude Azimuth)

法則　(a)求標準時。(b)求赤緯。并加或減以90度。變爲極距。(c)求眞高度。(d)用公式 $\text{Hav Z} = \text{Sec a Sec l}\sqrt{\text{hav p} + \text{a} \sim \text{l}}$




$\sqrt{\text{hav p} - \text{a} \sim \text{l}}$。求得眞方位。(若在午前則爲E。午後則爲W。其N或S隨緯度。)與羅針方位相減。其差卽爲羅經差(其定E, W之方向與上項同)。再減去偏差。則爲自差矣。

(例一) 1923年五月四日平時午前 $7^h\ 45^m$。在lat 51° 30′N, long 27° 5′W之處。測太陽在羅針方位爲S 80°E。其高度爲 $\odot$ 29° 18′。器差爲 −2′。眼高19呎。今知其偏差爲10°W。問其自差若干。

| | | |
|---|---|---|
| 五月三日平時 | $19^h\ 45^m\ 0^s$ | |
| 經度時 | 1　48　20 | |
| 標準平時三日 | $21^h\ 33^m\ 20^s$ | |

經度　27°　5′W

　　　　4

60⌊108　20

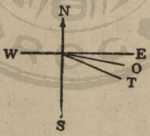
$1^h\ 48^m\ 20^s$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 赤緯 | 15° 44′.6 | 每時差 | 0′.73 |
| | 1.8 | | 2.4 |
| | 15° 42′.8N | | 1.752 |
| 極距 | 74° 17′.2 | | |

| | |
|---|---|
| 初測高度 | 29° 18′ |
| 器差 | − 2 |
| | 29 16 |
| 眼高差 | − 4.3 |
| | 29 11.7 |
| 半徑差 | + 15.9 |
| 改正高度 | 29 27.6 |
| 折光差 | − 1.7 |
| | 29 25.9 |
| 視差 | + .1 |
| 眞正高度 | 29° 26′ |

$$\text{Hav } Z = \text{Sec } a \text{ Sec } l \sqrt{\text{hav } p + (a \backsim l)} \sqrt{\text{hav } p - (a \backsim l)}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 眞正高度 a＝ | 29° 26′ | Sec | 0.06002 |
| 緯度 l＝ | 51° 30′ | Sec | 0.20585 |
| | 22 4 | | |
| 極距 p＝ | 74 17.2 | | |
| S＝ | 96 21.2 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.87229 |
| D＝ | 52 13.2 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.64353 |
| 故眞方位 T. B.＝ | N 102° 7′E | hav | 9.78169 |
| 測得方位 O. B.＝ | S 80 0 E | | |
| 羅經差＝ | 2 7 E | | |
| 偏差＝ | 10 0 W | | |
| 自差＝ | 12° 7′E | | |




(例 二) March 29th, 1917, at $9^h\ 20^m$ a.m. M.T.S., in lat 39° 8′N, long 117° 18′E, the Observed Altitude of the ☉ was 37° 40′ 0″ index error −1, H. E. 0 ft, the Sun bore by Compass S 60°E, Variation 2°W. Find the deviation.

| | |
|---|---|
| March | $28^d\ 21^h\ 20^m$ |
| | − 7 49 |
| G.M.T. | $28^d\ 13^h\ 31^m$ |

Long 117° 18′E

4

60 | 469 12

7^h 49^m.2

Declination 2° 51′ 44″N

+ 13 11

3 4 55 N

p = 86° 55′ 5″

Change

58.6

13.5

2930

1758

586

60 | 791.10

13′ 11″

Obs Alt 37° 40′

I. E. − 1

37 39

S. D. + 16

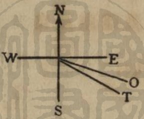
37 55

R.−P. − 1

T. Alt. = 37° 54′

$$\text{Hav } Z = \text{Sec } a \ \text{Sec } l \sqrt{\text{hav } S} \sqrt{\text{hav } D}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alt. = | 37° 54′ | Sec | 0.10287 |
| Lat. = | 39° 8′ | Sec | 0.11032 |
| l−a = | 1 14 | | |
| p = | 86 55 | | |
| S = | 88 9 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.84236 |
| D = | 85 41 | $\sqrt{\text{hav}}$ | 4.83249 |
| | | hav | 9.88804 |




∴ T. B. = N 123° 4′E

O. B. = N 120 0 E

Error = 3 4 E

Var = 2 0 W

Dev = 5° 4′E

**(112)** 測天象時辰方位求自差法 (Time Azimuth) 依第一項算法以求羅經差。固甚簡便。但祇限於太陽出沒之際。故其時機甚少。若以測月。而月之視差平均為60分。其半徑差亦約16分。折光差約33分。以故測者見及月在水平線上。而彼已高出地平約30分矣。若以測星。然星又非達高度五度以上不能識別。此皆非測其出沒方位之時機也。今用天

象時辰方位法。則無論觀測日星。均用時辰方位表(Time Azimuth Table)。可求得羅經差。若不用表。依計算表亦可。今之航海者多用此項。

(1) 查表之法則 (a) 求標準平時。(b) 求赤緯及時差。(c) 標準眞時。(d) 依標準眞時赤緯及緯度三項。查太陽方位表 (Davis or Burdwood's Azimuth Tables)。求得眞方位。與測得之方位相減。卽爲羅經差。

(例一) 1924年三月八日平時午前 $8^h\ 37^m$。在 Lat 41° 58'N, long 141° 6'E。用羅針儀測得太陽之方位爲 ⊖ S 41° $\frac{3}{4}$E。今知其偏差爲 6°$\frac{3}{4}$W。求其羅經差及自差各若干。

| | |
|---|---|
| 三月八日午前平時 | $8^h\ 37^m$ |
| | 12 |
| 七日 | 20　37 |
| 經度時 | −9　24.4 |
| 標準平時七日 | $11^h\ 12^m.6$ |

| | |
|---|---|
| 經度 | 141°　6'E |
| | 4 |
| 60 | 564　24 |
| | $9^h\ 24^m4$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 赤緯 | 5° 16′ 4″.4 | 時差 | $11^m\ 11^s.94$ |
| | − 10　53 | | −　6.72 |
| | 5° 5′ $11^s$.4S | | $11^m\ 5^s.22$ 加入眞時 |

每時差 58″ 33　　　每時差 $0^s.6$

11.2　　　11.2

60 | 653.09　　　$6^s.72$

10′ 53″

平時 $8^h\ 37^m\ 0^s$

時差 $-11\ \ 5.2$

眞時 $8^h\ 25^m\ 0^s.8$

今眞時爲 $8^h\ 25^m\ 0^s.8$

赤緯爲 5° 5′ 14″.4S

緯度爲 41° 58′

依此三者。查太陽方位表。得其眞方位爲N 119° 30′E。


故眞方位＝S60° 30′E

測得方位＝S41 45 E

羅經差＝ 18° 45′W

羅經差 18° 45′W

偏差 6 15 W

自差＝ 12° 30′W

若測星。須用星之時辰方位表(Star Azimuth Table)。其法則與太陽略異。玆將其格式舉列如下。

經線儀時 Chron T.

經線儀之差 Error (遲加，快減)

標準平時 G.M.T.

想像太陽之赤經 M⊙RA +

標準恆星時 G.S.T.

經度時 Long in T. (E+, W−)

本地恆星時 P S.T.

星之赤經 *R.A. −

星之時角 *HL =

以星之時角，赤緯，及緯度三者至星之時辰方位表內查得:

星之眞方位 *'S T.B. (方向南北隨赤緯星在子午線之東爲E西則W)

測得方位 *'S O.B. −

羅經差 Comp Error

偏差 Var − (同號加異號減)

自差 Dev =

若測極星。又須用極星時辰方位表(Pole Azimuth Table)。其法與普通星象異。玆舉其格式如下。

經線儀時 Chron T.

儀差 Error (Fast −, Slow +)

標準平時 G.M.T.

想像太陽之赤經 M⊙R.A. +

標準恆星時 G.S.T.

經度時 Long in T. (East +, West −)

本地恆星時 P.S.T. =

以本地恆星時赤緯及緯度三者。查極星表。知

極星眞方位 T. B.

測得方位 O. B. —

羅經差 Comp Error

偏差 Var —(異號須加)

自差 Dev=

(2) 計算之法則 (a)求標準時及其時角。(b)求赤緯。加減以90度。變爲極距。(c)用公式 $\text{Tan}\,\frac{Z+B}{2}=\frac{\text{Cos}\,\frac{1}{2}(p-l')}{\text{Cos}\,\frac{1}{2}(p+l')}\,\text{Cot}\,\frac{P}{2}$

$$\text{Tan}\,\frac{Z-B}{2}=\frac{\text{Sin}\,\frac{1}{2}(p-l')}{\text{Sin}\,\frac{1}{2}(p+l')}\,\text{Cot}\,\frac{P}{2}$$

若 $p>l'$ 則 $Z=\frac{Z+B}{2}+\frac{Z-B}{2}$

若 $p<l'$ 則 $Z=\frac{Z+B}{2}-\frac{Z-B}{2}$

可求得星日之眞方位(其方向隨赤緯之南北及天象在子午線之東西爲斷)。再與測得之方位相減。其差卽爲羅經差(若眞方位在測得方位之右則爲East)。自羅經差減去偏差。則爲自差矣。

(例二) 1923年五月廿三日眞時午前 $11^h\,47^m$。有船在南緯 50° 28′, 西經 142° 10′ 之處。用方位羅針儀測得太陽之方位爲 N $\frac{3}{4}$W。今知偏差爲東15°。求其自差若干。

| | |
|---|---|
| 三月廿二日眞時 | $23^h\ 47^m\ 0^s$ |
| | 9 28 40 |
| 標準眞時廿二日 | $9^h\ 15^m\ 40^s$ |

眞時 $=23^h\ 47^m$

時角 $=24^h-23^h\ 47^m=13^m$

$\frac{H}{2}=\underline{6^m\ 30^s}$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 赤緯 | $20°\ 26'$ | 每時差 | $0'49$ |
| | $4.5$ | | $9.25$ |
| | $\underline{20°\ 30'.5N}$ | | $\underline{4.5325}$ |

極距　110　30.5

補緯　$\underline{39\ \ 32}$

$\frac{1}{2}(p-l')\ 35°\ 29'.9$

$\frac{1}{2}(p+l')\ \underline{75°\ \ 1'.3}$

$$\mathrm{Tan}\frac{Z+B}{2}=\frac{\mathrm{Cos}\frac{1}{2}(p-l')}{\mathrm{Cos}\frac{1}{2}(p+l')}\mathrm{Cot}\frac{P}{2}$$

| | | |
|---|---|---|
| $\frac{1}{2}(p-l)=35°\ 29.3$ | Cos | 9.91075 |
| $\frac{1}{2}(p+l)=75°\ \ 1.3$ | Sec | 0.58762 |
| $\frac{H}{2}=6^m\ 30^s$ | Cot | 1.54490 |
| | Tan | 2.04327 |

$\frac{Z+B}{2}=89°\ 28'\ 45''$

$$\mathrm{Tan}\frac{Z-B}{2}=\frac{\mathrm{Sin}\frac{1}{2}(p-l')}{\mathrm{Sin}\frac{1}{2}(p+l')}\mathrm{Cot}\frac{P}{2}$$

| | |
|---|---|
| Sin | 9.76383 |
| Cosec | 0.01501 |
| Cot | 1.54490 |
| Tan | 1.32374 |

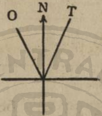
$$\frac{Z-B}{2}=87^\circ\ 17'$$

因 p>l′ 故

$$眞方位=\frac{Z+B}{2}+\frac{Z-B}{2}$$

$$=89^\circ\ 28'\ 45''+87^\circ\ 17'$$

$$=S176^\circ\ 45'\ 45''E$$




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 測得方位＝ | N 8 | 28 | 15 | W |
| 羅經差＝ | 11 | 42 | 30 | E |
| 偏差＝ | 15 | 0 | 0 | E |
| 自差＝ | 3° | 17′ | 30″ | W |

（例三）一九二三年十一月廿八日平時午前 $3^h\ 9^m\ 24^s$。在 lat 17° 42′N, long 11° 29′E 某海中。測得 $\beta$ Orionos 星之方位爲 WSW。其偏差爲 10°W。問羅經之差幾何。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nov. | $27^d$ | $15^h$ | $9^m$ | $24^s$ |
| Long in T. | | | 45 | 56 |
| G.M.T. | $27^d$ | $14^h$ | $23^m$ | $28^s$ |

Long　11° 29 E

　　　　4

$45^m\ 56^s$

| | |
|---|---|
| M.T.P. | $15^h\ 9^m\ 24^s$ |
| M☉R.A. | 16 21 30 |
| | 2 18 |
| | + 3.3 |
| R. A. of Mer | $7^h\ 33^m\ 15^s.5$ |
| *R.A. | 5 10 53.9 |
| *HL | $2^h\ 22^m\ 21^s.6$ |

$$\frac{H}{2}=1^h\ 11^m\ 10^s.8$$

*Decl　8° 17′.5S

$$p=98°\ 17'.5$$

$$l'=72°\ 18'$$

$$\frac{p-l'}{2}=12°\ 59'.8$$

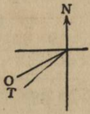
$$\frac{p+l'}{2}=85°\ 17'.7$$

$$\mathrm{Tan}\,\frac{Z+B}{2}=\frac{\mathrm{Cos}\,\frac{1}{2}\,(p-l')}{\mathrm{Cos}\,\frac{1}{2}\,(p+l')}\,\mathrm{Cot}\,\frac{P}{2}$$

$$\mathrm{Tan}\,\frac{Z-B}{2}=\frac{\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,(p-l')}{\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,(p+l')}\,\mathrm{Cot}\,\frac{P}{2}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cos | 9.98873 | Sin | 9.35198 |
| Sec | 1.08610 | Cosec | 0.00146 |
| Cot | 0.49362 | Cot | 0.49362 |
| Tan | 1.56845 | Tan | 9.84706 |

$$\frac{Z+B}{2}=88^\circ\ 27'\ 9'',\quad \frac{Z-B}{2}=35^\circ\ 6'\ 48''$$



|  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|
|  | 88° | 27′ | 9″ |  |
|  | 35 | 6 | 48 |  |
| T. B. = | N123° | 33′ | 57″ | W |
| O. B. = | S 67 | 30 |  | W |
| Comp Error | 11 | 3 | 57 | W |
| Var | 10 | 0 | 0 | W |
| Dev = | 1° | 3′ | 57″ | W |

(例 四) 1923, Feb. 13th, a.m. at Ship, in lat 37° 45′S, long 180°, when the G.M.T. by Chronometer was 12th Day $7^h\ 46^m\ 30^s$ (Astronomical), the Sun bore by Compass N60°E, required the true azimuth and deviation of the Compass, assuming the Variation to be 14°E.

|  |  |  |
|---|---|---|
| Feb. | $12^d\ 7^h\ 46^m\ 30^s$ | G.M.T. |
| Long in T. | 12 |  |
| Feb. | $12^d\ 19^h\ 46^m\ 30^s$ | M.T.P. |

|  |  |  |  |
|---|---|---|---|
| Eq. T. | $14^m\ 23^s.9$ | Var | 0″.01 |
|  | − .1 |  | 7.8 |
| + to A. T. | $14^m\ 23^s.8$ |  | .078 |

$$
\begin{array}{lrrr}
\text{M.T.P.} & 19^h & 46^m & 30^s \\
\text{Eq.T.} & & 14 & 23.8 \\
\hline
\text{A.T.P.} & 19 & 32 & 6 \\
\hline
\end{array}
$$

$$\text{HL}= 4\ \ 27\ \ 54$$

$$\frac{\text{H}}{2}= 2^h\ 13^m\ 57^s$$

$$
\begin{array}{ll}
\text{Decl} & 13^\circ\ 55'.9 \\
 & -\ \ \ 6.5 \\
\hline
 & 13\ \ 49.4\,\text{S}
\end{array}
\qquad\qquad
\begin{array}{ll}
\text{Var} & .83 \\
 & 7.8 \\
\hline
 & 6.474
\end{array}
$$

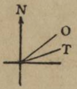
$$
\begin{array}{r}
p=76\ \ 10.6 \\
l'=52\ \ 15 \\
\hline
\end{array}
$$

$$\tfrac{1}{2}(p-l')=11^\circ\ 57'.8$$

$$\tfrac{1}{2}(p+l')=64^\circ\ 12'.8$$

$$
\begin{array}{ll}
\text{Cos} & 9.99046 \\
\text{Sec} & 0.36149 \\
\text{Cot} & 0.17945 \\
\hline
\text{Tan} & 0.53140
\end{array}
\qquad\qquad
\begin{array}{ll}
\text{Sin} & 9.31657 \\
\text{Cosec} & 0.04555 \\
\text{Cot} & 0.17945 \\
\hline
\text{Tan} & 9.54157
\end{array}
$$

$$\therefore\ \ \frac{Z+B}{2}=73^\circ\ 36'\ 26'',\qquad \frac{Z-B}{2}=19^\circ\ 11'\ 15''$$



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 73° | 36′ | 26″ | |
| | 19 | 11 | 15 | |
| T. B. = S | 92° | 47 | 41 | E |
| O. B. = N | 60 | 0 | 0 | E |
| Error | 27 | 12 | 19 | E |
| Var | 14 | 0 | 0 | E |
| Dev = | 13° | 12′ | 19″ | E |

民國二十一年一月二十九日
敝公司突遭國難總務處印刷
所編譯所書棧房均被炸燬附
設之涵芬樓東方圖書館尙公
小學亦遭殃及盡付焚如三十
五載之經營隳於一旦迭蒙
各界慰問督望速圖恢復詞意
懇摯銜感何窮敝館雖處境艱
困不敢不勉爲其難因將需要
較切各書先行覆印其他各書
亦將次第出版惟是圖版裝製
不能盡如原式事勢所限想荷
鑒原謹布下忱統祈
垂督

上海商務印書館謹啓



中華民國二十年一月初版
民國二十二年七月國難後第一版印行

（二五六二）

航海術

每册定價大洋壹元陸角
外埠酌加運費匯費

編譯者　熊德極
校訂者　馮玉蕃
發行兼印刷者　商務印書館　上海河南路
發行所　商務印書館　上海及各埠

四八五九