大學叢書

應用天文學

夏堅白著

商務印書館發行

大學叢書

應用天文學

夏堅白著

商務印書館發行

中華民國二十三年三月初版
中華民國二十三年八月再版

（一〇一六四）
大學叢書（教本）應用天文學一冊
平裝每冊定價大洋壹元叁角
外埠酌加運費匯費

著作者　夏堅白
發行人　王雲五
上海河南路
印刷所　商務印書館
上海河南路
發行所　商務印書館
上海及各埠

（本書校對者朱公垂）

大學叢書

應用天文學

大學叢書委員會

委員

上海"一二八"國難起，商務印書館首遭焚刼，於是拙稿亦毀焉。痛原稿之不存，乃乘記憶尙新，復於今夏重述，旣以慰私懷，并留紀念也。

堅白識

二十一年十月

應用天文學

目錄

第一章　天球——眞運動與視動

第二章　定義——參照之圓與點

第三章　天球上之座標制

第四章 諸座標間之關係

第五章 時間

第六章　中國星曆表——星表——內插法

第七章　地球形狀——觀測之高度校正

第八章 觀測儀器

第九章 星座

第十章　觀測緯度法

第十一章　觀測時間法

第十二章 觀測經度法

第十三章　觀測地平經度法

第十四章　航海天文學

附錄

第一章

天球——眞運動與視動

1–1 概論

天文學云者，簡單言之，乃研究天體之自然科學也。詳言之，乃攻究天體視動，眞運動，支配此等運動之法則，天體之形狀，容量，質量，表面之形態，性質，構造，物理狀態，天體間相互之引力及輻射關係，天體之過去歷史，未來之發達進化等學問也。天體云者，果何物耶？概言之，太陽系，恆星及星雲是也。屬於太陽系者，如太陽，以太陽爲一焦點之橢圓運動之行星，繞行星而動之衞星，軌道形狀與性質與行星不同之彗星及流星是也。太陽乃一恆星，統率太陽系，而此行星彼此間之距離，比我地球之大小遙大，此乃習天文者所共知也。

比行星之距離更遠者爲恆星，乃自己發光輝之天體。近代工業之進步，使吾人發見新恒星甚多，故其數益漸增加。許多恆星有集合而成星羣，星團者；此乃各恆星引率恆星系，恰如太陽統率太陽系者。

更在不能想像之遠距離，有巨大之雲狀物質存在，二三十年前尙不能說明之者，星雲是也。其光輝本甚強大，但在天空上，有爲暗黑部分者，故得謂有暗黑星雲之存在。有謂此乃無數恆星集合體之星團，

在幾百萬光年之遠距離者，故列於恆星類亦可。

天文學乃自然科學之一，與其他科學又有密切之關係，最有關係者乃物理學。又其爲自然科學，且爲精密之科學，故與數學亦有密切關係；此在古昔時代，所以天文學家同時又爲數學家也。他如研究地球之形狀及構造者，涉及地質學；天體內部構造之問題，則涉及化學。又地球上之生物，始於何時？終於何時？以及其他行星上，有生物之存在否？此等問題，皆侵入生物學之範圍。他就觀察者個人之關係言之，個人所生誤差之研究，更不能不借生理學及心理學之力。由是觀之，其涉及之範圍實廣博異常。

至於天文學之分類，方法不一，茲就習慣及便利上，分天文學爲七類：

(1) 應用天文學 (Practical Astronomy)　此乃說明觀測天體儀器之理論，使用法，誤差消去法等等；並含各種觀測之計算方法。在天體物理學未發達以前，此類天文學應用甚廣。

(2) 位置天文學 (Astronomy of Position)　或曰星辰學(Astrometry)。此乃研究天體之幾何學上之相互關係，位置，距離，大小，表面狀態，天體之眞運動（空間內運動），與視動（由地球所視之運動）等。又研究天球上之視位置及視動之球面天文學 (Spherical Astronomy) 乃此類之一部分也。

(3) 天體力學 (Celestial Mechanics)　乃以力學之智識，即以奈端氏之重力法則爲基礎，研究天體之運動。最近之趨勢，研究之方向專注重於行星及衞星之運動。天體之運動，能僅依重力說明之，故此

又名之曰重力天文學。天文學中，此類分科，最爲精密，而計算法亦最爲複雜焉。

與以上三分科各有相當之關係者，有決定天體運動之軌道論(Determination of Orbit)；又有預示地球各地方所視天體位置運動之天文曆推算學。

(4) 天體物理學(Astrophysics)　此乃研究天體之物理的性質；卽光度，光帶之特性，溫度，輻射，內部構造及大氣表面內部之現狀等等；且更進求其原理之分科也。由其原理得知天體之運動狀態。乃天文學分科中之最新者，通常又分爲三種：

甲．天體測光學(Astrophotometry)；　以測定各種天體放射光線之強弱爲目的。

乙．天體攝影學(Astrophotograph)；　乃研究攝取天體之方法，及由照片研究天體表面之模樣與天空之狀態。再由此種乾片得計算天體之位置。

丙．天體分光學(Astrospectroscopy)；　用分光器求天體之光帶，依實測或攝影方法研究之，得知天體運動之速度，溫度，壓力及其成分等等。其用途最大。

(5) 宇宙論(Cosmogony)　或曰理想天文學。卽依最近科學發達所生之空想天文學，乃研究宇宙如何開始，其開始之狀態，及自開始以至今日之經過，與其將來如何終結之問題。此種天文學近又分爲宇宙構造論及天體發展論二種。

(6) 敍述天文學(Descriptive Astronomy)　僅就天文學上之事實

原理等，依一定系統而敍述之。乃研究天文學之入門。

(7) 航海天文學(Nautical Astronomy) 乃航海所必要之球面天文學，並含應用天文學之一部分。

天文學之分類，大概如上所述。然則天文學對於實際利益及人類生存上，果有如何之價値耶？天文學者普通多與社會疏遠，蓋皆以爲天文學僅攻究與生活無關之事項而已！不知天文學自身對於實際利益及人類生存，有直接之關係也。

茲先就應用天文學而言，由之可測定緯度，經度，時刻及地平經度等，定緯度與經度之後，吾人能航行於廣闊之大洋而無遺途之虞。地球表面之位置亦可明白訂定，不至有爭端之發生；工商業發達，交通因之便利，因是必需求正確之時刻，此必有恃於子午儀之觀測焉。至於經濟上之利益觀測法，古來已有之，迄乎近代，更增其精度焉。雖然，近頃多數天文學者所求者僅求智識，亦未可知；又有以一種藝術視之者，亦未可知。

本書之目的，專論應用天文，故於太陽，月亮，行星，恆星及天體之觀測方法與計算特別注意，至於各天體間之距離，在空間之實際行動，及一切之物理性質，均不甚注重，觀測時但認其顯現之位置而已。

天文學乃最古之科學，然古來多爲其他科學之先驅；今後如斯對象物之最大及最抽象的學問，仍與其他科學及人類智識以甚大之影響焉。例如愛因士坦所發明相對論之證明發展，有所待於天文學者不少。

起晝夜區別之太陽，呈朔望現象之太陰，以及日月食等現象，其

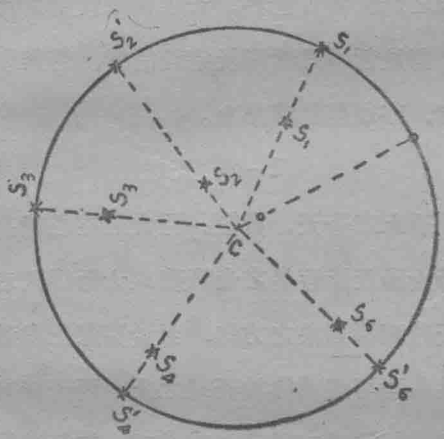
印入古人之思想者，當如何之深耶？其盡力以求此等疑問之解決無疑，此天文學所以爲世界最古之自然科學歟！

天文學固爲自然科學之一，然對於形而上之問題，亦有重大之影響。時間與空間之驚動物質世界，太陽與他恆星之比較，地球之天文學的觀測等等，對於哲學思索以及宗教信仰，皆與以重大之動搖。故治應用天文學者，亦須稍加深思也。

1-2　天球

蓋於吾人頭頂上之蒼天，實似一巨大之空心球。天體間均係空虛之空間，光線乃太陽及諸恆星之光輝藉以太而傳入者也。應用天文學內所需求者，天體間諸對象之方向，至於實際上離地球之遠近可存而不問，故一切星象均可視爲位於天球之上，而天球之半徑長度等於無窮，其中心點卽爲觀測者之眼睛，或地球，初無若何之差異。任何物象在天球上之視位置，可以下法求得，自觀測者之目作一直線連接至所觀測之物象，然後更引伸此線至無窮迄達天球，此卽該物象在天球上之視位置也。試以下例說明之，S_1 在天球上之視位置係 S'_1，其離 C 點之距離，設等於無窮長。類此而推，S_2 之視位置爲 S'_2。用此假設之天球以後，一切包含諸點間之角距，及經過天球中心之諸平面內之角度的問題，均能應用球面三角公式而解答之。凡此設計，不僅便於計算，且合於事實，蓋一切天象均離地甚遠，其現於吾人之眼前者頗似相等而均位於天球之上。若從上述之定義，則各觀測者必有各別之天球，然於事實無損。蓋卽就太陽系內諸星而言，其距地球之距離比之地球之眞徑，地球之小，幾近零數，故地球表面上小有差別，

初無害於精密之觀測。整個太陽系之眞徑試定爲一哩，而最近之星約近五千哩，若夫地球之眞徑，僅 8000 哩比 5,600,000,000 而已，易言之，七十萬分之一而已。



圖一 天球上之視位置

天球之半徑等於無窮，上已詳述，故一切平行線必將同切天球於一點，而平行平面亦將於無窮遠處切於同一大圓。然於紙上作圖，則不能以此爲準，一毫之差，云或形成絕大之誤。初學者於天球宜加深思，並試從其內外而體會之。如用實體之圓球作研究對象，更易於明悉；然實際觀測之天球，均在內部，此不可不注意也。

1-3 天球之視動

夕陽西下，黑幕當空，靜觀星象數小時，必能見諸星均似起於東而沉於西，所走之路徑均爲諸圓之弧。若在北半球者，如面北而立，則將見若干較小之圓繞於北極，一似同心之圓。苟有一星而適位於北

極，卽無運動。易言之，整個天球似繞一軸而轉動。此類視轉之生乃由於地球之自轉，而地球自轉之方向爲自西向東，故一切星體之轉均自東向西。

1—4　行星之運動

近年來於行星之觀測與硏究頗多進步，自八大行星變爲九大行星，而近頃之報告，又云尙有三大行星，故於述行星之運動以前，稍敍行星離太陽之長距及最近之硏究。

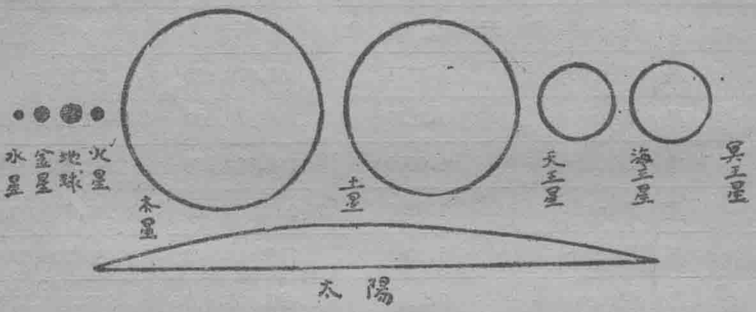
中名	英名	天文單位	粁	哩
水星	Mercury	0.3871	57,870,000	35,960,000
金星	Venus	0.7233	108,140,000	67,200,000
地球	Earth	1.0000	149,504,000	92,897,000
火星	Mars	1.5237	227,800,000	141,540,000
木星	Jupiter	5.2028	777,820,000	483,310,000
土星	Saturn	9.5388	1,426,100,000	886,120,000
天王星	Uranus	19.1910	2,869,100,000	1,782,700,000
海王星	Neptune	30.0707	4,495,600,000	2,793,400,000
冥王星	Pluto	39.5967	5,920,000,000	3,680,000,000

表一　　各行星離太陽之長距表

於此九大行星之外，美國天文學家 William H. Pickering 氏最近謂於太陽系境域之外，尙有未知行星之存在。其最大者，質量當爲地球之五十倍，尙有其他二個較小之行星。最大行星命名曰 P，氏相信

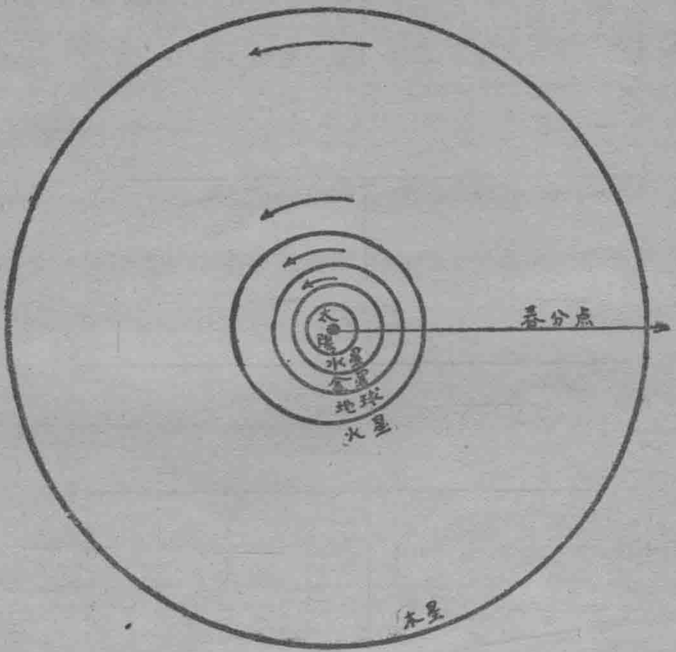
計算甚爲準確，且在南半球用望遠鏡當容易觀測之。因其體積甚大，故當視爲圓盤，非若冥王星之僅視爲一點者。依氏之計算，行星P係一橢圓軌道，其與太陽之距離變化於5,000,000,000—9,000,000,000哩之間，其圍繞太陽之公轉週期當爲地球之六百四十六年，爲今太陽系之第三大行星。其他較小二行星命名曰S及T，距太陽更遠，氏並信其中有一行星於一九二四年曾擾動天王星。

至於此九行星對於太陽之相比量可以下圖示之：



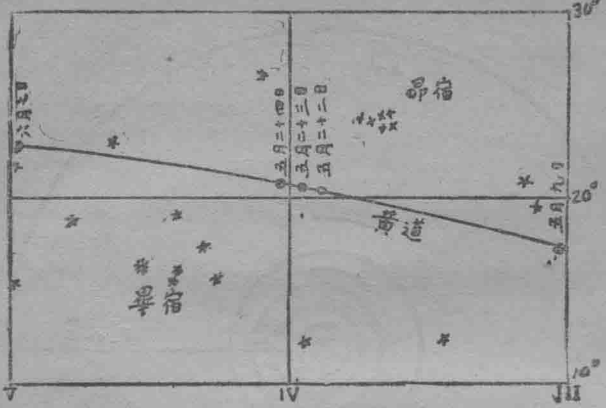
圖二 太陽與行星之比例

行星軌道之大小，由上述之距離表內可以推想得其大概。茲設於太陽系之外有一觀測者，並自北方而南視，則彼將見諸行星（地球亦在內）繞太陽而作橢圓形之運轉，其方向爲反鐘向。同時尙能見地球繞其自軸每日按反鐘向而自轉一次，至於月亮亦依反鐘向而繞地球運轉，其軌道則不甚圓正。凡此諸視運動所生之結果如下：

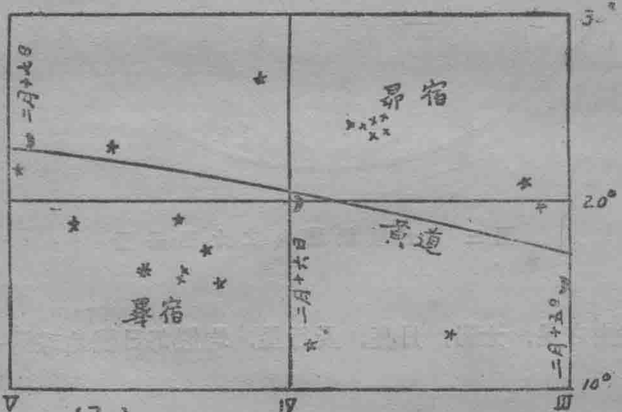


圖三　土星軌道內之太陽系圖

盤個天球內之星，太陽，月亮，及行星，均似每日繞地球轉一次，其方向則爲順鐘向。星之位置變動甚慢，故似固定於天球，惟太陽系內一切物象均於諸星間疾易其視位置；由之星名分二種，曰恆星與行星，外貌固無顯然之別，然其性質實異趣焉。



(甲)

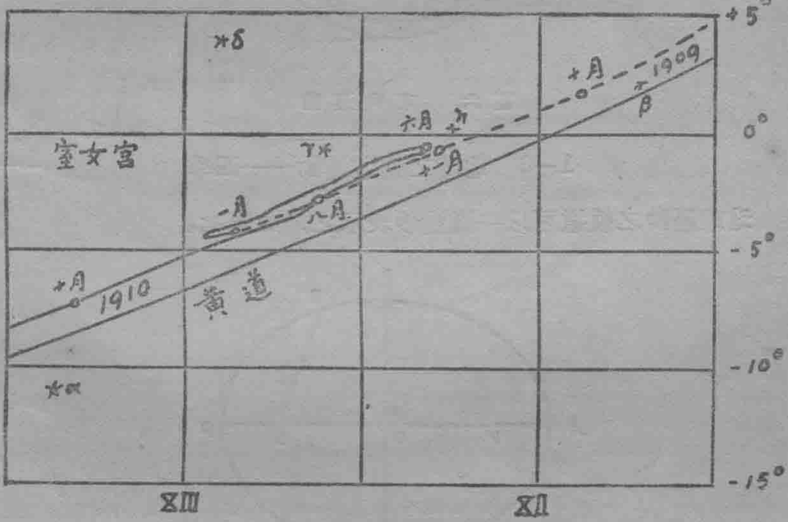


(乙)

圖四　(甲)一九一〇年五月二十二,三,四日,
格林維基正午太陽之視位置。
(乙)一九一〇年二月十五,六,七日,
格林維基月亮之視位置。

太陽於諸星間似漸漸向東運轉，一日約轉一度，繞地球一週，適等於一年。月亮之向東運轉，速度甚大，一小時內運轉之距離約等於其自

身之直徑，故一月卽能繞地球一週。圖四甲，乙，乃分示太陽與月亮之每日運動路徑，由之卽可知其運動之遲速。月亮之向東運動係眞運動，非若太陽，僅有一視動而已。行星之運動均向東方，惟吾人所居之地球亦係行星之一，故吾人所見之運動，乃行星繞日之眞運動與由地球繞日所生之運動結合而得之運動也；由是行星之運動時有倒行的現象，卽向西而行，或名曰逆行(Retrograde mation),圖五,係示木星因地球繞日運轉，故其軌道形成環狀，平時苟稍留心觀測天象，則定能見此現象。



圖五　木星之視軌道(一九〇九至一九一〇)

1－5　東與西之意義

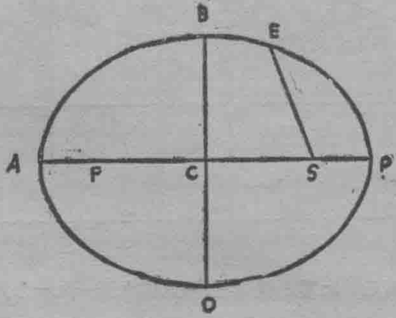
天文學上之“東”與“西”，其意義異於平常用以別方向之“東”與“西”。測量學之定東西，卽子午圈之垂直線也。設有一人而居於英國

格林維基，其他一人則適在離此子午圈 180° 之某地，彼二人雖各同指東方，而事實則異向。圖六之箭頭，乃指示各點之東方，故此處之"東"與"西"僅能視爲轉運之方向而已。

圖六　東向運動

1-6 地球之軌道運動——四季

地球運動之軌道可以一橢圓形表示之，如圖七。



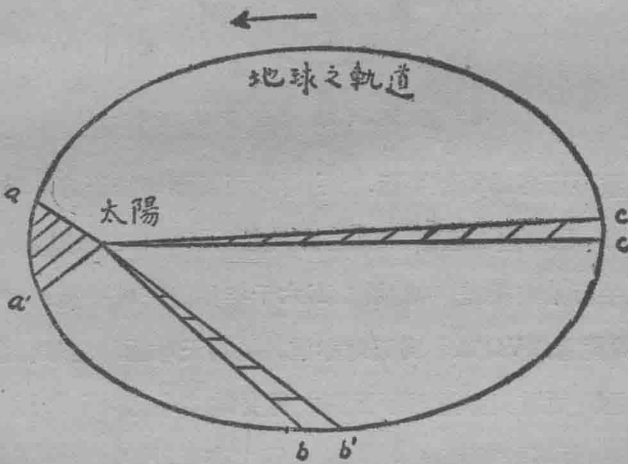
圖七　橢圓形

圖中 F 與 S 爲橢圓形之焦點，C 爲中心，AP 爲長徑，經二焦點，BD 爲短徑；爲便利計，以 a 代表 CP，以 b 代表 CB，而 c 則代表 CS，

故橢圓形之偏心差當以下列比例求之。

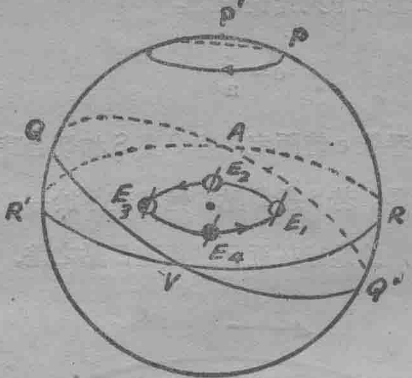
$$e=\frac{c}{a}$$

橢圓之長度變率，悉依 e 値而定，當 C 與 S 相切合時，橢圓變爲圓形而其偏心差則等於零。若 S 達 P 點，偏心差等於一。至於地球之偏心差，等於 0.01677，故地球在近日點與遠日點之差，僅百分之三而已。



圖七甲　地球之軌道運動

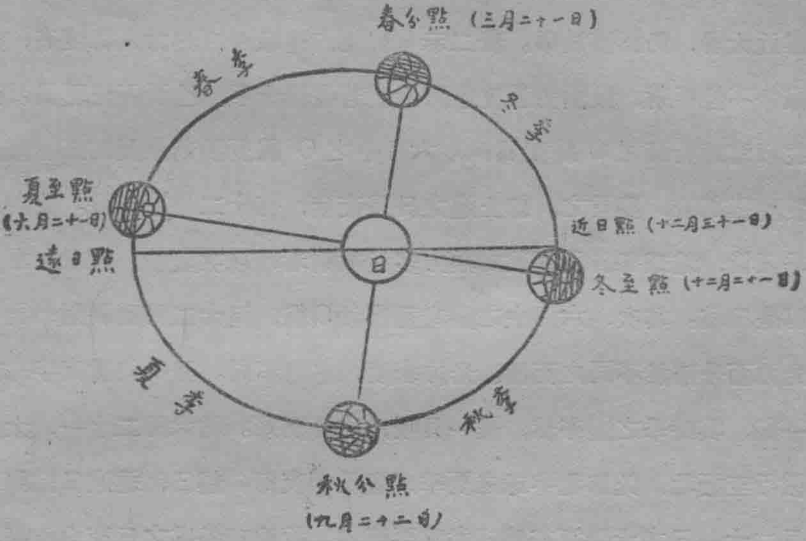
太陽位於焦點，地球則每年循其軌道而轉一週，惟地球之速度因時而異趨，至於變易之方法，乃依據刻卜勒定律(Kepler's Law)，卽相等時間段內向徑（Radius Vector）經過之面積亦相等，如圖七甲所示之各陰影面積是也，其弧 aa', bb' cc' 則代表相同時日內所經越之距離。揆之事實，地球軌道幾近圓形，圖七甲所示者，爲便於說明，故稍形容過甚，然未害於事也。



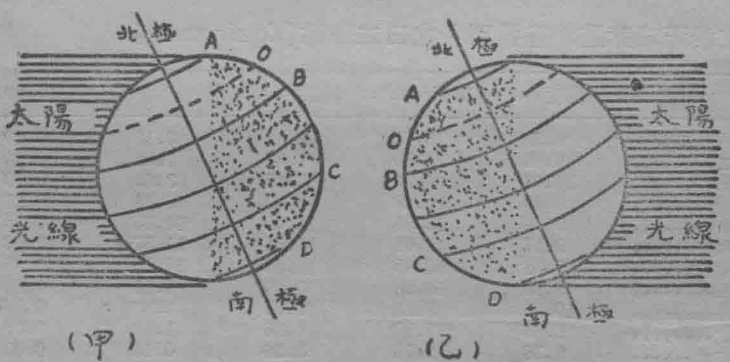
圖八 黃道,天球赤道,及其兩極

地球之軌道平面名爲黃道平面, 引伸此平面而切於天球, 是謂黃道(Ecliptic), 因其變動甚微, 故設爲固定而作一切之根據點。至於地球赤道之平面則有歲差, 約須二萬六千年始能完成一圓週。 圖八之VRAR' 爲黃道, VQ'AQ 爲天球赤道, P 爲天球極, 地球軸遙指向之, P'爲黃道極。黃道與赤道兩平面間之角度爲 23°·5, 而 P 繞 P' 作逆向圓週轉運(暫不計章動差)。V 與 A 隨之亦有差動, 此待下節論之。

季候之變化乃由於地軸之傾斜及永遠平行之事實所生。當地球行至軌道之某點, 其軸北端如離太陽而外向, 即爲北半球之冬季也。如圖九。屆十二月二十一日太陽似行於極南, 故晝短而夜長。地球在此位置時, 凡經地球軸心而垂直於軌道面之平面將穿過太陽。自地球經過其長徑末端後十日即達近日點 (Perihelion)。 冬日之太陽誠較夏日近於地球, 顧於事實則無影響, 而冬季反寒於夏日, 致此之由, 有二點可述: 一爲冬日短, 二爲冬日之太陽光斜射於地面。自表三內可以



圖九　四季



圖十　(甲)六月之地球

(乙)十二月之地球

知各地各月之有太陽的時刻，時間短，受熱力之機會卽隨之而少，故雖近太陽，仍無濟於事。表二示各緯度內能吸受之熱力，緯度高，光線卽不能平射，故熱力強度遂降低。若從圖十甲，乙而研究更易明瞭，設以地球表面之 O 緯度爲例，六月中之 O 線受陽光照及之部份較長於陰影部份，易言之，卽上述之日長夜短，然十二月則反是。故入夏季以後，地球每日所吸收之熱力多於放射者，以次累積，地球之溫度因是日增。其次，六月中之陽光垂直於O線，但十二月則斜射，同一光力而分佈於不同之面積，光力密度，必然不同。設O線爲南半球之一部，其時季之變亦然，惟一月暖，六月反寒。約六月二十一，太陽似行至極北，此卽北半球之夏季，晝長而夜短。越日，達遠日點。三月二十一日之太陽適在地球赤道平面內，故地球各處之日夜均相等，（參考圖九）其專名曰春分點 (Vernal Equinox)。迄九月二十二，晝夜亦相等，是謂秋分點 (Autumnal Equinox)。上述二日之太陽乃位於天球赤道，普通則名之曰二分點(Equinoxes)。

日期	緯度=0°	緯度=22°.5	緯度=45°.0	緯度=67°.5	緯度=90°
一月二十一	9.38	6.70	3.26	0.13	0.00
二,,,,,,,,,	9.80	7.89	4.86	1.32	0.00
三,,,,,,,,,	10.00	9.74	7.07	3.83	0.00
四,,,,,,,,,	9.80	10.28	9.29	7.11	6.26
五,,,,,,,,,	9.38	10.85	10.95	10.15	10.85
六,,,,,,,,,	9.17	11.01	11.54	11.57	12.53
七,,,,,,,,,	9.38	10.85	10.93	10.15	10.85
八,,,,,,,,,	9.80	10.28	9.29	7.11	6.26
九,,,,,,,,,	10.00	9.24	7.07	3.83	0.00
十,,,,,,,,,	9.80	7.89	4.86	1.32	0.00
十一,,,,,,,,	9.38	6.70	3.26	0.13	0.00
十二,,,,,,,	9.17	6.21	2.68	0.00	0.00
總數	115.06	107.14	85.04	56.65	46.75

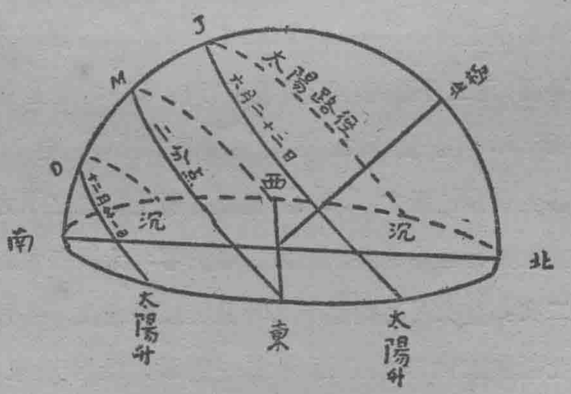
表二　地球表面每一單位面積每日所受之太陽熱力

日　　期	緯度＝0°	緯度＝22°.5	緯度＝45°.0	緯度＝67°.5	緯度＝90°
一月二十一	12 小時	10.8小時	9.1小時	3.6小時	0.00小時
二,,,,,,,,,	12 ,,	11.4 ,,	10.4 ,,	8.1 ,,	0.0 ,,
三,,,,,,,,,	12 ,,	12.0 ,,	12.0 ,,	12.0 ,,	在平面上
四,,,,,,,,,	12 ,,	12.6 ,,	13.6 ,,	15.9 ,,	24.0 ,,
五,,,,,,,,,	12. ,,	13.2 ,,	14.9 ,,	20.4 ,,	24.0 ,,
六,,,,,,,,,	12. ,,	13.4 ,,	15.4 ,,	24.0 ,,	24.0 ,,
七,,,,,,,,,	12 ,,	13.2 ,,	14.9 ,,	20.4 ,,	24.0 ,,
八,,,,,,,,,	12 ,,	12.6 ,,	13.6 ,,	15.9 ,,	24.0 ,,
九,,,,,,,,,	12 ,,	12.0 ,,	12.0 ,,	12.0 ,,	在平面上
十,,,,,,,,,	12 ,,	11.4 ,,	10.4 ,,	8.1 ,,	0.0 ,,
十一,,,,,,,	12. ,,	10.8 ,,	9.1 ,,	3.6 ,,	0.0 ,,
十二,,,,,,,	12 ,,	10.6 ,,	8.6 ,,	0.0 ,,	0.0 ,,

表三　每日太陽在地平面上之時間

1–7　各季太陽之視位置

天球上各季太陽之視位置，因地球位置之不同而異，如圖十一所示。太陽向東之視動，因逐日依一與赤道成傾角之黃道軌跡而前進，故其離赤道之角距亦日在變易之中。半年位於赤道南，餘則位於北。六月二十二日太陽行至極北，故居北半球者，能見十二小時以上之太陽，如圖十一之J點是也。十二月二十一日之太陽行至極南，如圖十一D，



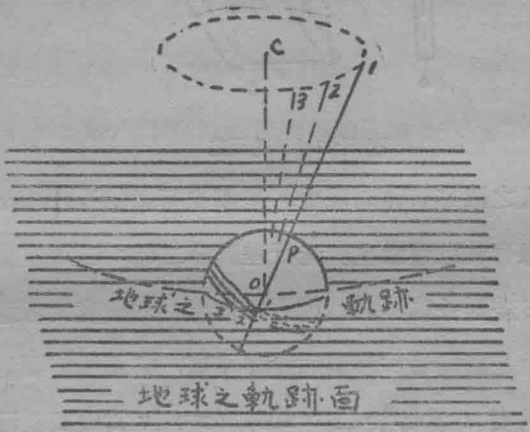
圖十一　各季太陽之視位置

在北半球能見及之太陽不及半日，在此兩極限間，每年經過春分及秋分兩點各一次。因是太陽之視動，係繞其軸而作螺旋形。太陽於天球上之向東運動，因地球有其軌道運動，故未被注意，惟苟觀測太陽與星座相互之位置，卽能知其事實。每當紅日西沉之時，留心觀測東方最初出現之星座，日日而記，月月而不停，必將發見其變化，一年之末　行將重見當初之星，太陽東行，以此證之。

1—8 歲差及章動

地球之軸，每依平行線進行，方向不變，前已言之，然年代經久之後，方向之變化漸著，天文學家詳考其故，乃因地球爲橢圓形，在赤道突出之環狀部份，受日月引力後，欲使地球之赤道面與軌道面相合，祇以地球旋轉甚速，有反抗日月引力之勢，是以赤道面與軌道面之傾角仍爲 $23^\circ\cdot5$ 而未變。所生之結果，僅可使地軸繞軌道面之垂線而旋轉，畫成圓錐形而已。如是則赤道面與軌道面相交之線，亦必向西旋轉，同時二分點亦在天球上漸向西行，年復一年，愈來愈早，此種現象謂之分點歲差(Preçession of the Equinoxes)，簡稱曰歲差。據天文學家之實測，兩二分點每年沿黃道西行約 $50''\cdot2$，由是推算地軸旋轉之周期爲 25800 年。圖十二；因北極變易其位置，自 1,2 至 3，春分點隨之而移至相當位置之 $1',2',3'$。惟地球所受日月之引力，大小無常；當太陽與月亮行經赤道時，引力卽等於零；太陽每年經赤道二次，月亮則每月二次。復次月亮軌道面又時易其傾斜角度，一月間竟有十度之別。故北極實依曲線振動而轉成一圓形，此種現象名謂章動(Nutation)。章動之最大値約等於 $9''\cdot21$，周期約須十九年。歲差之

現象若以環動儀解釋之，則更明悉矣。星之位置係依據赤道與春分點而定，故春分點有移動，星亦異其視位置。至於星之自身，卽有些微之角距運動，然不易察出也。



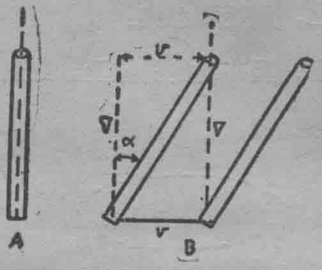
圖十二　歲差與章動

1-9　光差

設降落之雨點為垂直於地面，則雨點將穿經一狹長小管而過，尙能不着於管壁。若該管直放如圖十三A所示，則為之固易如反掌。然管若執於某一行路者之手，除將該管斜執如B圖所示，雨點必將着於管壁無疑。至於斜傾角度之大小，則視雨點降落高度V及該管行動速度v而定。圖中之管乃為一以V及v作成長方形之對角線。茲定V為雨點之速度，v為管之速度，其關係可以下式示之。

$$\tan\alpha=\frac{v}{V}$$

或
$$\alpha=\frac{v}{V}\times 206,265''$$



圖十三 光行差

星光傳入吾人之眼亦有相同現象，是謂光行差(Aberration)，其致此之由，乃因地球有軌道運動也。光行差計分二種：曰周差與日差，周差各處相等；日差則各處不同，因地球自轉時，緯度大者速度低，緯度小者反是。由是觀測者如以望遠鏡望星座，必須置鏡頭於星光眞實方向之前，其角度 α 當等於 $\frac{v}{V}\times 206,265''$，v 爲地球軌道運動之速度，V 爲光速。地球如係固定，則光差自不發生；地球如在一直線內運動，則光行差將到處相等吾人亦必不能發覺其存在。今地球之運動軌道爲連接之橢圓形，故任何星之光行差年必數易，觀測者稍加注意，即能見及也。地球運動方向如垂直於星光方向，則其光行差謂定數光行差(Constant of Aberration)，其值幾近於 $20''\cdot 5$，由之可求地球運動之速度：

$$v=\frac{20''\cdot 5\times V}{206,265''}$$

較之光速，尚不達千分之一。

第 二 章

定義——參照之圓與點

2-1 定義

下列之天文名辭，凡以球面座標決定天球上天體之位置時，甚爲普通，且係必需。

垂直線(Vertical Line)

地球表面任何點之垂直線卽爲該點之地心引力方向，以鉛垂線可以定出，或間接以氣泡水準儀定之。如圖十四之 OZ 方向。

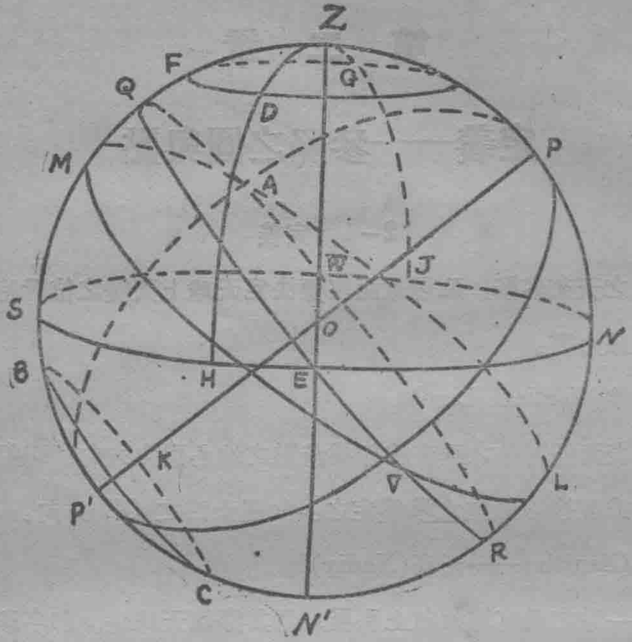
天頂(Zenith)——天底(Nadir)

任何一點之垂直線如向上引展，當其穿切天球時，卽名該點爲天頂。如圖上之Z，此點甚重要，因該點可指出地球上觀測者之位置。垂直線向下引展而切於天球，又名該點爲天底，如圖上之 N′ 是也。

地平 (Horizon)

地平乃係一經地球中心而且垂直於 OZ 垂眞線之平面在天球上所切之大圓也。如圖上 NESW。地平面至天頂及天底均爲 90°。故凡一平面若經觀測者之目而又垂直於垂面，彼必於天球上切一與上述相同之大圓。可見地平 (Visible Horizon) 乃係一海天相接之圓圈，引伸之而射於天球，其圓圈較小且位於眞地平面之下，然仍互相平行。至於其間距離，乃視乎觀測者之眼離水面之高低而定。

地平經圈(Vertical Circles)



圖十四 天球

地平經圈即經過天頂與天底之大圓，並與地平面相切成直角 90°。如圖 HZJ。

地平緯線(Almucantars)

地平緯線乃平行於地平面之諸小圓，如圖 DFG。

北極——南極(Poles)

設引展地球自轉之軸心而切於天球，其相切之二點謂二極，卽俗云之北極及南極，如圖 PP′。

赤道(Equator)

天球赤道乃一經地球中心且垂直於地軸之平面刻切於天球之大圓，

如圖 QWRE，自赤道至兩極，各處均爲 90°。凡經觀測者眼之平面且平行赤道者，在天球上切同一之圜圈。

時圈(Hour Circle)

時圈乃經過天球南北極之大圜，如圖 PVP′。

6－時圈者亦係時圈之一，但其平面垂直於子午圈。

赤緯線(Parallels)

凡平行於赤道之小圜圈均謂爲赤緯線如上圖 BKC。

子午圈(Meridian)

子午圈係一經過天頂及二極之大圜，如上圖之 SZPL，在某一時刻內亦可爲時圈及地平經圈；故各觀測者均有其各別之子午圈。子午圈與地平面相切處爲南北兩點 N,S。平面測量內應用之子午圈，乃子午圈平面與經過觀測者之水平面所成之交線。

卯酉圈(Prime Vertical)

卯酉圈係一垂直於子午圈平面之地平經圈，如 EZW。與地平面相切於東西兩點。E,W。

黃道(Ecliptic)

黃道係太陽一年內在天球上所移動之大圜，如圖 AMVL。其平面卽爲地球之軌跡平面，與赤道成 23°27′ 之角度，是角名爲黃赤交角(Obliquity of the Ecliptic)。

二分點(Equinoxes)

黃道與赤道相交之二點名爲二分點。當太陽自南而北行時所經之交點謂爲春分點（Vernal Equinox），V；其他一點爲秋分點，A

(Autumnal Equinox)。

二至點(Solitices)

黃道上二分點中間尚有二點曰二至點，即俗稱夏至與冬至是也。

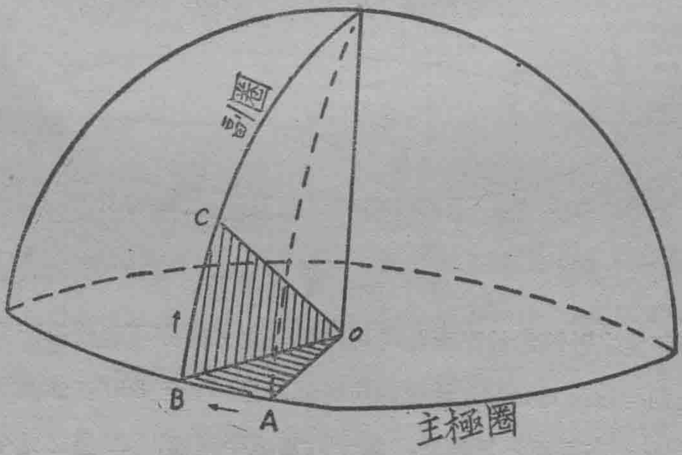
第三章

天球上之座標制

3—1　球面座標

應用天文必須作實際之觀測，故不得不訂定一座標制，用以決定天球上各位置，今所通行者有三種。不論何種座標，其定點之方法均用兩角度或兩弧。其中之一在主極圈(Primary Cirele)上自某固定點量至經過尙須待定點之副圈 (Secondary Circle)，另一則於副圈上自主極圈量至待定點。主極圈與副圈之二平面相垂直。

圖十五C點之方向係以AOB角或AB弧及BOC角或BC弧定之，AOB角係於主極圈之A點量至B點，至於BOC則於副圈上自

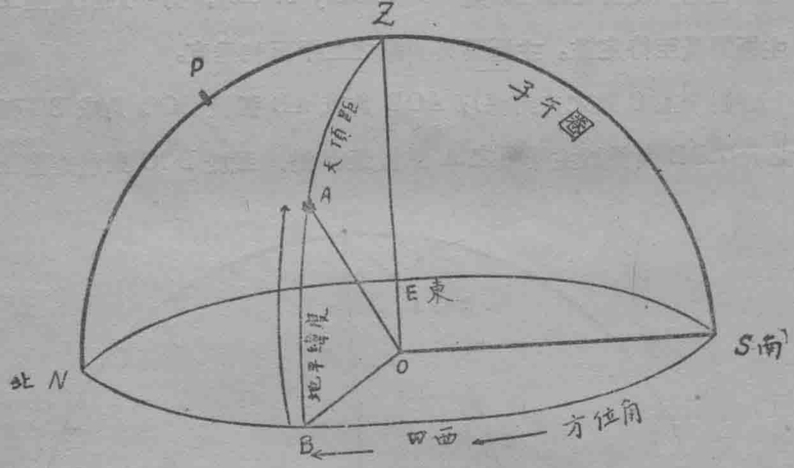


圖十五　球面座標

主極圈量至 C 點。AB 及 BC 平面互相垂直。此處所注意者僅一某點之方向，其距離之大小則未嘗計及矣。

3－2 地平座標

此種座標制之主極圈爲地平面副圈爲地平經圈，即經過天頂及天底之大圓。某一點之第一座標係於地平面上地平經圈內所量之角距，名之曰地平緯度 (Altitude)。地平緯度之補角謂爲天頂距 (Zenith Distance)，第二座標乃地平面內子午圈與地平經圈間之角距，謂之曰方位角或地平經度(Azimuth)。

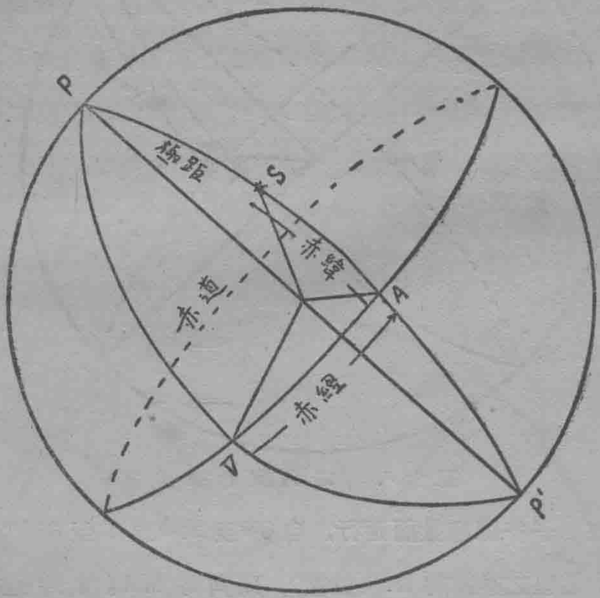


圖十六 地平座標

地平經度之計算起始點南北均可，轉運之方向亦可視情形而定。惟習慣上則均以南爲始點，而依鐘向轉運，自 0° 至 360°。然觀測之星如近北極，亦可用北爲始點。圖十六爲地平座標，A 星之地平緯度爲 BA，地平經度爲 SB。

3－3　赤道座標

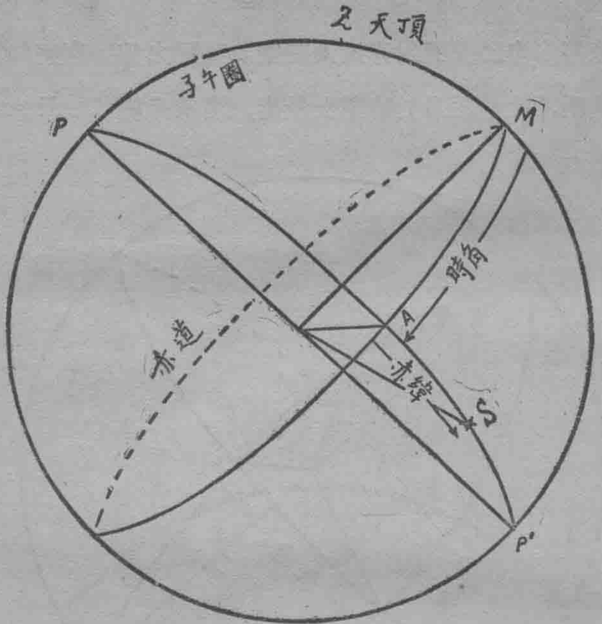
此類座標之參照圓圈爲赤道及時圈。某點之第一座標卽其在赤道南或北之角距，此角距乃於時圈上量出，名爲赤緯(Declination)。



圖十七　赤道座標

赤緯如於赤道之北，謂正赤緯；南則爲負赤緯。某點之第二座標係春分點與經過該點之時圈間之赤道弧距，名之曰赤經(Right Ascension)赤經乃自春分點起量而東行至時圈。計數可用度，分，秒或時，分，秒，一以何者較便利而定，圖十七，S 星座之赤緯爲 AS，赤經爲 VA。

有時爲便利計，不用赤緯及赤經作座標，而以赤緯及時角代之。一點之時角 (Hour Angle) 卽觀測者之子午圈及經過該點之時圈間赤



圖十八　時角與赤緯座標

道弧距，並自子午線起量而西行，自 0時至 24時或 0° 至 360° 為止。上圖十八，S 星座之赤緯為 AS (負數)，時角為 MA。計時間之時角可自子午線之下部或上部計之。

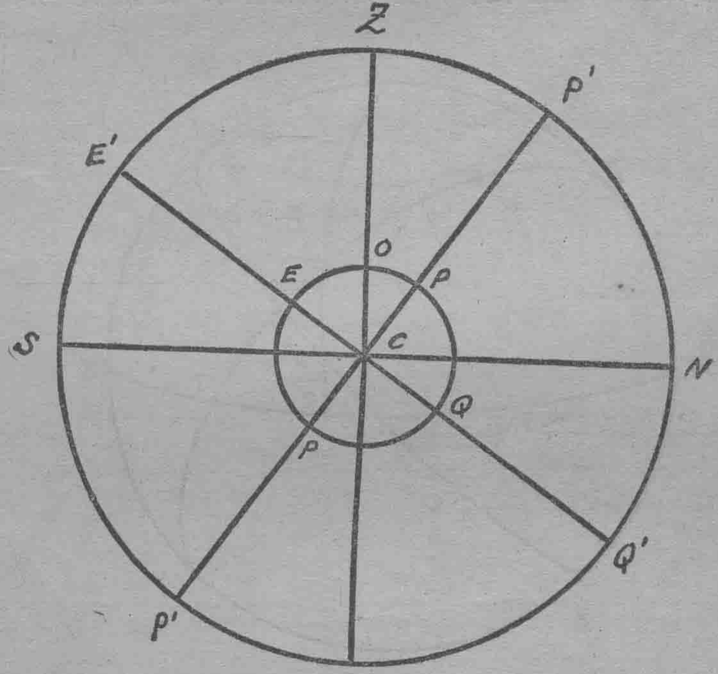
上述三種座標茲以下表別之。

種類	原圈	副圈	原座標		原座標		副座標	
			名稱	量之起點	方向	限度	名稱	限度
I	地平面	地平經圈	地平經度	南方	向西	0°至360°	地平緯度	0°至90°
II	天球赤道	時圈	赤經	春分點	向東	0時至24時	赤緯	± 90°
III	天球赤道	時圈	時角	子午圈及天球赤道南方交點	向西	0時至24時	赤緯	± 90°

此外尙有一種座標，在某種天文學內頗多應用，但本書則不採用，其座標名稱曰黃緯度，　黃經度，　主極圈爲黃道。與上述之緯度與經度頗多相似之處，然一以赤道爲主極圈，一則黃道，此不可不注意也。

3－4　觀測者之座標

觀測者之位置可用緯度及經度定之。緯度云者，觀測者位於地球赤道南或北之角距之謂也。若以天文之意義解釋之，卽觀測者之天頂之赤緯也。圖十九，地球之緯度爲 EO 弧度，EQ 爲赤道，而 O 爲觀測。Z 點爲觀測者之天頂，故在天球上之緯度爲 E′Z 弧，蓋其與 EO

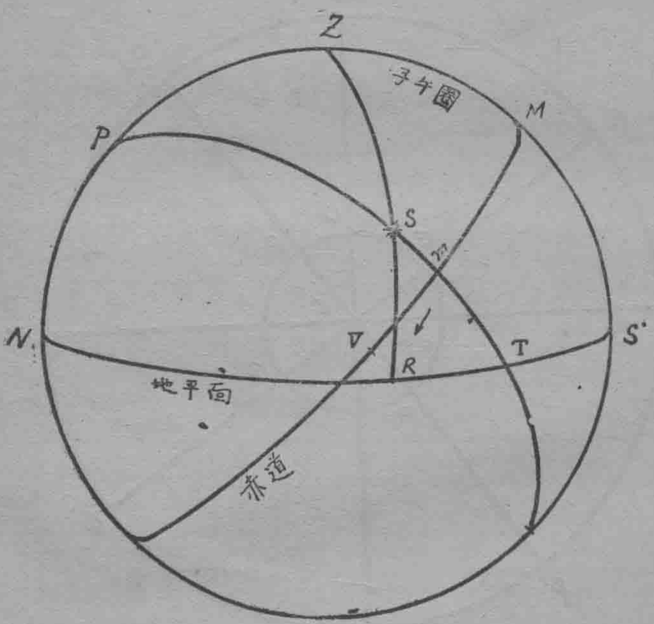


圖十九　觀測者之緯度

弧含相同角度。緯度之補角謂爲餘緯度(Co-Latitude)。觀測者之地球經度卽原子午圈（公認英國格林維基子午圈爲原子午圈）與觀測者之子午圈間之赤道弧度。天球上之經度乃二地球子午圈平面在天球上所作之二時圈間之天球赤道弧度。

3-5　二種座標之關係

研究天球上各點及各圜間之關係，最佳設想天球爲二層球殼所組成，一外一內。外層天球上計有黃道，二分點，兩極，赤道，時圈，及一切星座與行星，月亮，太陽。內層天球上則有天頂，地平面，地平經圈，二極，時圈，及子午圈。因地球之自轉，故內層天球亦轉動，



圖二十　外層天球

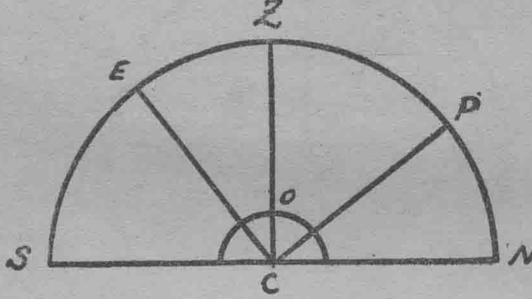
惟外層天球則無運動。若僅以視運動爲標準，外層天球日轉一次，而內層天球則似無運動。故第一種赤道制（赤緯與赤經）內恆星之座標永不變動，然地平制內之座標則時在變易。自另方面言之，第一種赤道制內，座標於觀測者之位置不生若何關係，而地平制內之座標全依據其位置而定。造星座之表冊時，必須用赤緯與赤經以定其位置。觀測時，求便利計，常量地平制內之座標。二種座標彼此相互之關係及其計算方法，必須明瞭。關於數學公式之討論詳於第四章。圖二十乃於天球外所見之天球也。論球面三角時，此圖乃不可忽略視之。

第四章

諸座標間之關係

4-1 極之地平緯度與觀測者之緯度關係

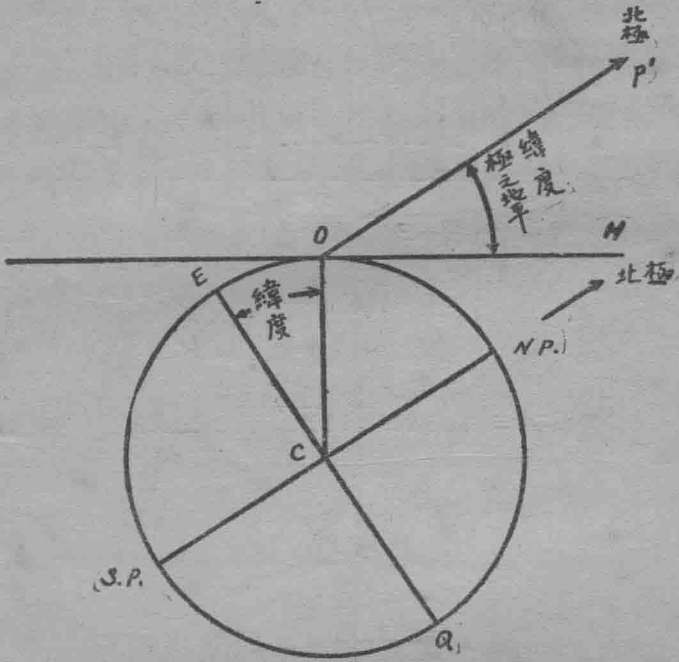
茲以下圖二十一內之 SZN 代表觀測者之子午圈；P 為天極，Z 為天頂，E 為子午圈與赤道之交點，而 N 及 S 則地平之北方與南方。若依定義而言，垂直 CZ 乃垂直於地平線 SN，而軸心 P 則垂直於赤道。



圖二十一

故 PN 弧等於 EZ。然 EZ 為天頂之赤緯，或云緯度；而 PN 則為天極之地平緯度。由此觀之，極之地平緯度常等於觀測者之緯度。在下圖二十二內可得相同之關係，NP 為地球之北極，OH 為地平面，觀測者為 O，EQ 係赤道，OP′ 乃平行於 C-NP 線，亦遙指天極。觀測者之緯度可以 ECO 示之，該角等於天極地平緯度 HOP′。設有一人而立於赤道上，彼將見南北天極各位於地平面之南北。若有向北

極而前進者，北極似漸次上升，惟其地平緯度恆等於緯度；至於南極則即隨之而落於地平面以下。及達地球之北極，北天極將直蓋於頭頂之上。

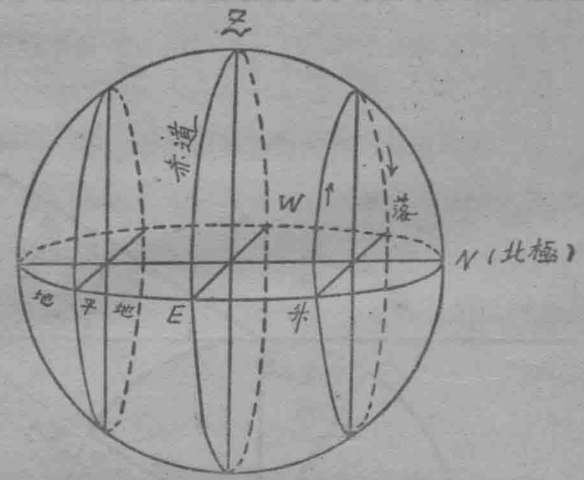


圖二十二

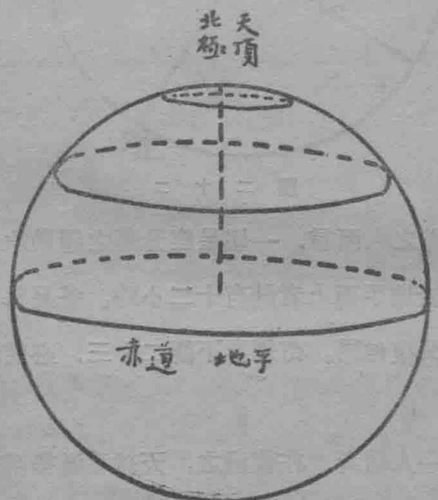
就一居於赤道之人而言，一切星座升落之運動均似垂直，天球每轉一次，各星現於地平面上者計有十二小時。各星每日在兩半球地平面上出現之時刻又復相同。苟細審下圖二十三，必能深切知上述之一切。

設北極上有一人居焉，在彼視之，天球赤道勢將脗合於地平面，若夫北半球之星座，則將繞平行於地平面之圓圈而轉動，永日常見，

地平緯度亦不變。南半球之星座永遠不能見及。北方之『北』字因之而



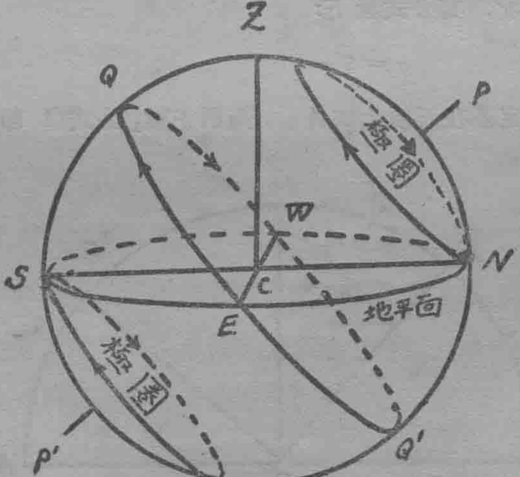
圖二十三　觀測者在地球赤道上所見之天球現象



圖二十四　在北極所見之天球

失去原有意義，至於『南』則可作任何地平方向。地球上某一點之地平經度及經度（以格林維基爲起點）均相同。

於上述兩極限緯度間之各點，赤道與地平面均相切成一傾斜角度。赤道上所有之星，現於地平面上之時間等於沉沒時間。位於赤道之北時，（就在北半球而言）出見時間長於沉沒時刻。若星座之拱極小於觀測者之緯度（北緯度）則星座之整日周圓全現於地平面上，易言之，該星不論日或夜，常在地平之上，是謂之拱極星 (Circumpolar Star)，如圖二十五內所示之極圈是也。南拱極星者，其南極距小於緯度故也；因常在地平之下，故北半球居民永不能見及之。如有一人自赤道而北行，達緯度 66° 33′，是時若適爲夏至，太陽亦變成一拱極星。中午之高度達其極點，午夜之高度爲最小，惟仍位於地平面上，此謂中夜太陽。



圖二十五

4-3 觀測者之緯度與子午圈上一點之赤緯和地平緯度間之關係

觀測者之緯度與子午圈上一點之赤緯和地平緯度間之關係可參考下圖二十六。設A點為子午圈之任何一點，如星，太陽，月亮或行星之中心，位於天頂之南，但在赤道之北，如下之記號，當可明白表示之：

$EZ=\phi$，緯度

$EA=\delta$，赤緯

$SA=\eta$，子午圈內地平緯度

$ZA=\zeta$，子午圈內天頂距

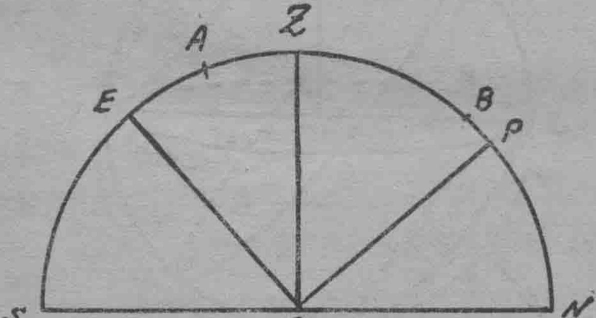
自圖內可求出下列之關係：

$$\phi=\zeta+\delta \tag{1}$$

設A於赤道之南，δ變為負，如其符號無誤，仍可應用上述公式。若A位於天頂之北，其公式如下：

$$\phi=\delta-\zeta \tag{2}$$

然於事前苟假定ζ在天頂北為負數，南則正數，公式(1)即可應用裕如。



圖二十六 子午圈上之星座

當一點位於北極之下，如計赤緯大於 90°，上述公式倘能應用。求便利計，時以極距 ρ 代赤緯。

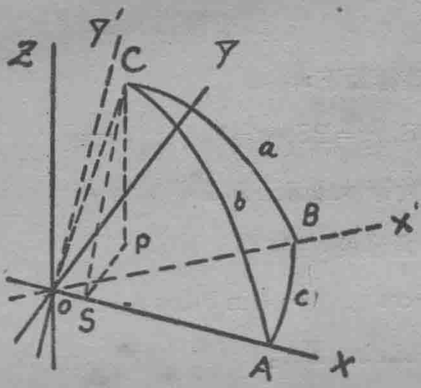
星如位於北極之上，天頂之北，參考上圖二十六 B，其極距爲 $\rho=90^\circ-\delta$

$$\phi=\eta-\rho \tag{3}$$

B 在北極下時，則用下列公式：

$$\phi=\eta+\rho \tag{4}$$

4-3　球面三角基本公式之推演



圖二十七

球面三角云者乃一部份由三大圓弧於圓球上合圍之表面之謂也。

設於球面三角之頂尖及圓球之中心連接於直線，卽形成一三面角度。三面角度之面角可量球面三角之邊，而其二面角則量球面三角之角。凡球面三角之邊及角度均以度數計之。

解球面三角必需之基本公式，可以解析幾何之方法推演之如下：

圖二十七內，

設 ABC 爲一球面上之球面三角，其圓球中心爲 O。

於是 $OA=OB=OC=\gamma$

假定 O 爲直角座標之原點

OX 經過頂尖 A

OY 在 AOB 平面內

OZ 垂直於 AOB 平面

作 CP 垂直於 OX 及 OY 之平面

PS 垂直於 OX

CS

於是 C 之座標如下：

$x=OS$，$y=PS$，$z=PC$。

作圖 CSP 角等於球面三角 A

COS 角等於 b 邊。

故 $x=\gamma\cdot\cos b$，$y=\gamma\cdot\sin b\cdot\cos A$。

$z=\gamma\cdot\sin b\cdot\sin A$。

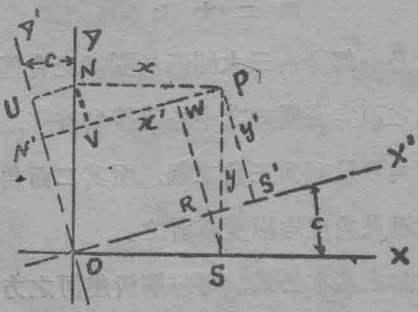


圖 二 十 八

使 OZ 不動而轉 OX 及 OY 至 OX′ 及 OY′ 之新位置，如上圖二十八，即迄 OX′ 經過頂尖 B。

設自 P 處作一直線，垂直於 OX′，復於其與 OX′ 相切點引一線接至 C 點。得公式如下：

$$x'=\gamma\cdot\cos a,\quad y'=-\gamma\cdot\sin a\cdot\cos B$$

$$z'=\gamma\cdot\sin a\,\sin B$$

座標轉動以後之公式如下：

$$x'=y\cdot\sin c+x\cdot\cos c$$

$$y'=y\cdot\cos c-x\cdot\sin c$$

$$z'=z$$

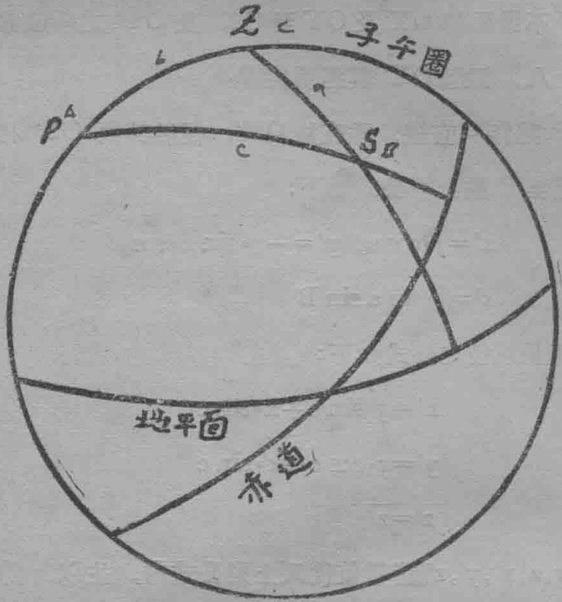
以 x,y,z,x',y',z' 諸數值代入上列公式內，並以 γ 除之，即得下列三種基本公式：

$$\cos a=\cos b\cdot\cos c+\sin b\cdot\sin c\cdot\cos A \tag{5}$$

$$\sin a\cdot\cos B=\cos b\cdot\sin C-\sin b\cdot\cos c\cdot\cos A \tag{6}$$

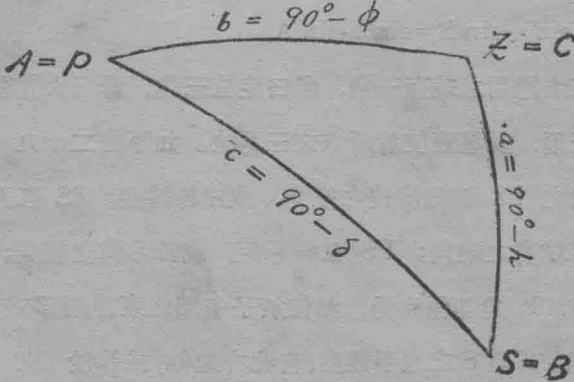
$$\sin a\cdot\sin B=\sin b\cdot\sin A \tag{7}$$

天文上應用之球面三角，名曰定位三角，乃以大圓在天球上連接北極，天頂，及星座位置所成之三角也。如下圖二十九 PZS 三角是也。圖內之 PZ 弧乃緯度之補角，或曰餘緯度；ZS 弧乃係天頂距，或云地平緯度之補角；PS 弧爲極距，或云赤緯之補角；若星位於子午圈之西，P 角即係時角，如位於子午圈之東，則 360° 減去時角始等於 P 角。Z 爲 S 之地平經度(自北方起始)或等於 360° 減 S 之地平經度始等於 Z，此則視 S 位於子午圈之西或東而定之。S 點之角度謂



圖二十九　定位三角(天文上應用)

爲變位角。此三角形之任何三部如屬已知，則卽可求其他之三部，基本公式如(5)(6)(7)所述，茲試推演之如下：



圖三十　定位三角

設　$A=t$, $B=S$, $C=Z$。

$a=90°-\eta$, $b=90°-\phi$, $c=90°-\delta$,

於是上述三公式變成下式:

$$\sin\eta=\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos t \tag{8}$$

$$\cos\eta\cdot\cos S=\sin\phi\cos\delta-\cos\phi\sin\delta\cos t \tag{9}$$

$$\cos\eta\cdot\sin S=\cos\phi\sin t \tag{10}$$

設　$A=t$,　$B=Z$,　$C=S$。

$a=90°-\eta$, $b=90°-\delta$, $c=90°-\phi$

於是　(6)及(7)變爲

$$\cos\eta\cos Z=\sin\delta\cos\phi-\cos\delta\sin\phi\cos t \tag{11}$$

$$\cos\eta\sin Z=\cos\delta\sin t \tag{12}$$

設　$A=Z$, $B=S$, $C=t$。

$a=90°-\delta$, $b=90°-\phi$, $c=90°-\eta$

於是　(5)(6)(7)變爲

$$\sin\delta=\sin\phi\sin\eta+\cos\phi\cos\eta\cos Z \tag{13}$$

$$\cos\delta\cos S=\sin\phi\cos\eta-\cos\phi\sin\eta\cos Z \tag{14}$$

$$\cos\delta\sin S=\cos\phi\sin Z \tag{15}$$

設　$A=Z$, $B=t$, $C=S$

$a=90°-\delta$, $b=90°-\eta$, $c=90°-\phi$

故

$$\cos\delta\cos t=\sin\eta\cos\phi-\cos\eta\sin\phi\cos Z \tag{16}$$

其他公式尙多，然本書所應用者，上述諸式已足資用運矣。測量

及航海內最普通之問題不外下列兩種:

1. 已知赤緯，緯度及地平緯度，而求地平經度及時角。

2. 已知赤緯，緯度及時角，而求地平經度及地平緯度。

茲設 t=時角

Z=地平經度

h=地平緯度

ζ=天頂距

ρ=極距

ϕ=緯度

$s=\frac{1}{2}(\phi+h+\rho)$

計算時角 t，可用下列諸公式:

$$\sin\frac{1}{2}t=\sqrt{\frac{\cos s\sin(s-h)}{\cos\phi\sin\rho}} \tag{17}$$

$$\cos\frac{1}{2}t=\sqrt{\frac{\cos(s-\rho)\sin(s-\phi)}{\cos\phi\sin\rho}} \tag{18}$$

$$\tan\frac{1}{2}t=\sqrt{\frac{\cos s\sin(s-h)}{\cos(s-\rho)\sin(s-\phi)}} \tag{19}$$

$$\cos t=\frac{\sin h-\sin\phi\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta} \tag{20}$$

$$\cos t=\frac{\sin h}{\cos\phi\cos\delta}-\tan\phi\tan\delta \tag{20 a}$$

$$\operatorname{Vers} t=\frac{\cos(\phi-\delta)-\sin h}{\cos\phi\cos\delta} \tag{21}$$

計算地平經度Z並以北方爲起點而向東或西轉，可用下列諸公式:

$$\sin\frac{1}{2}Z=\sqrt{\frac{\sin(s-h)\sin(s-\phi)}{\cos\phi\cos h}} \tag{22}$$

$$\cos\frac{1}{2}Z=\sqrt{\frac{\cos s\cos(s-\rho)}{\cos\phi\cos h}} \tag{23}$$

$$\tan\frac{1}{2}Z=\sqrt{\frac{\sin(s-\phi)\sin(s-h)}{\cos s\cos(s-\rho)}} \tag{24}$$

$$\cos Z=\frac{\sin\delta-\sin\phi\sin h}{\cos\phi\cos h} \tag{25}$$

$$\cos Z=\frac{\sin\delta}{\cos\phi\cos h}-\tan\phi\tan h \tag{25a}$$

$$\text{Vers } Z=\frac{\cos(\phi-h)-\sin\delta}{\cos\phi\cos h} \tag{26}$$

若以南方爲地平經度之起始點，則如下式：

$$\cot\frac{1}{2}Zs=\sqrt{\frac{\sin(s-\phi)\sin(s-h)}{\cos s\cos(s-\rho)}} \tag{27}$$

$$\cos Zs=\frac{\sin\phi\sin h-\sin\delta}{\cos\phi\cos h} \tag{28}$$

$$\text{Vers } Zs=\frac{\cos(\phi+h)+\sin\delta}{\cos\phi\cos h} \tag{29}$$

任何一公式均能求出欲得之角度，至於如何選擇較適合者，則視乎需求精確程度而定。若角度甚小，似用正弦 (Sine) 較餘弦爲精密；角度近 90°，其理反是。正切 (Tangent) 之變化甚速，正弦及餘弦均難企及，故精密程度亦勝於其他二者。若干公式，均須同時應用對數及自然二函數，然於工程師初無若何不便，蓋所需之表册均甚普通，工程師所必備也。

一物之地平緯度可自下列公式求之：

$$\sin h=\cos(\phi-\delta)-2\cos\phi\cos\delta\sin^2\tfrac{1}{2}t \tag{30}$$

或 $$\sin h=\cos(\phi-\delta)-\cos\phi\cos\delta\ \mathrm{Vers}\ t \tag{30a}$$

設赤緯，時角及地平緯度為已知，地平經度可以下式求之：

$$\sin Z=\sin t\cos\delta\sec h \tag{31}$$

設計算近極星之地平經度，若其時角已知，時用下列公式：

$$\tan Z=\frac{\sin t}{\cos\phi\tan\delta-\sin\phi\cos t} \tag{32}$$

此式乃以(11)除(12)，復除以 $\cos\delta$，推演而得之。

地平面內之物體

設一物體位於地平面內，已知其緯度，赤緯，求其地平經度及時角。

$$\cos t=-\tan\delta\tan\phi \tag{33}$$

$$\cos Z=\sin\delta\sec\phi \tag{34}$$

太陽升落時刻及其地平經度亦可以上述二公式求之。

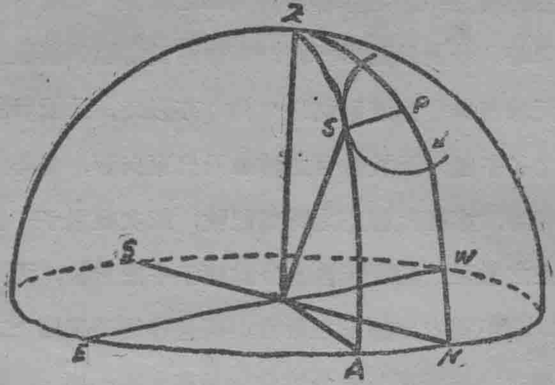
最大距角

最大距角在 PZS 三角形內佔非常重要之地位；凡星達此位置，其地平經度為最大，而其日周圓則正切經過此星之地平經圈；故 PZS 三角形內之 S 角等於直角，如圖三十一。計算地平經度及時角之公式如下：

$$\cos t=\tan\phi\cot\delta \tag{35}$$

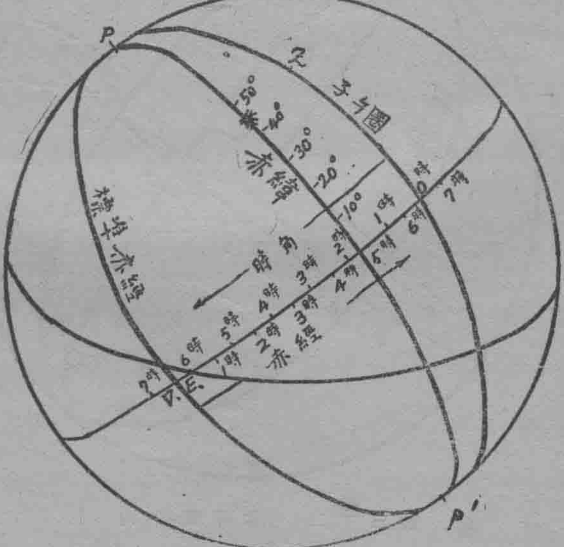
$$\sin Z=\sin p\sec\phi \tag{36}$$

由此公式可求星之最大距角時刻及其地平經度。



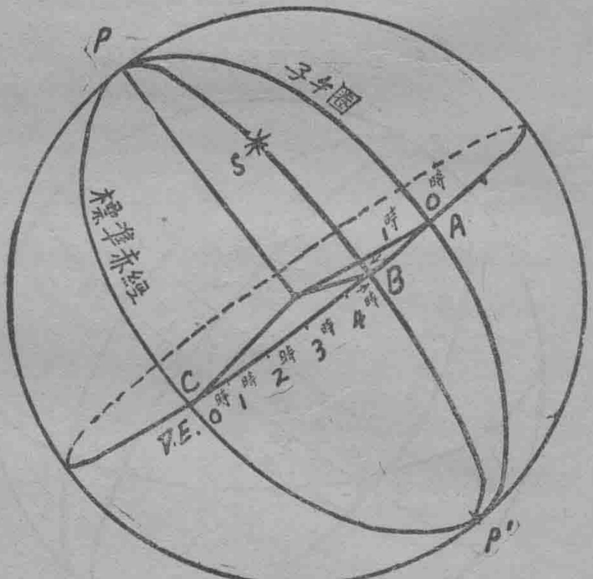
圖三十一　最大偏角

4-4　赤經與時角間之關係



圖三十二　赤經與時角

爲求易於瞭解某一點之赤經與時角間之關係，我儕可設想赤道於天球之外層以時，分及秒刻出赤經，春分點爲零點，其數目之增加，自西向東。天球內層之赤道則刻以時角，亦以時，分及秒計數，其零點爲觀測者之子午圈，至於數目之增加乃自東向西，參考上圖三十二。外層天球旋轉時，赤經尺標上之時刻記號，依次經過子午圈。任何時刻內子午圈上之數目，卽表示自春分點經子午圈以後，天球所轉動之距離也。設試讀正對春分點上之數目，則適等於子午圈上之赤經數目。故視爲子午圈之赤經固可，春分點之時角亦未嘗不可。



圖三十三　赤經與時角

上圖三十三，S 星之時角等於 AB 赤經等於 CB。二角之和爲

AC 或云春分點之時角。對於 S 星之任何位置，上述之關係永持不變。故此二座標間之普遍關係，可以下詞達之：

春分點之時角＝星之時角＋星之赤經

第五章

時間

5-1 總論

俗語云"四時成歲"，故歲與時不能分離，欲言"歲"，必須說明"時"。時間竟係何物？尙無確切之答案，惟西方神話嘗以一鬚髮皓白之老者代表之，其人且手持刈草之鐮刀，窺其用意，世間一切生命，終必於時間之鐮刀剷除之下，化歸烏有。中國俗語常云"一寸光陰一寸金"，此乃以黃金譬喻時間之貴重。又有"逝者如斯"，"似水流年"或"年華如逝水，一去不可回"均以流水譬喻時光。此外古詩中有"勸君惜取少年時，花開堪折直須折"，則以花無常好，以譬時不再來。凡此花，水，黃金，及老人等等，僅能用作時間之比喻，若夫時間之眞確意義，仍未能答復。實際言之，若斯艱深之問題，非我儕所能答復也。雖然，關於時間之長短，測量之方法，則我儕不得不負相當之責。

時間之長短，可以二法定之。一爲主觀的，一爲客觀的。易言之，卽心理的時間及物理的時間。心理的時間，毫無一定標準，故"一日不見，如隔三秋"，"人生百年，如白駒過隙"；"獨坐斗室，度日如年"，然"倦來寢息忽忽不覺紅日已上三竿"。同一時間段，因心理狀態，環境及經驗等等之不同而異其結果，故心理的時間，絕不能作標準也。

物理的時間，乃觀察自然界之情形而定歲時。見黃葉凋零，歎一

年容易，又是秋風；一晝一夜，定爲一日，俯察鐘錶，可知時刻。由是觀之，時刻訂定，藉萬物之情狀，已資應用矣；天象之觀測似爲多事，顧事實則否。昔法國宮內有一小官欲知宮內放午礮之人，如何知正午之到臨，故往詢之，據答云"余有一鐘於此，待其至十二點，余卽放礮；至於此鐘之時刻，乃曾依鐘錶店內之鐘加以校正，故無錯誤也"。是人尙不以礮手之答覆爲滿意，復造鐘錶店詢其如何知時刻，店員初無猶豫，卽答曰"聞宮中放午礮，卽以針撥至十二點，此乃最簡易之事也"。是雖不足信，然由此可知僅恃地面上之觀察以定時間，難得確定之標準。以晝夜定一日之長，則南北極以六個月爲晝，六個月爲夜，如何與其他各地相比？見落葉而知秋，但"江南有丹橘，經冬猶綠林"，旣係長年不凋，豈係無四季之故乎？根據上述種種事實，可知欲定時刻，於地面情形之外，必需觀測天象，始能立正確之標準。

5-2 地球自轉

時間段之測量依據地球自轉週期而定；自轉週期雖非絕對不變，然其變易焉甚微，故仍假定自轉週期爲平均的。爲一般之應用，最自然之時間單位爲太陽日 (Solar Day)，卽相當於地球對於太陽自轉一週之時間。因地球繞日之運動，每年一次，故其參照線之方向對照恆星方向乃係永在變易，而太陽日之長度又非地球一自轉之眞實時刻。在若干種天文工作內，爲便利計，必須應用根據眞實自轉之時間單位，卽所謂恆星時(Sidereal Time)。

5-3 中天

天球每轉動一週，在天球上之任何點必經過觀測者之子午圈平面

二次；當該點達到觀測者之子午圈平面內時，即爲該點在該子午圈之中天時 (Transit 或 Culmination)。若該子午圈內含有天頂，即謂上中天，天底則曰下中天。除甚少之近極星外，觀測者能見及者僅上中天而已。故本書所提及之星座，其表上所載中天時刻均係上中天，有特別註明者例外。

5-4 恆星日

恆星日者，春分點兩次經過同一子午圈所歷之時間段也。若春分點之位置固定不移，則就恆星而言，恆星日可謂眞實之轉動週期，顧春分點實有微緩而不規則之向西運動，所以致此之由，已於 1-8 節詳述，春分點二中天間之時間段較之一轉之眞實時間約差 0·01秒。恆星日常可應用於實際，雖非眞實週期，然並無大害，蓋應用恆星日者均不以之記極長時日，故卽有小差，亦無累積成巨之虞。一恆星日分成二十四小時，每小時分成六十分，每分復分爲六十秒。春分點經過上子午圈時爲 0時，或謂恆星日之起始點，普通謂恆星午 (Sidereal Noon)。

5-5 恆星時

某一子午圈在任一特定之時刻內的恆星時卽等於春分點之時角，該角係自該子午圈之上中天量至春分點之角度。故所量之角度卽爲春分點經子午圈以後地球所轉動者，同時指示是時天球對於觀測者之子午圈所處之位置。

5-6 太陽日

太陽日者，太陽中心兩次經過同一子午圈所歷之時間段也。取下中天爲一日之始，以其便利故也。太陽日分爲二十四小時，每時分成六

十分，每分復分成六十秒。太陽中心達上中天，是卽一日之正午也。及其至下中天，則為午夜，亦卽一日之始，時刻為 0 時。

5-7 太陽時

任何時刻之太陽時卽等於太陽中心之時角加 180° 或 12 小時；易言之，時角乃自下中天計之。該角度為午夜以後，地球對於太陽之方向所轉動者，故亦可用以計時。

因地球依據引力定律於黃道軌跡內繞太陽而轉動，故太陽之視角距運動並不均一，由是四季之晝夜有長短之別。昔時，用日晷儀測時已覺甚為精確，故太陽運動少有不均，無甚妨礙，迄乎近代，必須用鐘錶及記時錶作精密之測量，始能得正確之時間，故不變之時間單位隨形重要矣。

普通使用之時間乃以一虛構之點曰"平太陽"(Mean Sun)，依赤道作均勻之運動而記之，其運動率有一定，俾其繞地球一週之時間適等於眞太陽所需之時間，實卽一年。虛構太陽因所處位置之關係，每一年內居實太陽前之時間等於隨太陽之時間。平太陽位置所示之時間謂為平太陽時 (Mean Solar Time)；眞太陽位置所示之時間謂為視太陽時 (Apparent Solar Time)，亦卽日晷所示之時間，或直接應用儀器觀測太陽位置而得之時間也。至於平時則不能直接觀測而得，必須計算而推演之。

5-8 時差

時差者乃平太陽與視太陽相距之時角也，其數目之巨細，均視乎眞太陽位於平太陽之前或後若干距離而定。普通曆本註有"太陽快"或

"太陽慢"等字樣卽時差(Equation of Time)。快慢間之差別約自 −14分至 +16 分。眞確數目則星曆表內逐日註明。

此兩種時間之差，其原因頗多，最重要者計二：

1. 地球在其軌跡內之角距運動不能一律。

2. 眞太陽於黃道內運動而平太陽則於赤道平面內行動；黃道上之弧度不相當於赤道上弧度。

迄入冬季，地球最近太陽，其角距運動率亦大於夏季(詳於**1**−6)。故每日太陽於天空向西行之速度似快於夏季，由是太陽每日繞地球之運轉將較遲慢。視正午時刻之遲延，使太陽日長於平均數，故日晷儀將"失時"(Lose Time)。約四月一日，太陽以平均速率運動，日晷儀始不再"失時"。自四月一日至七月一日，日晷儀較之平時反長，謂爲"得時"，卽乃補償自一月一日至四月一日所損失。其餘半年，其變換之次序適相反；七月一日至十月一日，日晷儀上"得時"，自十月一日至一月一日則失時。其間最大之差別，約正或負之八分。±8分。此僅就第一原因而言也。

時差之第二原因，以下圖詳之：

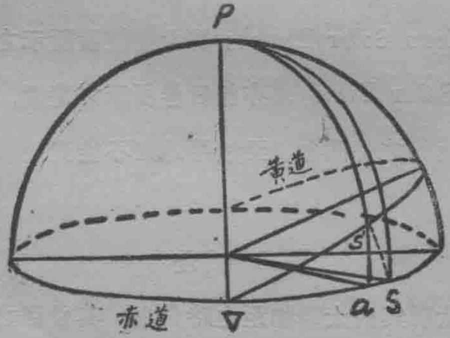
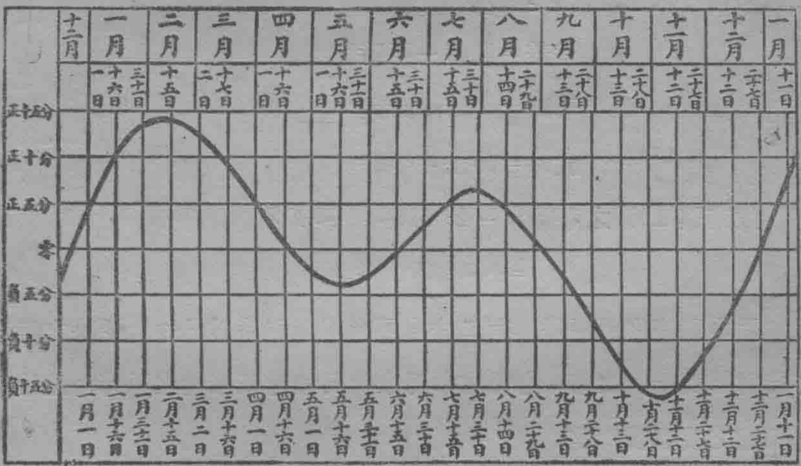


圖 三 十 四

設 S′ 點沿黃道以眞太陽之平均速率運行，由此點所示之時間顯然將不爲軌跡之偏心率所影響。若 S 爲平太陽，自 V 點起行，一如 S′ 點起行之點，均爲春分點，於是 VS 及 VS′ 弧度相等，因兩點之運動率相同故也。作二時圈經此兩點，除 S′ 及 S 位於春分點，秋分點及二至點外，所有經過此二點之時圈均不相脗合，S′ 及 S 旣不在同一時圈，故經過子午圈之時刻亦不相同，其間所差之時間可以 aS 弧度代表之。最長之 aS 弧相當於十分鐘，此種時刻可正可負。將上述二種原因所生之影響結合之，卽時差也。下圖三十五卽時差變化之圖表也。



圖三十五　時差曲線圖

5—9　化平時爲視時及化視時爲平時

某一時刻之平時可化爲視時，所需之手續，僅加或減（代數的加減）是時之時差而已。在星曆表內所給之時差爲東經 120° 民用時

(Civil Time) 0時(卽半夜)時之數値，逐日註明並附以相當之正負號。若非上述之時刻，則必需加相當校正，其法如下例：

例一：

求東經 120°，民國二十一年七月七日民用時(平時)14時30分時之視時。

解： 東經 120° 在 0時之時差爲 −4分34秒，每小時變率爲 −0·415秒。(此項數値乃依數而增加)，故 14時30分時之正確時差應等於 −4分34秒 +(−14·5 ×0·415)= −4分34秒 −6·02秒 = −4分40秒。故東經 120° 之視時卽可以下式求之。

時差＝視時－平時

平時＝視時－時差

視時＝時差＋平時

故東經 120° 之視時＝−4分40秒＋14時30分

＝14時25分20秒。

設由視時化至平時，有二法均可應用。視時爲已知，平時之時差亦已詳載表上，故第一必需之事乃求出具相當正確性之平時，然後始能根據之找眞實時差。

例二： 求民國二十一年七月七日視時14時25分20秒東經 120° 地方之平時。

解： 自視時內先減去大約時差 −4分34秒，卽得近似平時 14時29分34秒，故正確之時差＝−4分34秒＋(−14·5 ×0·415)＝4分40秒。由是代入上述公式，卽能求平時，

東經 120° 之平時＝14時25分20秒＋4分40秒

＝14時30分。

普通應用本國星曆表之外，尙須參考其他各國之星曆表，普通該項書籍內，除各以其京城爲標準外，均附以英國格林維基爲標準而計算之種種記錄及表册，頗爲有用，學者宜注意及之。

5－10 天文時——民用時

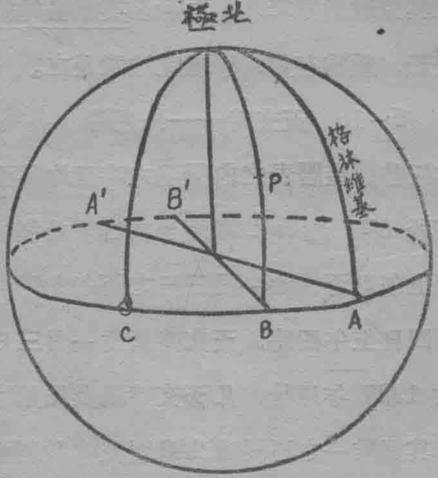
西曆 1925 年以前，星曆表之內所用之時間均爲天文時，卽中午爲一日之始，故等於 0時，繼續 24時而至次日。此制之下午與民用時制尙同屬一日，但上午則否，如一月三日之下午七時，天文時爲一月三日七時，但一月四日上午四時，天文時將爲一月三日十六時，對於一般頗感不便；故 1925 年以後，凡天文時間及民用時間均改爲一律，日之變易在中夜，其間唯一之不同爲 24時制及 12時制而已。

普通之應用，分一日爲二部，各自一零點計之。自中夜至正午爲上午，自正午至中夜爲下午。故參考星曆表之時，若下午時間必須先加 12時後始能求出正確之數值，如下午三時則須用 15時，至於上午，初無分別。

5－11 經度與時間之關係

自某一地點之下子午圈算起之太陽時角爲該子午圈之太陽時，至於時間爲平時或視時則依所設想之太陽而定。格林維基下子午圈之太陽時角相當於該地之太陽時。兩時間之差，或兩時角之差卽係某一地方在格林維基東或西之經度，用“時”或“度”均可表示之。同一理由，凡二地在某一時刻內之時間差卽爲該二處之經度差，此以時，分，秒

記之。下圖三十六，A′AC 爲格林維基太陽時，或太陽至 A′ 之時角；B′BC 爲 P 處之太陽時，或自 B′ 至太陽之時角。差角 A′B′ 或 AB 即 P 在格林維基西之經度也。



圖三十六

由之可顯然察出不論太陽爲虛構或眞實，其理盡合。若 C 爲春分點，亦得同一結果。若是 AC 爲春分點之時角，或云格林維基之恆星時。BC 爲 P 地方之恆星時，而 AB 則爲經度差。故經度差之測量，對於所用之時間單位制，不生連帶關係，惟比較之時間宜用同一單位。

若能詳細觀測 A 及 B 子午圈內之恆星時差係一恆星自 A 行至 B 之時間段，則上述之意義必更能明瞭。恆星自 A 起行，繞地球一週而重回至 A 需時 24時(恆星時)，故 AB 時間段對於 24 恆星時比例相同於經度差比 360°。A 及 B 之平太陽時差卽係平太陽自 A 至 B 必需之太陽時數；太陽自 A 起行，繞地球一週而重回至 A，旣需 24時(太陽時)，

故 AB 之時間比 24 太陽時亦相同於經度差比 360°。若兩地之時間標準相同，則無論何時間單位均可記經度差。

易格林維基時爲地方時或反之。

易格林維基時地方時或反之之方法，以下例說明之。

例一：　格林維基民用時爲 19時40分10·0秒求西經度 4時50分21·0秒之民用時。

解：　求某一時刻某地之地方時(L. T.)，卽於該時之格林維基時刻內加或減其間之經度差（△λ），在格林維基東則加以經度差後卽得某地之地方時，在西則減。其式如下：

地方時＝格林維基時±經度差(△λ)

格林維基民用時	＝19時40分10·0秒
西經度	＝ 4　50　21·0
地方民用時	＝14　49　49·0
或	＝ 2時49分49·0秒下午。

例二：　北平之平時爲 9時52分56秒，其東經度爲 7時45分53秒，求格林維基之平時(民用時)。

解：

北平地方民用時	＝9時52分56秒
東經度	＝7　45　53
格林維基民用時	＝2時07分03秒

例三：　格林維基民用時爲 3時，求西經度 8時地方之民用時。

解：　在此問題內，格林維基早一日，故於加減之前須先加以 24

時，如下例。

格林維基民用時	＝27時00分(24時＋3時)
西經度	＝ 8時
地方民用時	＝19時
或	＝ 7時下午。

例三：格林維基民用時20時，東經3時之民用時若干？

格林維基民用時	＝20時00分
東經度	＝ 3時
地方民用時	＝23時00分
或	＝11時00分下午。

5－12 時與度之關係

一圓圈既可分爲24時或360°，故其間之關係永久不易：

因 24時＝360°

故 1時＝ 15°

1分＝ 15′

1秒＝ 15″

以15除上第二公式，則得

4分＝ 1°

4秒＝ 1′

由此二組恆等式，於是"時"可化至"度"，"度"化至"時"，不必詳列變易之步驟。至於化法，可以下辭達之：化"度"爲"時"時，以15除度數，其商數卽係時數，乘其餘數以4，而名之曰分；以15再除角度之

分數，其商數爲時之分數，乘其餘數以 4，而謂爲秒；最後以 15 除角度之秒，其結果日時之秒。

例一：化 $47°17'35''$ 爲時，分及秒。

$47° = 45° + 2° =$ 3時08分

$17' = 15' + 2' =$ 01　08秒

$35'' = 30'' + 5'' =$ 02·33

結果 ＝3時09分10·33秒

化"時"爲"度"之方法適與上法相反，其例如下：

例一：化 6時35分51秒爲度，分及秒。

6時 $= 90°$

35分＝32分＋3分＝ $8°\ 45'$

51秒＝48秒＋3秒＝ $12'\ 45''$

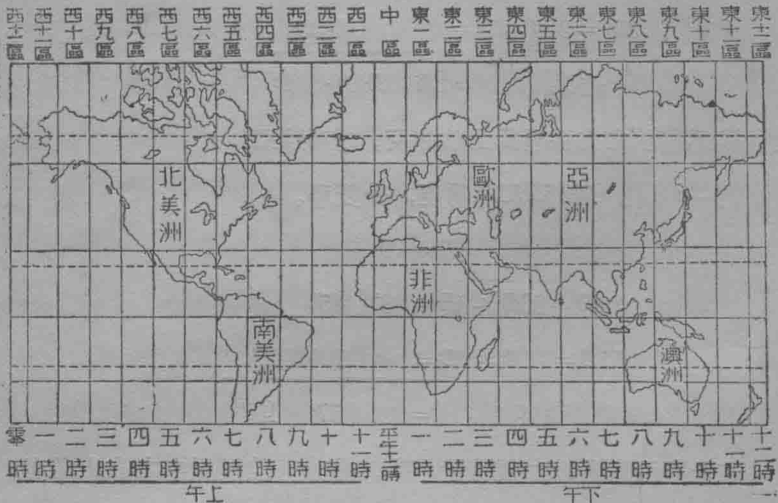
結果 $= 98°\ 57'\ 45''$

在此應注意者，二種符號：時，分，秒位於數字之右上角者，表示計時刻之數；°，'，"，在數字之右角上者，乃表示角度之度數也。

5－13　標準時

地分東西，時有先後，而全球各地除經度相同者外，其時刻無一相同者。精密言之，吾人每西行百餘丈，時錶卽須改遲約一秒；東行百餘丈，則時錶又須加早一秒。當交通不便時，舟車日行百里，時刻所差不過二分，又因記時之器未精，分秒微差，無從覺察；自輪車電報創行以來，時刻問題，首生困難。蓋由此地某時出發者，而彼地或未及某時已到，或越多時始到。故自十九世紀中葉，歐洲各國，嘗擇

用一種時刻，通行全國，名之曰標準時，猶言全國奉爲時刻之準標，無先後早遲之別也。其時刻多用本國京城子午圈之時刻，亦有選用重要商埠之子午圈者；惟此法行於壤地褊小之國，尙無不便，至於東西橫亘數千里之國，如中國，俄國，美國則又不可通。於是民國紀元前二十八年美國首創世界標準時區之制。



圖三十七 世界標準時區圖

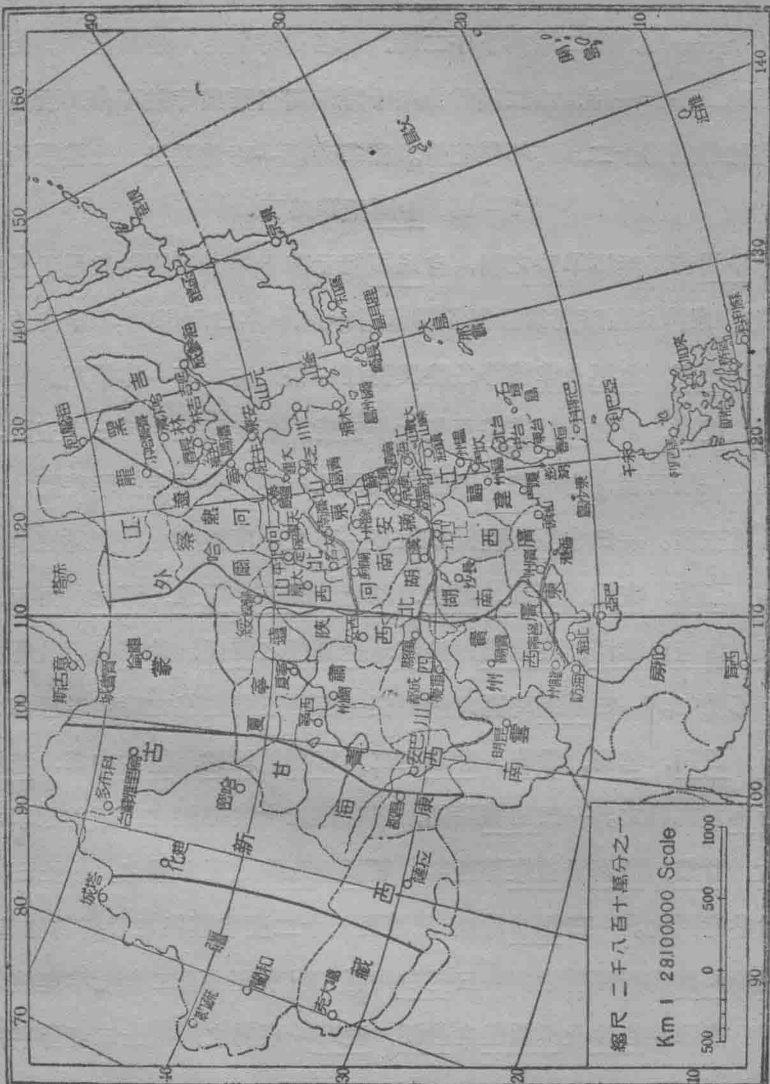
世界標準時區者，即自英國格林維基起算，以每隔十五度經線之時刻爲標準。全球分爲二十四區，名曰標準時區。各區皆以相隔十五度之經線爲中線。格林維基所在區曰中區。其東十二區爲下午時區；順序名之曰東一區，東二區至東十二區止。其西十二區爲上午時區，順序名之曰西一區，西二區至西十二區止。東第十二區與西十二區同爲一區，日之界線在焉，亦晨夕之所由分也。凡東行者逾此界線須減一日計算，西行則加一日。經度十五度當平時一時，故二十四區標準時

卽周二十四時之表示。設格林維基所在之中區爲平午十二時，則東一區爲下午一時，東二區爲下午二時，區名與時數合，最易記憶。至西一區爲上午十一時，西二區爲上午十時，區名雖與時數不合，而區數與時相加則爲十二，亦不難記憶。標準時以一時爲進退，故甚便利。

5−14　中國標準時區

中國昔時無標準時之制，自民國紀元前十年，海關始採用世界標準時，東第八區時刻爲沿海各關通用時刻，名曰海岸時。後內地各鐵路如平漢，北寧及津浦等各線與長江一帶地方，亦一律採用。惟中國幅員遼廣，西起格林維基東經七十五度，東至東經一百三十五度，若僅用一種時區，自有許多不便，民國八年觀象臺始定標準時區，分全國爲五區。一曰中原時區，以東經一百二十度經線之時刻爲標準；首都，江蘇，安徽，浙江，福建，湖北，湖南，廣東，河北，河南，山東，山西，熱河，察哈爾，遼寧，黑龍江之龍江，愛琿以西及蒙古之東部屬之。一曰隴蜀時區，以東經一百〇五度經線之時刻爲標準；陝西，四川，雲南，貴州，甘肅東部，寧夏，綏遠，蒙古中部，青海及西康東部屬之。一曰回藏時區，以東經九十度經線之時刻爲標準；蒙古，甘肅，青海及西康等西部，新疆及西藏之東部屬之。以上三者皆爲整時區也。一曰崑崙時區，以東經八十二度半經線之時刻爲標準；新疆及西藏之西部屬之。一曰長白時區，以東經一百二十七半經線之時刻爲標準；吉林及黑龍江之龍江，愛琿以東屬之，以上二者皆半時區也。

中原時卽世界標準時八時；隴蜀時卽世界標準時七時；回藏時卽



圖三十八 中國標準時區圖

世界標準時六時；崑崙時卽世界標準時五時三十分；長白時卽世界標準時八時三十分。

中國各大城市之經緯度，前曾由北京中央觀象臺測定，玆附錄於後，以備參考。

地方經緯度表

地名	經度（度）			經度（時）			緯度		
	°	′	″	時	分	秒	°	′	″
首都（南京）	東118	46	33	7	55	06.2	北32	03	38
江蘇（鎮江）	119	25	02	7	57	40.1	32	13	05
安徽（懷寧）	117	02	13	7	48	08.9	30	37	00
江西（南昌）	115	51	13	7	43	24.9	28	37	12
浙江（杭縣）	120	09	37	8	00	38.5	30	18	20
福建（閩侯）	東119	27	13	7	57	48.9	北26	02	24
湖北（武昌）	114	11	13	7	36	44.9	30	34	48
湖南（長沙）	112	46	13	7	31	04.9	28	13	00
廣東（番禺）	112	54	58	7	31	39.9	23	10	00
廣西（桂林）	110	13	33	7	20	54.2	25	13	07
河北（北平）	東116	28	13	7	45	52.9	北39	54	23
河南（開封）	114	32	13	7	38	08.9	34	52	26
山東（歷城）	117	08	13	7	48	32.9	36	45	24
山西（陽曲）	112	30	31	7	30	02.1	47	53	30
陝西（長安）	108	54	33	7	15	38.2	34	16	00
四川（成都）	東104	12	13	6	56	48.9	北30	41	00
雲南（昆明）	102	51	13	6	51	24.9	25	00	00
貴州（貴陽）	106	35	33	7	06	22.2	26	30	20
甘肅（皋蘭）	103	52	13	6	55	28.9	36	08	00
寧夏（寧夏）	106	15	00	7	05	00.0	38	29	47
熱河（承德）	東117	54	00	7	51	36.0	北41	00	00
察哈爾（張北）	114	49	00	7	39	16.0	40	48	00
綏遠（歸綏）	111	38	00	7	26	32.0	40	48	00
遼寧（瀋陽）	123	43	13	8	14	52.9	41	51	00

吉林(吉林)	126	55	13	8	27	40.9	43	47	00
黑龍江(龍江)	東123	57	13	8	15	48.9	北47	46	00
蒙古(庫倫)	106	57	00	7	07	48.0	47	58	00
新疆(迪化)	88	32	13	5	54	08.9	43	27	00
青海(西寧)	101	49	17	6	47	17.1	36	34	03
西康(康定)	102	13	00	6	48	52.2	30	03	00
前藏(布達拉)	東 91	38	13	6	06	32.9	北30	30	00
後藏(扎什倫布)	89	08	13	5	56	32.9	30	00	00

標準時與地方時比較表

地名	標準時	地方時
同江	長白時	早十九分十一秒
寧安	長白時	早七分五十五秒
吉林	長白時	遲二分十九秒
綏化	長白時	遲五分九秒
龍江	中原時	早十五分四十九秒
瀋陽	中原時	早十四分五十三秒
杭縣	中原時	早零分三十八秒
閩侯	中原時	遲二分十一秒
首都	中原時	遲四分五十四秒
承德	中原時	遲八分二十四秒
濟南	中原時	遲十一分二十七秒
天津	中原時	遲十一分三十二秒

懷遠	中原時	遲十一分五十一秒
北平	中原時	遲十四分七秒
南昌	中原時	遲十六分三十五秒
開封	中原時	遲二十分五十一秒
武昌	中原時	遲二十三分十五秒
番禺	中原時	遲二十八分二十四秒
長沙	中原時	遲二十八分五十五秒
陽曲	中原時	遲二十九分五十八秒
歸綏	隴蜀時	早二十六分三十二秒
沙喇木倫	隴蜀時	早二十五分四秒
桂林	隴蜀時	早二十分五十四秒
長安	隴蜀時	早十五分三十八秒
庫倫	隴蜀時	早七分四十八秒
貴陽	隴蜀時	早六分二十二秒
成都	隴蜀時	遲三分十一秒
皋蘭	隴蜀時	遲四分三十一秒
昆明	隴蜀時	遲八分三十五秒
康定	隴蜀時	遲十一分八秒
青海	隴蜀時	遲十八分七秒
布拉達	回藏時	早六分三十三秒

札什倫布	回藏時	遲三分二十七秒
迪化	回藏時	遲五分五十一秒
綏定	崑崙時	遲五分十一秒
疏勒	崑崙時	遲二十五分四十秒

求標準時法

如欲知某地之標準時，必須先求該地與標準子午圈間之經度差，如上表所示卽其一部，然後與標準時或地方時加或減，卽得標準時。如北平午前平時十時五十三分二十秒，因其與東經 120° 之差，較遲十四分七秒，以此數與平時相加，得十一時七分二十七秒，是卽北平當時之標準時也。

又如設北平在格林維基東 116° 28′ 13″，若北平正午，求格林維基之時若干。

北平經度變時分秒＝7時45分53秒

北平正午	12時
經度差	7時45分53秒
格林維基	4時14分07秒

5–15 日之界線

地方有東西，故時刻有早晚，因時早晚之故，卽生日期先後之差。如此地之午正，甲地居東十二時者，則爲次日之子正，乙地居西十二時者，又爲本日之子正。夫居東十二時之甲地與居西十二時之乙地，乃同一地點，不應有兩種日期；然事實上無論如何計算，總不能免此

差誤，以經度起點未定故也。現在英國格林維基旣爲公共經度之起點，則日期差誤應專在東西一百八十度之地；因名是地之經線爲日之界線。凡東行者，逾此界線，須減一日計算，西行者，逾此界線，須加一日計算，於是全球日期可以統一，無先後之差。日之界線者，日期分界之謂也，例如線西爲一日，則線東卽爲二日，欲避一洲或一島用二種日期之弊，因查地球一百八十度經線，北起柏林海峽西岸，穿阿留地安羣島，南入斐濟羣島而過紐西蘭島之東，乃將日之界線，由柏林海峽西南折，使合於一百八十度之經度線。南行至斐濟羣島，又東南折及過紐西蘭島之東，復西南折而還原位。於是日期分界之線，皆在海中，雖對岸之日期有一日之差，而同洲同島之日期，則全歸一致矣。

設有船於七月十六日自日本橫濱起程西行，至七月二十二日午後

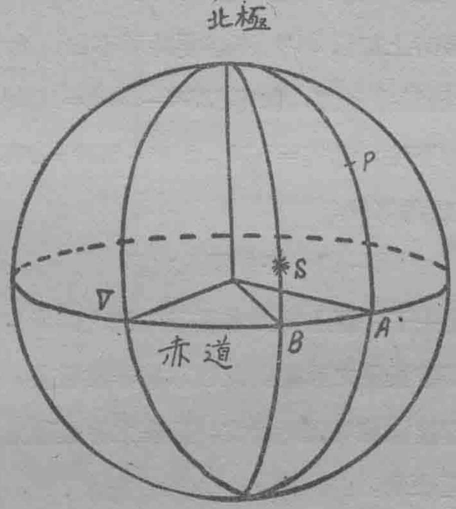


圖　十　三　九

四時左右將經過 180° 經線，故是晚中夜卽須將日曆退回一日，卽次日仍爲七月二十二日。八月二日可抵舊金山，全程行期僅十七日而已。

5－16 任何一點在某一刻內的恆星時，赤經及時角間之關係

在上圖三十九內，P 子午圈之春分點的時角或地方恆星時爲弧度 AV。S 星之時角爲弧度 AB。S 星之赤經爲 VB 弧度。從上圖可得下列之關係：

$$AV = VB + AB$$

或

$$S = \alpha + t \qquad (37)$$

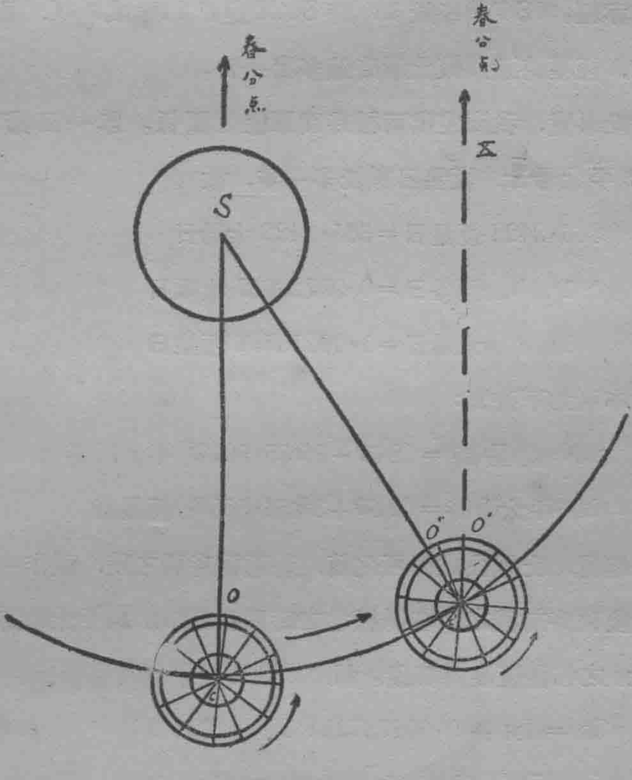
S＝恆星時，(以 P 子午圈作標準)，α＝S 星之赤經，t＝S 星之時角。此種關係非常普遍，任何位置均可應用而無誤；但 α 及 t 之和大於 24時時，於實在恆星時上須加以 24時。設時角爲 10時，赤經爲 20時，其和爲 30時，故眞實之恆星時當爲 6時。恆星時及赤經已知時，求時角，第一須於恆星時上加以 24時(不必要時可不加)，如上例則爲(24時＋6時＝30時)，然後減去赤經，卽得(30時－20時＝10時)時角 10時。若欲直接計算時則如下法：赤經＝20時，24時－20時＝4時。加此 4時至恆星時 6時，仍等於時角 10時。

5－17 子午圈上之星

當星座位於某一子午圈上時，在該子午圈之時角卽等於 0時。同時該處之恆星時卽等於星之赤經。此種事實非常重要，蓋用之觀測星座之中天時刻，卽能決定眞確時間矣。星座之赤經普通均詳於星曆表中，故用之甚稱便利。

5－18 平太陽時與恆星時

上節曾述及因地球之軌道運動，太陽每日似有向東視行動約近1°。此種太陽向東行動，使太陽二中天間之時間段大於春分點之中天時間段，卽太陽時大於恆星時約近4分。下圖四十，C及C′乃表示兩日之地球位置。觀測者在O處時，該子午圈適爲正午迄地球轉一整圈以後（參照某一恆星），觀測者將在O′，而其恆星時則仍等於在O點之恆星時。惟太陽方向爲C′O″，故太陽重達觀測者子午圈，地球必須多轉相當距離，其所需之時間約近4分。各種標準之日長均平分爲小時，分及



圖四十

秒，故太陽時內之各單位將大於恆星時內之各相當單位。設有二鐘，一計太陽時，一計恆星時，在同一時刻開行，且其起點均爲0時，於是恆星時鐘上所記之時刻將多於其他一鐘，其數目之增加正比於經過之時日，一小時約10秒，或一日約近3分56秒。

圖內C及C′可用以代表地球在春分點之位置及其次日之位置。角度CSC′代表三月二十二日以後地球所轉之角度，而SC′X(等於CSC′角)則代表三月二十二日以後恆星時及太陽時間之累積差，故此角等於太陽之赤經。CSC′角等於360°時SC′X變成24時或360°，易言之，一年之末，恆星時鐘將較太陽時鐘多出一日。

根據此事實，我儕定出兩種時間單位之關係。卽一回歸年等於365·2422平太陽日，恆星日數旣多一年，故

366·2422 恆星日＝365·2422 太陽日

或 1 恆星日＝0·99726957 太陽日 (38)

及 1 太陽日＝1·00273791 恆星日 (39)

上述二式亦可如下書寫：

24時恆星時＝(24時－3分55·909秒)平太陽時 (40)

24時平太陽時＝(24時＋3分56·555秒)恆星時 (41)

爲便計算起見，上述公式尙可化簡，將兩種時間之差，視作一種校正數，而於變化時加減之，卽得欲求之時間。設 I_M 爲平太陽時間段，I_S 則爲 I_M 之相當恆星時間段。故

$$I_S = I_M + 0{\cdot}00273791 \times I_M \tag{42}$$

$$I_M = I_S - 0{\cdot}00273043 \times I_S \tag{43}$$

每一太陽及恆星時於一小時內之校正相當於 +9·8565秒及 −9·8296秒。附表 II 及 III 卽根據之而作成，其計算方法如下：

例一：　求平時 15時31分45秒之相當恆星時。

(平時) 時	分	秒		(恆星時) 時	分	秒
15			=	15	02	27·847
	31		=		31	5·093
		45	=			45·123
15時	31分	45秒	=	15時	34分	18·063秒

例二：　求恆星時 8時30分10秒之相當平時。

(恆星時) 時	分	秒		(平時) 時	分	秒
8			=	7	58	41·363
	30		=		29	55·035
		10	=			9·972
8時	30分	10秒	=	8時	28分	46·370秒

例題一乃根據附表 II，例題二則附表 III。以上均係一短時間段之變易；若變易甚長之時間段，如求八月一日上午十時之相當恆星時，則必須求三月二十二日以後，恆星時與平時間之累積差，該值乃等於平太陽之赤經。

5-19　近似校正

兩種校正均幾近 10秒(每時)，或每日約近 4分，故可用之作近似校正。爲求更近似之校正起見，設每小時等於 10秒，但每滿六小時或其倍數，卽減去 1秒或其倍數。六時之校正應爲 6 × 10秒 − 1 = 59秒。用此種校正所生之差誤，每一太陽時約差 0·023秒，每一恆星時則約差 0·004秒。

5-20 恆星時與平太陽時在任一時刻內之關係

試以圖三十九內之 B 爲平太陽之位置，則公式(37)應如下式。

$$S=\alpha_s+t_s$$

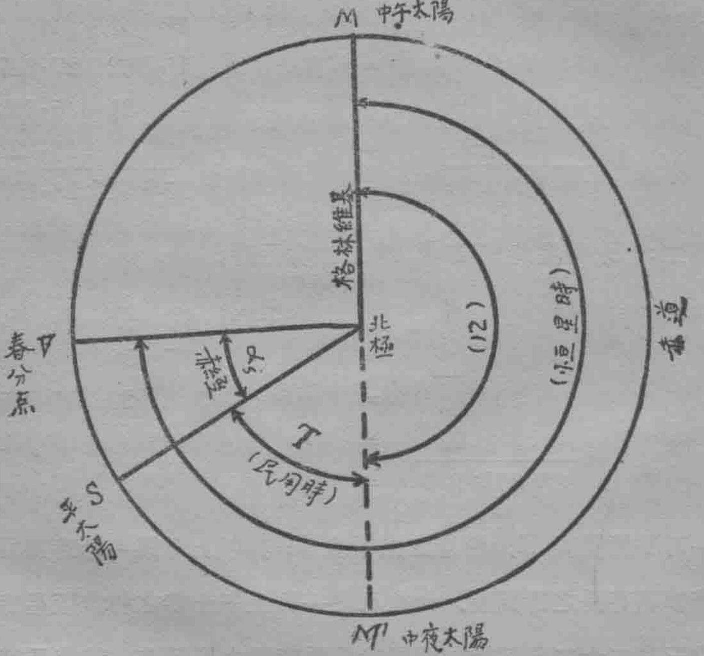


圖 四 十 一

公式內 α_s 及 t_s 爲平太陽於設想之某一時刻內的赤經及時角。若以 T 代表民用時，則 $t_s = T + 12$時 而

$$S = \alpha_s + T + 12\text{時} \tag{45}$$

民用時如已知悉，可以上述公式求恆星時，反之亦可。參考上圖四十一後，對於公式之意義必更能認識清楚。恆星時或云春分點之時角爲 MM'V 弧度，內含三部，MM' = 12時，M'S = T，而 VS = α_s，卽平

太陽之赤經。任何子午圈均能應用此公式求恆星時或平時。

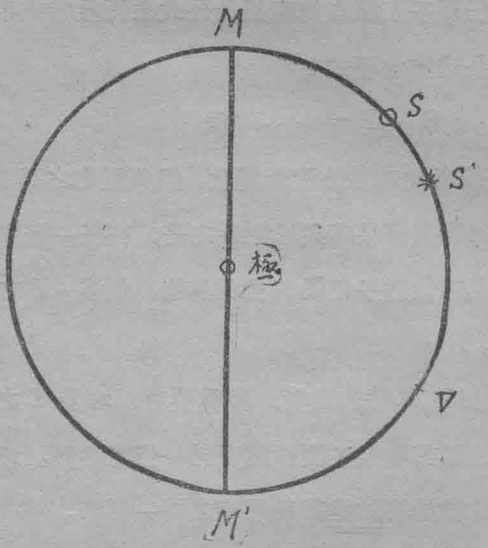
若將(45)公式書成下式

$$S - T = \alpha_s + 12^{時} \tag{46}$$

因 α_s 之數值不依各地之地方時而變化，但視假定之絕對時刻而定，故自公式上可顯然察出恆星時與民用時之差，在任一絕對時刻內全球相同。S 與 T 之眞數值各子午圈將各別其值，惟 S－T 之差，則同一時刻內各處相同。

欲使公式 (45) 保持其眞實，最重要者，α_s 及 T 之數值將指向太陽之同一位置，即其數值必須相當於同一絕對時刻。以普通之言達之，即其數值必須相當於格林維基民用時之同一剎那。

"太陽赤經＋12時" 可於星曆表之內查得，惟該數值乃相當於東經 120° 0時之一剎那。若非 0時，則須加一校正數值，該值等於赤經每時差數與 0時以後之時間數相乘之積數。平太陽之赤經每時增率爲一常數，等於＋9·8565秒，此與化平時爲恆星時之數值相同，故可直接查表 III，表 II 爲恆星時赤經校正。公式(45)之應用必須待 α_s 之數已加校正，否則失其正確性矣。設下圖四十二內之 S 太陽及 S′ 星在同一時刻經過子午圈 M′(正對M子午圈)，今求其民用時 T 之相當恆星時。太陽運行既較慢於星，其所走之弧度爲 M′MS(＝T)而星走之弧度爲M′MS′。SS′ 弧代表在平時 T 時間段內恆星時多於平時之數，此因星繞行較快之故也。但太陽於中夜 0時將佔 S′ 之位置，故 VS′ 爲太陽在 0時之赤經。需求之赤經爲 VS，亦即在 T 時之眞實赤經，故 0時之赤經必需加 SS′ 所代表之一段，或從表 III 查出相當於 T 時之校正加上。



圖四十二

若公式內之 α_s 爲東經 120°(星曆表根據之計算各種數值之子午圈)0時之數值，則卽可用此公式求東經 120° 之時間。如爲其他別地之數值，於是可求各該地之時間。圖四十二內之M卽代表任一假定之子午圈。

“平太陽之赤經+12時”在星曆表之內另爲立一名曰“恆星時”，故公式(45)亦可變成下式:

$$S=(\alpha_s+12\text{時})+T \tag{45a}$$

化 T 時間爲恆星時，自必增加表 III 之校正。

變易東經 120° 之太陽時爲東經 120° 之恆星時或反之，可直接應用公式(45a)，至於“α_s+12時”則於星曆表之內亦可直接查出。若所用之星曆表係根據格林維基之子午圈定各種數值，定格林維基之時間，

亦可直接應用公式(45a)。至於其他子午圈，普通有二法：

1. 求相當於已知地方時之東經120°(或格林維基)之眞實時間，(東經度減，西經度加)，於是加以校正之變易，最後復化成相當之地方時，卽加或減東經或西經，其結果爲所求之地方時。

2. 將表上查出之"α_s+12時"加以校正，使成爲已知某一子午圈地方時0時之數值。其進行之手續乃於"α_s+12時"上加以經度之時數乘赤經時差之乘積，表III可代上述之手續。

以上兩種方法所得之結果完全相同，詳細步驟當以實例釋明之。

從地方時變至東經120°(或格林維基)時，如須易日數，則上述二法內所用之"α_s+12時"亦必異其數值。玆舉例以明之，設某地在格林維基西5時，六月十五日之平時二十二時之相當恆星時應等於若干？用第一種方法時，必先求格林維基之相當平時，卽等於六月十六日三時，故必須用六月十六0時之"α_s+12時"。用第二種方法時，則用六月十五日之"α_s+12時"數值，但加以經度5時之校正，表III可直接應用。

初學者如於公式(45a)不能十分瞭解，則可設想一切數量均以角度之度，分，秒等表示之，若"太陽赤經$+12$時"，平太陽自下中天以後之時角(T)，及中夜以後太陽赤經之增加值均以角度計之，想定易察出春分點之時角卽此三部之和數也。

再自別點論之，自春分點之上中天至平太陽之下中天間之眞實恆星時間爲"α_s+12時"，求春分點上中天以後之恆星時，必須於此"α_s+12時"之數值上加以中夜以後之恆星時間段，卽中夜以後之平時間段及表III之校正也。

例一：求中華民國二十一年東經 120° 地方十月十日平太陽時 8時之相當恆星時。

解：公式　$S = "\alpha_s + 12" + T$

	$(\alpha_s + 12)$	時　分　秒
十月十日之恆星時	=	1　12　13
T	=	8時
校正　(表 III)	=	1　18·852
S	=	9時 13分 31·852秒

例二：求中華民國二十一年格林維基十月十日平太陽時 10時之相當恆星時。

解：公式　$S = \alpha_s + 12時 + T$

格林維基十月十日 0時之 $\alpha_s + 12$	=	1時 13分 32·00秒
T	=	10
表 III	=	1　38·565
S	=	11時 15分 10·565秒

民用時(T)未知，恆星時已給，計算時可將公式(45a)易成下式：

$$T = S - (\alpha_s + 12時) \tag{45b}$$

應用此公式時，因 0時以後之時間尙未知悉，故不能校正赤經。但從恆星時內直接減去"$\alpha_s + 12時$"以後卽能得中夜以後(0時)之恆星時間段，於是此結果內減去表 II 之相當校正卽得欲求之 T。

例三：求中華民國二十一年東經 120° 地方十月十日恆星時 9時 13分31·852秒 之相當平太陽時。

解：　公式　$T = S - (\alpha_s + 12^{時})$

S	=	9時 13分 31·852秒
(α_s + 12時)	=	1　12　13
恆星時間段	=	8時　1分 18·852秒

查表II	8時	=	1　18·636
	1分	=	·164
	18·852	=	·052
	校正	=	1分 18·852秒

自恆星時間段內減去校正，卽得

T = 8時 1分 18·852秒 − 1分 18·852秒 = 8時。

設非東經 120°或格林維基地方，則宜先求該處與上述二標準子午圈之差數而計算其相當之時間。茲設例題如下：

例四：　設中華民國二十一年十月二十日山東濟南平太陽時爲11時00分00秒，求其相當之恆星時。

解：　山東濟南之經度 = 117°08′13′ 或 7時48分32·9秒，較之東經120時(8時)遲 11分27秒(約)

濟南地方時	=	11時 00分 00秒
經差(西)＋	=	11　27
東經 120°地方時	=	11時 11分 27秒
(α_s + 12時) 0時	=	1　51　39
表III	=	1　50·302
東經 120°恆星時	=	13時 04分 56·302秒
減經度差(西)－	=	11　27
濟南地方恆星時	=	12時 53分 29·302秒

例五：　設地方恆星時已知，求其相當之平太陽時，其例如下：

濟南地方恆星時	=	12時 53分 29·302秒
加經度差＋	=	11 27·000
東經 120°恆星時	=	13時 04分 56·302秒
(α_s + 12時)0 時	−	1 51 39·000
恆星時間段	=	11 13 17·302
表 II	=	1 50·302
東經 120°平太陽時	=	11時 11分 27·00秒
減經度差－	=	11 27·00
濟南地方時 (平太陽時)	=	11時 00分 00秒

以上應用之法乃本節所述之第一種，玆更以第二法解上述之例題，其結果當相同。

例六： 同例四

濟南地方時(平太陽)	=	11時 00分 00秒
(α_s+12)+9·856秒×·19=(α_s+12)+1·88秒	=	1 51 40·88
表 III	=	1 48·42
濟南地方恆星時	=	12時 53分 29·30秒

例七： 將例六反作。

濟南地方恆星時	=	12時 53分 29·30秒
(α_s + 12) +9·8565×·19	=	1 51 40·88
恆星時間段	=	11 01 48·42
表 II	=	1 48·42
濟南地方平太陽時	=	11時 00分 00秒

5－21 曆法

年，年有三種，一曰恆星年，卽太陽過某恆星，循黃道東行一週，復過某恆星，謂之恆星年；亦卽地球繞日一周，所用之時間，爲 365日

6時9分9秒＝365·256354日。二曰回歸年，即太陽過春分點，循黃道東行一周，復過春分點，謂之回歸年；亦卽地球繞日行359°59′9·8″所用之時間，爲365日5時48分46秒＝365·242199日。三曰近點年，卽太陽過近地點循黃道東行一周，復過近地點，謂之近點年，亦卽地球繞日行360°0′12″所用之時間，爲365日6時13分48秒＝365·259583日。此三種年之時間不同，欲使每年之節氣寒暑不變，故取回歸年爲製曆之年。

月，太陰自合朔繞地球轉一周復至合朔，謂之一月。所走之時間爲29·53059日，卽太陰繞地球東轉之太陽周時，此數不足30日，又逾於29日，截長補短，故月有大小之別；西曆則將回歸年之時間分爲十二份，每份謂之一月，但每月之日數，多寡不同，有30日者，有31日者，平年二月有28日，閏年二月則29日，以十二月湊足365日或366日爲目的，旣非太陰繞地球轉之周時，則不得謂之月，謂之一年之十二分之一可也。

新曆，新曆或曰陽曆，卽以太陽行天之度爲標準也。自太陽過春分點至復過春分點，爲一回歸年；其時間爲365日5時48分46秒，此數不爲太陽平日之整倍數，以之爲年，頗有不便，當紀元前四十六年，羅馬大帝凱撒命執政官改正曆法，定每四年內，有三平年一閏年，平年爲365日，閏年爲366日，因回歸年爲365日5時48分46秒，一平年365日所餘之時分，用分數計算，約爲四分之一，積至四年，卽餘一日，故每四年閏一日，使曆書所載之氣候，與回歸年之氣候相合。但詳細計之，一年所餘之數爲0·2422非0·25。若四年閏一日，一年約差11分12秒，積久成多，四百年以後，實際之氣候與曆書所載之氣候，卽約差3·12日，

當凱撒曆製定之初，春分點在三月二十一日，至一五八二年，實際太陽經春分點則在三月十一日，已差至十日，故當時羅馬法王格列高里(Gregory)重行改正，製定新曆，普通謂之格列高里曆，即現在世界通行之曆，我國自 1912 年採用之，俄國自 1918 年亦採用之。

格列高里曆改正新曆之法，即將一五八二年十月五日改爲十月十五日，提前十日，使春分仍在三月二十一日。又改訂置閏之法，凡西曆紀元年數，可以四除盡者即爲閏年，平年二月有二十八日，閏年二月有二十九日。但紀元年數爲百之倍數者，四雖除盡；亦不置閏。而四除盡，四百亦能除盡者則依舊置閏，如此訂正，則四年內，省去三日，凱撒曆之差誤，即不發生矣。如一九一二年，一六年，二〇年，以四皆可除盡，故皆爲閏年，一七〇〇年，一八〇〇年，一九〇〇年，雖四可除盡，四百則除不盡，因不置閏。至二〇〇〇年，四可除盡，四百亦能除盡，則爲閏年。凱撒曆每四百年與實際回歸年所差者爲3•12日，格列高里曆每四百年共減少三日，是其與實際回歸年，每四百年仍差0•12日。然此差甚微，須積至三千二百餘年，始有一日差，此曆之實行尚未及四百年，故誤差尚未足影響實際之氣候也。

國際曆法，國際改曆之運動，其始不過私人建議，1921 年萬國商會開會，始發起世界的運動。並決議國際間適用一種永久不易之新曆法；同時請國際聯盟主持其事，國際聯盟從之。調查經三年之久，於1927 年邀請各國政府各組本國委員會，徵求本國人民之意見，其已組有委員會者迄今計有二十五國。

國際聯盟會所選擇之曆制改正案共分三種，但爲一般所贊許而有

實行之希望者爲下列一種。一年分爲十三個月，每月四星期共二十八日，一年共五十二星期，凡三百六十四日。十二月二十九日爲新年節日，閏年以六月二十九日爲閏日，均不計在月及星期之內。

此十三個月一年制度之第七月名之曰 (Sol) 卽太陽之意，現行之七月(July)改爲八月，餘類推。

此次改曆運動，關於社會問題者多，關於天文方面者少，故其利弊不再詳論也。

第六章

中國星曆表——星表——內插法

6-1 星曆表

在以前各章內討論問題時，關於一切必需應用之記錄，均假設學者全已熟悉，其中最普遍者如天體之赤經及赤緯。惟此種記錄非一般所能觀測而計算，蓋觀測必須用巨大而精密之天文儀器，此項設備，私人所不能勝任，故東西各國均由國家負責辦理。我國由國立中央研究院天文研究所負責每年印行星曆表一册，其內容之大概爲太陽，月亮，行星，恆星並半徑，視差，時差及其他必需之記錄。

我國星曆表所根據之標準子午圈爲東經120°，至於歐美各國則於用本國京城之子午圈外尙附有以格林維基子午圈爲標準之各種記錄。

星曆表內所載之座標數值或其他數量均係東經120°某一特定時刻內之數值，故其他時刻必須加以相當之校正，其詳細應用之法詳於第五章。

我國星曆表內分下列數部：

太陽表

太陰表

行星表

恆星表

交食表

月掩星表

北極星偏角

晨昏矇影表

太陽出沒表

星象紀要表

天象圖

太陽球面位置表

太陰球面位置表

行星光度表

太陽隣星表

最大光輝星表

雙星表

變星表

流星表

附常數及立成表

化平時爲恆星時表

化恆星時爲平時表

天文折贖表

及其他。

6-2　星表

星曆表內所載之恆星有時不足應用，故必須另用一星表，蓋比較上星表較爲完備也。星表內所載各星之平位置，係根據某一特定時期

計算而得之，如 1890 年或 1900 年之初是也。同時並附以化求別年各恆星平位置必需之記錄。在我國星曆表固不甚完備，而星表亦尚付缺如。

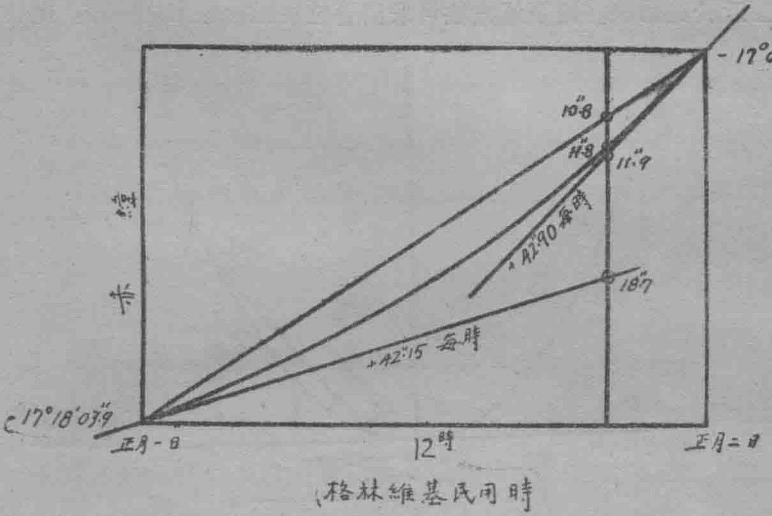
歐美現行之星表甚多，若干種內所載之星亦衆多異常，然其精確程度則稍差；若干種所載之星雖較少，然精確程度達乎極點。最佳者爲 1900 年波司之 6188 星表。關於測量普通之時間及經度，即我國星曆表之星表亦足以應用，若用最精密之方法，如泰可法，定緯度，則必需星表矣。

6-3　內插法

自星曆表內查取相當於東經 120° 任何民用時刻之天文記錄時，往往將需間接之內插法以求需要之眞確數；三角學內應用最普遍之內插法，均假定函數之變易爲均勻的，即凡二連續數間之變易盡係均勻一律；如其用之於星曆表，則凡後於表上某一規定之時刻，其增或減之數量乃正比於東經 120° 某一規定時刻以後之時數。上述之函數設以圖形表之，則此法所求之點乃位於函數曲線之弦上。

惟"每時變率"或"函數之微分係數"在每一表載函數之側均詳附記，故僅需以此數乘某一規定以後之時數即可得其間應增或減之數值。參考下圖四十三後將知此法較上法爲精，然須應用離已知時刻較近之函數表。採用此法所求之點乃位於切線上；由曲線至切線乃較近於由之至弦，惟此事實乃限於距離小於二連續數差之半。茲試設一例，詳釋上述之方法。求 1925 年正月一日格林維基民用時 21時時之太陽赤緯，在表上查得正月一日午夜 0時 及正月二日午夜之數值如下：

		太陽赤緯	每時變率
正月一日	0時	$-17°18'03''\cdot9$	$+42''\cdot15$
正月二日	0時	$-17°01'03''\cdot2$	$+42''\cdot90$

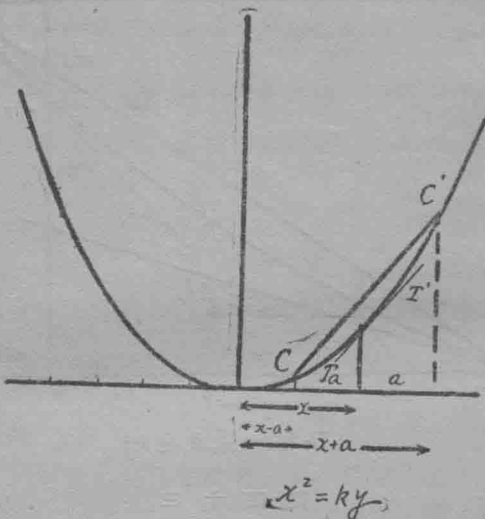


圖四十三

已知之時刻爲21時較近於正月二日，故須用正月二日之函數 $-17°01'03''\cdot2$，因離正月二日夜0時尙差3時，故必加以校正，卽於$17°01'03''\cdot2$內減去$3時\times42''\cdot90$其結果等於$-17°03'11''\cdot9$。如自正月一日算起，其結果應等於$-17°18'03''\cdot9-42''\cdot15\times21時=-17°03'18''\cdot7$。若正比例法則得$-17°01'03''\cdot2+\frac{3}{24}\times17'00''\cdot7=-17°03'10''\cdot8$。上述各種數值均於圖四十三詳細註明，由之可證明第一法所得之點較其他二法所得之點近於函數曲線。

有時表上所列之時間段甚長，上述之法尙不足窮其變，先於其每

時變率間求其較精密之每時變率，然後根據之而求所需之數值。玆設有一拋物線如圖四十四，其軸垂直而置，故經函數曲線之二已知點C及C′，各點有相同之斜度，由是可知在二種表載數值間之各點，拋物線必接近於眞曲線。用下述方法可求出適位於拋物線上之一點。拋物



圖四十四　拋物線

線公式之二次微分係數乃一常數，故任一需要點之斜度$\frac{dy}{dx}$可以簡單之內插法在已給之諸斜度$\frac{dy}{dx}$數值內求出之。有一點於此，如其橫軸等於已知時及需求時相差之半，則卽得切線 TT′之斜度，此斜度亦等於上述拋物線之弦的斜度，因弦與切線相平行可以確切證明之。求出相當於中點時間之每時變率後卽用以代替表上所給之數值，於是置點於拋物線上，是必近切於函數曲線之眞點。此亦可以上述例題釋明之。

自正月二日回溯至正月一日 21時 僅有三時（3時），將其平分則得

1時30分，故至正月一日應改作22時30分，由$+42''\cdot90$及$+42''\cdot15$兩數間內插，可求得22時30分之每時變率如下：

$$+42''\cdot9-\frac{1\frac{1}{2}}{24}\times0''\cdot75=+42''\cdot86$$

赤緯則等於

$$-17^\circ01'03''\cdot2-3\times42''\cdot86=17^\circ03'11''\cdot8$$

此法所求之數最爲精確，故當推爲四法中之最佳者。

例二： 東經120°地方1932年四月三日太陰赤經已知，試以上述四法求該日太陰上中天之赤緯。

解： 太陰在東經120°之上中天時刻爲10時06分。

	太陰赤緯	每分變率
四月三日 10時	$-7^\circ2'35''\cdot8$	$+14''\cdot135$
11時	$-6^\circ48'27''\cdot1$	$+14''\cdot154$

(1)

$$-7^\circ2'35''\cdot8+6\times14''\cdot135=-7^\circ2'35''\cdot8+1'24''\cdot810=-7^\circ1'12''\cdot99$$

(2)

$$-6^\circ48'27''\cdot1-54\times14''\cdot154=-6^\circ48'27''\cdot1-12'44''\cdot316=$$

$$-7^\circ1'11''\cdot416$$

(3)

$$-7^\circ2'35''\cdot8+\frac{6}{60}\times14\cdot145=-7^\circ2'35''\cdot8+1'24''\cdot87=-7^\circ1'10''\cdot93$$

(4)

$$14''\cdot135+\frac{6\cdot\frac{1}{2}}{60}\times\cdot019=14''\cdot136$$

$$-7^\circ2'35''\cdot8+6\times14''\cdot136=-7^\circ2'35''\cdot8+1'24''\cdot810=-7^\circ1'10''\cdot99$$

6-4 二次內插法

表上查得之數值若有二個以上之函數，則內插法之應用較爲複雜。時間段不長者，可依下法求之。茲以下例說明之。

ρ sin t

時 角	1925	1930
1時52分	30•9	30•2
1時56分	31•9	31•2

設求 1927 年時角 1時53•5分之 ρ sin t 的數值。假定 30′•9 數值乃隨時角而增，但因時日之增而減；復假定此二數各自獨立。因時角增加 1•5分而增長之數值等於$\frac{1•5}{4•0}\times 1'•0=0'•38$；因時日增二年而降落之數值等於$\frac{2}{5}\times 0•7=0'•28$，故正確之數爲 $30'•9+0'•38-0'•28=31'•0$。

引用同一方法可以校正三個變數。

例一：

設於太陽地平經度表內求相當於赤緯＋11°30′時角（中午以後之視時）3時02分，緯度 42°20′ 北，之地平經度。

第一表 赤 緯 （緯度 42°北）

時 角	11°	12°
3時10分	112°39′	111°45′
3時00分	114°56′	114°01′

第二表　　赤　緯　　(緯度43°北)

時　角	11°	12°
3時10分	113°22′	112°29′
3時00分	115°41′	114°48′

自 114°56′ 開始，須校正三個變數，如下：

緯度 42°，凡減時角 10分，其地平經度＝2°17′，故減 2分應＝27′·4；赤緯減一度(1°)＝55′，故減 30′應＝27′·5；時角 3時00分因增緯度 1°，其方位角增 45′，故 20′緯度應＝15′，總結果爲

$$114°56' - 27'\cdot4 - 27'\cdot5 + 15' = 114°16'\cdot1$$

6—5 遞較法

航海通書或星曆表內所載日月諸星行度，皆按一定時間推算，如求他時間或他地時間之各星行度，須用比例乘除之；惟各星行度，速率不均，平常比例，猶爲未足，須遞次比較，以窮其變，則得數方爲準確，是謂之遞較法，其式頗繁，今惟就便於用者，釋之於下：

命 F_{-2}，F_{-1}，F_0，F_1，F_2 爲表載某星等距時間之五項相連度數，視爲時之函數，其 F_0 爲所求時間前最近之行度。

又命
$$\left.\begin{aligned} F_{-1} - F_{-2} &= \triangle_{-2} \\ F_0 - F_{-1} &= \triangle_{-1} \\ F_1 - F_0 &= \triangle_1 \\ F_2 - F_1 &= \triangle_2 \end{aligned}\right\} \text{爲一次較}$$

$$\left.\begin{array}{l}\triangle_{-1}-\triangle_{-2}=\triangle_{-1}^{2}\\ \triangle_{1}-\triangle_{-1}=\triangle_{0}^{2}\\ \triangle_{2}-\triangle_{1}=\triangle_{1}^{2}\end{array}\right\}\text{爲二次較}$$

$$\left.\begin{array}{l}\triangle_{0}^{2}-\triangle_{-1}^{2}=\triangle_{-1}^{3}\\ \triangle_{1}^{2}-\triangle_{0}^{2}=\triangle_{1}^{3}\end{array}\right\}\text{爲三次較}$$

$$\triangle_{1}^{3}-\triangle_{-1}^{3}=\triangle_{1}^{4}\quad\text{爲四次較}$$

以式列之如下:

函數	一次較	二次較	三次較	四次較
F_{-2}				
	$\triangle_{-2}$			
F_{-1}		$\triangle_{-1}^{2}$		
	$\triangle_{-1}$		$\triangle_{-1}^{3}$	
F_0		$\triangle_{0}^{2}$		$\triangle_{0}^{4}$
	$\triangle_{1}$		$\triangle_{1}^{3}$	
F_1		$\triangle_{1}^{2}$		
	$\triangle_{2}$			
F_2				

又命 $F(x)$ 爲所求 x 時之行度，x_0 爲與 F_0 相當之時，h 爲等距時間，$t-\dfrac{X-X_0}{h}$ 爲 x_0 之餘下之時間化爲等距時間之分數，則

$$F(x)=F_0+t\left(\frac{\triangle_{-1}+\triangle_{1}}{2}\right)+\frac{t^2}{2}\triangle_{0}^{2}+\frac{t(t^2-1)}{6}\left(\frac{\triangle_{-1}^{3}+\triangle_{1}^{3}}{2}\right)+\frac{t^2(t^2-1)}{24}\triangle_{0}^{4}+\cdots$$

此乃求各星行應用之公式。其

$+t\left(\dfrac{\triangle_{-1}+\triangle_{1}}{2}\right)$ ……………………謂之一次差

$+\dfrac{t^2}{2}\triangle_{0}^{2}$ ……………………謂之二次差

$+\dfrac{t(t^2-1)}{6}\left(\dfrac{\triangle_{-1}^{3}+\triangle_{1}^{3}}{2}\right)$ ……………謂之三次差

$+\dfrac{t^2(t^2-1)}{24}\triangle_{0}^{4}$ ……………………謂之四次差

至於求某行度應用至某次差初無一定限制，須視行度變動之徐疾，及所需用之精粗以爲準。

例一： 求民國二十一年四月三日二時十八分十八秒南京地方時太陰赤緯。

	月	日	時	分	秒
解： 南京地方時	4	3	2	18	18
加經差				04	53
東經 120° 地方相應時 =	4	3	2	23	11

日	時	東經 102° 地方太陰赤緯	一次較	二次較	三次較	四次較
1	0	−21° 8′ 1″·0				
			+4° 40′ 2″·6			
2	0	−16 27 58·4		+34′ 53″·6		
			+5 14 56·2		−14′ 15″·6	
3	0	−11 13 2·2		+20 38·0		+1′ 59″·9
			+5 35 34·2		−12 15·7	
4	0	−5 37 28·0		+8 22·3		
			+5 43 56·5			
5	0	−0 6 28·5				

$t=0{\cdot}09943$ $\qquad \dfrac{\triangle_{-1}+\triangle_1}{2}=325'{\cdot}25$ $\qquad \dfrac{\triangle^3_{-1}+\triangle^3_1}{2}=13'{\cdot}262$

$\log t=\overline{2}{\cdot}99752$ $\qquad \triangle^2_0=20'{\cdot}633$ $\qquad \triangle^4_0=1'{\cdot}998$

$$\begin{aligned}
\log t &= \overline{2}{\cdot}99752 \\
\log\left(\frac{\triangle_{-1}+\triangle_1}{2}\right) &= \underline{2{\cdot}51222} \\
\log 32'{\cdot}340 &= 1{\cdot}50974 \\
\log\frac{t^2}{2} &= \overline{3}{\cdot}69400 \\
\log \triangle^2_0 &= \underline{1{\cdot}31456} \\
\log 0'{\cdot}102 &= \overline{1}{\cdot}00856
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\log\frac{1}{6}(t-1)t &= \overline{2}{\cdot}21505- \\
\log\frac{\triangle^3_{-1}+\triangle^3_1}{2} &= \underline{1{\cdot}12261-} \\
\log 0'{\cdot}218 &= \overline{1}{\cdot}33766 \\
\log\frac{1}{24}t^2(t^2=1) &= \overline{4}{\cdot}61051- \\
\log \triangle^4_0 &= \underline{0{\cdot}30059} \\
\log(-0'{\cdot}0008) &= \overline{4}{\cdot}91110-
\end{aligned}$$

	月	日	時	分	秒		
東經 120°地方	4	3	0	0	0	之太陰赤緯	$-11°\,13'\,2''\!\cdot\!2$

2 23 11 之	一次差	+	$32'\,20''\!\cdot\!4$
	二次差	+	6·1
	三次差	+	13·1
	四次差	−	0·0

	月	日	時	分	秒	
東經 120°地方	4	3	2	23	11	之太陰赤緯 $-10°\,40'\,22''\!\cdot\!6$
卽南京地方時	4	3	2	18	18	

第七章

地球形狀——觀測之高度校正

7-1　地球形狀

地球表面形狀近似一旋轉之橢圓形，其短軸爲旋轉之軸。實際形狀稍異於橢圓形，然其差別甚微細，於本書所論及之各種天文觀測初無若何之影響，故可無復顧及。每一子午圈可視作一橢圓，至於赤道及赤緯線則爲完整正之圓形。凡航海及測量內所應用之天文均較簡易，又不需極度之精密，而事實上復因所用儀器均非精密者，故即假定地球形狀如圓形亦未嘗不可。子午圈橢圓之長半徑，或赤道之半徑等於3963·27英里，其短半徑等於3949·83英里。兩數之差約13英里，即約三百分之一，若此之差，除極精密之觀測外無顯著之不同。赤道處緯度1°之長爲68·703英里，在兩極則爲69·407英里；赤道1°之長爲69·172英里。等體積之球半徑約等於3958·9英里。

測地學及地球物理學之國際聯盟，1924年在馬德利德會議，決議採用Hayford之數值；但1911年天文學界在巴黎會議，決議採Hermert之赤道半徑，然今所通用者仍爲Hayford之數值，其值如下：長半徑爲3963·34英里，短半徑爲3949·99英里。

在地球表面以球面座標定點之位置，計有可觀測之緯度三種：

(1) 天文緯度(Astronomical Latitude)　某地之緯度乃該地之鉛垂線與赤道面所成之角，即天頂之赤緯或北極之距離也。

(2) 測地學緯度 (Geodetic Latitude) 此乃地球表面之垂直線與赤道面所成之角度，如下圖四十五所示之 ∠ABE，以 φ 表之。各地之測地學緯度均與天文緯度有若干之小差，平均約等於 3″，然時或達 30″。此種差數名之曰“鉛垂線之地方偏離”或云“站點差”，地球表面與橢形之相距可由此直接量出之。測地學緯度不能直接觀測而得，但須由計算推演之。

(3) 地心緯度 (Geocentric Latitude) 此乃連結觀測者所在地點與地心之直線與赤道間所成之角如圖四十五之 ∠ACE，以 φ' 表示之。

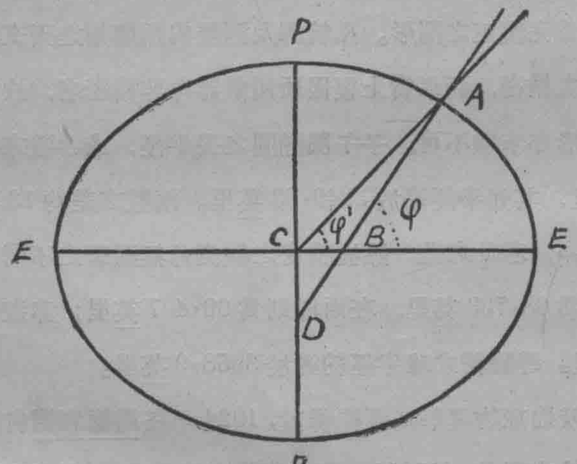


圖 四 十 五

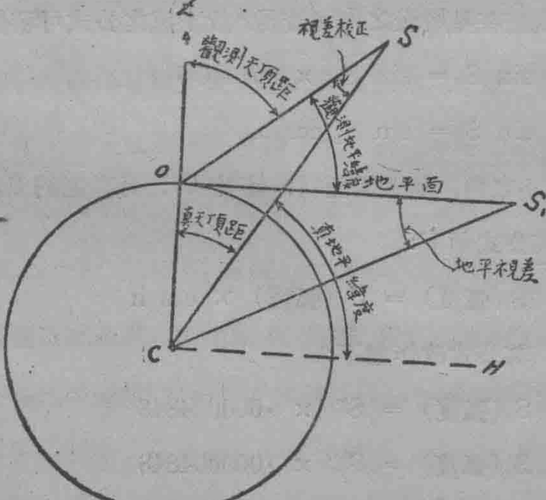
測地學緯度與地心緯度之差爲 ∠BAC，名之曰垂角，或曰緯度改數。地心緯度永小於測地學緯度約自 0° 11′ 30″ 至 0，此乃視其~~在~~緯度在 45° 或在赤道及兩極而定。在地球表面各處所作之觀測必須化至相當於地球中心之數值以後始能用以與其他根據地中心而得之數值結合。欲

求之結果如需非常精密，則應用地球中心緯度。本書所論及之各種觀測，均可假定地球爲一整圓形。

7-2　視差

天文年曆內所載各天體之座標均根據地球中心而定，而觀測之座標則根據觀測者在地球表面所在之地點，由是化之至地中心，乃必需之手續也。事實上能得者惟觀測之地平緯度，需求者乃地中心之緯度也。除月亮以外之各天體均極遠，故卽設地球爲圓形亦尙精確；若用小儀器觀測，月亮亦不至生誤。

下圖四十六，ZOS 角係測出之天頂距，而 S_1OS 則爲測得之地平緯度；ZCS 爲眞天頂距(卽地中心)，HCS 爲眞地平緯度。天空之物在 O 點視之因似較低於在 C 點所視。此種物體在天球上之視差動謂爲視差 (Parallax)。



圖四十六　視差校正

視差之影響乃減低物體在天球上地平緯度。自圖上可察出 OS 及 CS 兩線之方向差等於小角 OSC，此名視差校正 (Parallax Correction)。物體垂蓋頭頂C點時，O與S同在一直線之內，故視差校正角等於零度；S在地平面時即爲S_1之位置，OS_1C之角度爲最大，名之曰地平視差。

三角形 OCS 內，在O點之角度設爲巳知，因不論地平緯度或天頂距均能直接觀測。OC之長度爲地球之半徑(約 3959 哩)，而 CS 爲自地球中心至天球上物體中心之距離，太陽系內各物體之距體亦均知悉。用正弦律解此三角 OCS，求S_1其公式如下：

$$\sin S = \sin ZOS \times \frac{OC}{CS} \tag{47}$$

自直三角形 OS_1C 求其關係，則得下列公式：

$$\sin S_1 = \frac{OC}{CS_1} \tag{48}$$

S_1角或地平視差在星曆表之內可查得，故上述之公式可稍變易，如下：

$$\sin S = \sin S_1 \times \sin ZOS \tag{49}$$

或
$$\sin S = \sin S_1 \cos h \tag{50}$$

S及S_1爲甚小之角，就太陽而言，僅及 9″；月亮則約 1°。故可以弧度代正弦。其公式如下：

$$S\,(\text{弧度}) = S_1\,(\text{弧度}) \times \cos h \tag{51}$$

化弧度爲秒，其公式改作如下：

$$S\ (\text{弧度}) = S'' \times \cdot000004848$$

及
$$S_1(\text{弧度}) = S_1'' \times \cdot000004848$$

故
$$S'' = S_1'' \times \cos h \tag{52}$$

即　　視差校正 ＝ 地平視差 × cos h　　(53)

公式(53)之應用如下例。

例一：視地平緯度為 50°，求民國二十一年十月十日之視差校正。

解：自星曆表內查出十月十日之視差為 8″·8，因該數爲地平視差，故

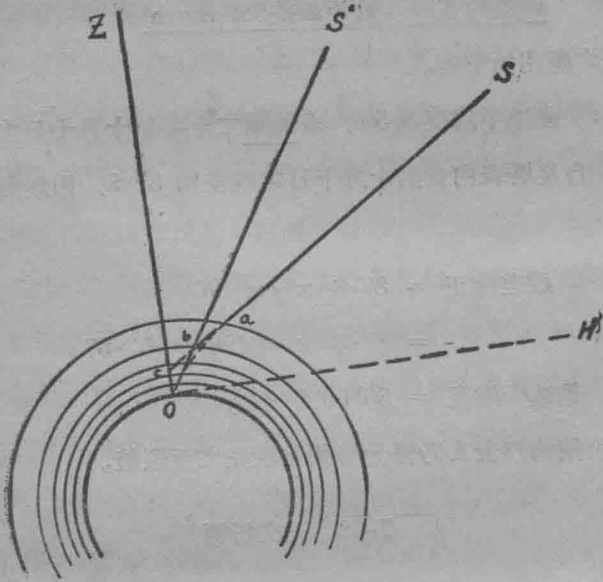
$$視差校正 = 8''\cdot8 \times \cos 50^\circ$$
$$= 8''\cdot8 \times \cdot6428 = 5''\cdot67$$

於是　　眞地平緯度 ＝ 50° 00′ 5″·67。

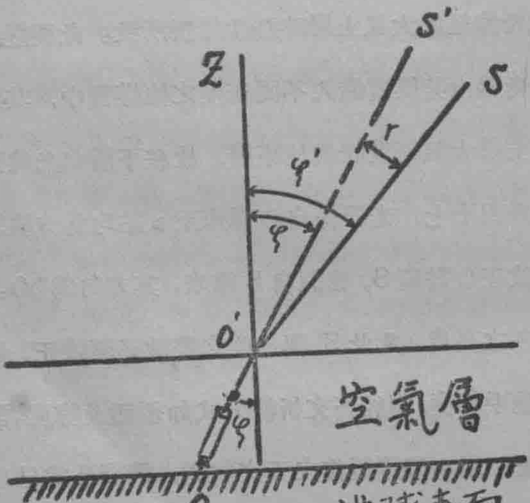
本書所附第四表A乃係太陽視差校正之近似值。

7－3　天文折蛽

天文折蛽(Astronomical Refraction)係一種天體之視變位也，由於自其傳來之光線經過大氣上層時發生屈折所致。此視變位之角距差卽天文折蛽。光線由某媒質進入不同密度之他媒質中，其進行之方向，常有變化。今上層大氣密度既異於下層，故在下層之光線進行方向形成一曲線。下圖四十七，光線係自 S 傳來至 a 點均爲直線，但自 a 至 O 則成曲線，故在 O 點望 S，竟似自 S′傳來，其方向爲 bO。由是所見之星似高於實在之高度，凡此 S′ 與 S 間之差數必須校正，始能求出眞實之天頂距或地平緯度。關於天文折蛽公式如須顧及緯度，溫度，氣壓等等則甚形複雜。用小儀器所作之天文觀測，簡單公式已足應用矣。簡單公式之推演可以下圖四十八釋明之。



圖四十七　天文折頓



圖四十八　天文折頓

自 S 傳射至O′之光線，達O′點以後起始屈折，故其方向形似 O′O，在O點望星，顯在 S′ 點。ZO′S($=\zeta'$)爲眞天頂距，ZO′S′($=\zeta$)爲視天頂距，而 SO′S′($=$r)爲天文折頓，故自圖形可得下列等式

$$\zeta' = \zeta + r \tag{54}$$

凡光線自稀密度傳至濃密度之媒介物時(上述之光線乃自眞空傳至空氣)，其屈折之情形必依此律。

$$\sin \zeta' = n \sin \zeta \tag{55}$$

n 爲天文折頓之指數。若係空氣，$n = 1{\cdot}00029$。以(54)代入(55)，

$$\sin (\zeta + r) = n \sin \zeta \tag{56}$$

開展上式之第一項，

$$\sin \zeta \cos r + \cos \zeta \sin r = n \sin \zeta \tag{57}$$

r 之角甚小，從未大於 0°34′，故可以下式代之，

$$\sin r = r$$

及　$$\cos r = I$$

於是　$$\sin \zeta + r \cos \zeta = n \sin \zeta \tag{58}$$

故　$$r = (n-1) \tan \zeta \tag{59}$$

r 乃以弧度表之。化 r 爲分，則須以 0·0002909 (弧 1′ ＝ ·0002909) 除之，最後之近似値如下：

$$r_{(分)} = \frac{\cdot 00029}{\cdot 00029} \tan \zeta \tag{60}$$

$$= \tan \zeta \tag{61}$$

$$= \cot h \tag{62}$$

天文折頓又依氣壓溫度而異，設氣壓爲英寸以 b 表之，溫度爲華氏，

t 表之，則天文折頓得由下式計之。

$$r = \frac{983\ b}{460+t} \tan \zeta$$

由地面測星所得之視高度均須減天文折頓，方得星之實高度。而天文折頓之多寡又與溫度氣壓有關係，故星曆表所載之天文折頓表分爲兩段，一曰常差表，一曰變差乘數表。

常差表乃以攝氏氣溫爲 0°，水銀零度氣壓爲 760 mm. 空氣濕度爲 6 mm. 爲標準。其視高度之正號者乃地平上之高度，負號乃地平下之高度。

變差乘數表分 A, B, C 三種，用以乘常差或常差之變，以求精確之蒙氣差也。A 乃關於氣溫變差之乘數，B 乃關於氣壓變差之乘數，C 則用以訂正近地平之星者，蓋星之近地平者，其蒙氣差最巨，須加以 C 之變差乘數方臻精確焉。

設 t 爲空氣之攝氏溫度，H 爲空氣之實氣壓，即已加緯度地高氣溫諸差之氣壓。按 t, H 之值，查變差乘數表，得 A, B 兩數。設 R_0 爲常差，則 $R_0 A$ 爲變差之關於氣溫者

命 $$R' = R_0 + R_0 A \tag{62a}$$

則 $R'B$ 乃變差之關於氣壓者。命 R 爲準差則

$$R = R' + R'B \tag{62b}$$

但星之近地平者則上式之

$$R_0 A \text{ 宜改用 } R_0 A\alpha \frac{1+0{\cdot}00367\,t}{1+kt}$$

$R'B$ 宜改用 $B'B\beta$

α, β, k 之值，皆由變差乘數表 C 求之。表中 10 以上之 k 皆等於

0·00367，故 $\frac{1+0\cdot00367\,t}{1+kt}=1$

公式(62)甚簡單且便於應用，但不能視爲天文折頓眞定律，凡 ζ 之數值大於 80° 時卽失去其正確性。本書附錄第一表乃以精確之公式計算而得，其溫度爲 50°(華氏)，氣壓爲 29·5 吋，用公式(62)求得之數值可與之比較。應用公式 62, 62a, 62b 及表一之例如下：

例一：　設觀測太陽下邊之高度爲 31° 30′，求太陽之眞高度。

$$\text{(a)}\ r = \cot h = \cot 31°30'$$

$$= 1'\cdot6319\ \text{或} = 1'38''$$

故眞高度(h) = 31° 28′ 22″

(b) 從表 I 查出之數值

$$r = 1'33''$$

故眞高度(h) = 31° 28′ 27″

其間相差僅 5″，用工程中星儀所作之觀測，此種差誤不甚重要。較精密之天文折頓可以公式(62a)及(62b)求之。

例二：　某星高出地平 66° 32′ 22″，其時 t = 12°·6，H = 756·2 mm，試求其天文折頓。

解：

查常數表　$R_0 = 26''\cdot08$

$$\text{查變差乘數表}\begin{cases} A = -\,0\cdot0461 \\ B = -\,0\cdot0051 \end{cases}$$

$$\therefore\quad R' = 26''\cdot08 - 1''\cdot20 = 24''\cdot88$$

$$R'B = -\,0''\cdot12$$

$\therefore \quad R = 24''\cdot 76$

例三： 某星高度爲 $4°44'\cdot 8, t=12°\cdot 5, H=754\cdot 5\,mm$. 試求天文折顿。

解： 查常數表 $R_0 = 10'42''\cdot 0 = 640''\cdot 2$

查變差乘數A表 $A = -0\cdot 04575$

查變差乘數C表 $\begin{cases} \alpha = 1\cdot 124 \\ k = 0\cdot 00388 \end{cases}$

$\therefore \quad R_0 A\alpha \dfrac{1+0\cdot 00367t}{1+kt} = -32''\cdot 89$

$\therefore \quad R' = 10'7''\cdot 36$

查變差乘數B表 $B = -0\cdot 00725$

查變差乘數C表 $\beta = -1\cdot 012$

$\therefore \quad R'B\beta = -4''\cdot 46$

$\therefore \quad R = 10'2''\cdot 9$

7-4 半徑

太陽與月亮之平面盤均甚圓整，而其半徑之角距亦於星曆表內逐日詳載。因測其邊緣較中心爲正確，故所求之中心高度，乃自上或下邊緣之高度內減或加相當之半徑角距而得。觀測之半徑角距云或異於表載之數值，其故有二：太陽初出地平時其離觀測者較至地心爲近，故所得之半徑角距必大於表載之數。及太陽行至天頂，較其在地平時又近觀測者約 4000 哩，由是半徑角距又差。月亮至地球之距離約等於 240,000 哩，故視半徑之增約大十分之一，卽 16″ 是也。

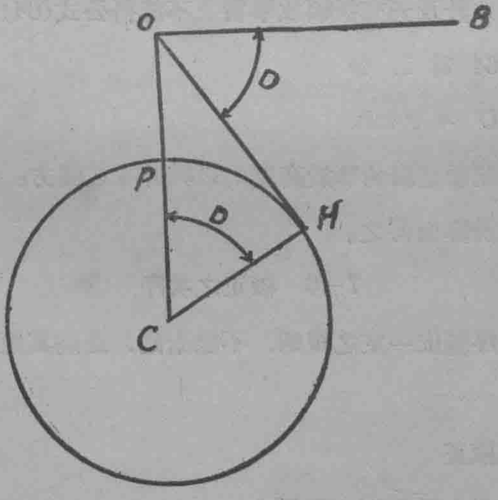
高度小則天文折頓大；高度大天文折頓反小；太陽或月亮之下邊緣較上邊緣升之較速，故垂直半徑有視縮之現象，當太陽或月亮在地

平面時，特別顯著，故是時之形狀似橢圓。此種視縮於觀測之高度不生若何影響，蓋加上之天文折頓正乃相當於觀測之邊緣高度；惟用六分儀時則須注意及之。每月第一日太陽之近似半徑角距附在本書附表四B，星曆表均逐日詳載。

7-5　海平俯角

若高度係於海平面上所測量，則所測得之高度內必須減去眞地平以下之海平俯角 (Dip of the sea horizon)。如圖四十九，設觀測者在O，眞地平爲OB而海平爲OH，使OP=h，卽觀測者之眼睛在海面以上之高度，計數以呎。PC=R，爲地球之半經，暫設爲圓球。D爲俯角。三角形OCH之關係如下：

$$\cos D = \frac{R}{R+h} \tag{63}$$



圖四十九　海平俯角

$\cos D$ 以其級數代之，$1-\frac{D^2}{2}+\cdots\cdots$ 凡大於二次方者均不計，故得下式

$$\frac{D^2}{2}=\frac{h}{R+h}$$

h 較之 R 甚小，故可略去，於是得下式：

$$\frac{D^2}{2}=\frac{h}{R}$$

或

$$\underset{(\text{弧度})}{D}=\sqrt{\frac{2h}{R}}$$

R 之數值以呎表之(20,884,000)，復以弧度 1'(·0002909)除之，乃化 D 爲分，

$$D=\frac{1}{\sqrt{\frac{R}{2}}\times\cdot 002909}\times\sqrt{h}$$

$$=1\cdot 064\sqrt{h} \qquad (64)$$

此式之俯角尙未計及天文折韻故事實上不能得公式(64)之數值，由是普通均易 1·064 爲 1，即

$$D'=\sqrt{h}\ \text{ft} \qquad (65)$$

易言之，以分記數之俯角等於高度（以呎計）之開方。表四 C 乃根據較精確之公式計算而得之。

7－6 校正之次序

校正之次序應依一定之規則，不能紊亂，茲將其應遵之次序列之如下：

1. 儀器之校正

2. 海平俯角（設在海上觀測）

3. 天文折皺

4. 半徑

5. 視差

實際工作時，權宜行事，亦不可忽略。太陽中心高度之視差與其下或上邊緣高度之視差決無若何顯著之差別；若高度甚低，則應於觀測之邊緣高度上加天文折皺校正，因其與中心高度頗有分別。至於航海內之觀測稍異於一般，除第一項校正外，均併成一項，蓋謀便利也。

第八章

觀測儀器

8-1 儀器之重要

天文學之進步均有恃於精密之儀器；如以肉眼望天，能見之星不能超五六千；然用四吋鏡頭之望遠鏡後卽能見及百萬明星；百吋鏡頭則可見千萬明星。復次又可藉之研究其形狀，大小，及種種物理性質。故於觀測儀器應有相當認識，而其訂正之法更宜詳加注意，蓋觀測之成敗全系乎此也。

8-2 工程中星儀

工程中星儀乃一測量平面及縱面角之儀器也。望遠鏡之透視線可繞二互相垂直之縱橫軸轉動，透視線乃以對物鏡之光心及十字線之交點而定之，至於十字線則位於主焦點上。儀器之縱軸與接連上下兩板之內外兩軸相符合，下板刻以平面角度；上板則附遊標二，相互對立，用以讀記角度也。上板之上，固立支架，連帶望遠鏡之橫軸卽置於此支架之上，於是望遠鏡可於其周圍自由旋轉矣。橫軸之一端，附有計縱角之圓圈，支架上另附遊標，相互密切，由是可讀縱角矣。上下兩板及橫軸均有止動及微動螺絲以節其動。平準儀器必需之氣泡水平乃置於上板之上。

整個儀器可繞縱軸而於平面內旋轉，而望遠鏡則於縱面內依繞橫軸而旋轉。由是透視線可任意指向各點。平面遊標記平面角度，縱面

遊標則記縱角。平面之確定乃以連接望遠鏡之長氣泡水準爲準則。氣泡位於中心，透視線適在平面。儀器全部之訂正，計有下列數項：

(1) 各氣泡水平之軸應在同一平面內垂直於縱軸。

(2) 橫軸須與縱軸互相垂直。

(3) 透視線須垂直於橫軸。

(4) 望遠鏡之水準軸應與透視線平行。

(5) 連接望遠鏡之水準氣泡在中心時，縱圈遊標應指向零點。

以上各種訂正均屬必須，其詳細之方法在普通測量學內已詳討論，故不贅及。學者如有不甚明瞭者可參考該項書籍。

8-3　誤差之消除

以普通之小經緯儀測量高度，求其精密，較測平面角爲難。蓋平面角之精密度可以複測法增加之，至於縱角之測量，因限於儀器之構造，不能應用複測法。縱弧上僅有一遊標，故偏心率勢不能消除，復次，上述之遊標時不能如平面之遊標密切於刻度之弧。其間一較大而即能消除之誤差，名曰指差 (Index Error)。所測之高度云或異於眞數，其故有二：

(1) 望遠鏡上水準氣泡在管之中心時，遊標之零不與圓弧之零度相符合。

(2) 氣泡在管之中心時，透視線並不橫平。

上述第一部之誤差，消除甚易，在氣泡位於管中時，讀記遊標所指之數，將其加諸所測之高度上，即能校正之。（指數之加或減乃視指數本身之符號而定）至於第二部之消除，其法如下：每一高度，測量二

次，一以儀器之正位測之，一則反之，求其二數之平均，誤差隨之消除，惟此法有相當之限制，卽儀器上之刻度縱圓弧須有整圓始可。若依此法而行，則因遊標未訂正所生之誤差亦能消除，故不需另作上述第一部之校正矣。凡儀器倒轉時，其上板之水準未有變動者，表示縱軸確實垂直；否則，在進行測第二次高度之前須重行平準之，故二次所測高度之差計含上述之誤差三種。有時不及平準或爲他事所限，不得不直接測二次之高度，則各次工作完畢以後卽需分別訂定其指數，復分別校正之。望遠鏡之水準軸須使之平行於透視線，垂軸又須使其確實垂直，此係必需者也。訂正垂軸不必用其水準，但移二氣泡各至其管之中心，轉儀器 180°，如氣泡離其中心，則用整準螺絲移動氣泡，退回原有距離之半。垂軸如係無偏，則不論儀器轉至何方位，其氣泡之位置始終不變也。軸之垂直亦可以下法定之，置長氣泡管於整準螺絲 (Levelling Screw) 之上，於是用支架上之微動螺絲使氣泡移至中心；儀器乃繞縱軸轉 180°，氣泡如移動則用微動螺絲移動氣泡，使其退回移動距離之半，餘則仍用整準螺絲平準之；此法可繼續應用，迄其達完全平準爲止。凡作精細之觀測時，常用此法。

若透視線不垂直於橫軸或橫軸不垂直於縱軸，其所生之誤差可以下法消除之，卽每一儀器位置作一觀測，將二次之結果而平均之，其誤差自消。設測一平面角，第一次測量時經緯儀之縱圓弧在觀測者之右，第二次則在左，求二次測數之平均，可無誤差，因橫軸之二位置乃實橫線之對稱線，而二透視線之方向，又對稱於望遠鏡轉動軸之實垂直線故也。橫軸如不垂直於縱軸，透視線所作之平面向實垂面傾斜，

易言之，彼將不能經穿天頂，而縱平二角度亦不免於誤差。凡作精密觀測之儀器均設備一跨水準 (Striding Level)，此跨水準裝有二足，故可置於横軸兩端。由是觀測者可直接平準縱軸或測傾斜之角度。跨水準之應用，必須正反位置並用，始可消除其自身之誤差。透視線不垂直於横軸時，彼將繞横軸作一圓錐形。透視線卽遇横軸無傾斜之誤差，亦常不能經穿天頂，故應用儀器時若不作位置之校正，則必需校正十字絲。惟精確儀器不可輕易妄作校正，蓋校正而不正，則毫忽之差將成千百之誤，是初學者不可不三注意也。

8-4　反射遠儀——中星儀之附屬物

若於夜間或暗中施行觀測星座，則十字絲不能見，故此時有於對物鏡之端附加反射遠儀之必要，其功用乃能反射外面光線入鏡筒，照明十字絲。此種反射遠儀爲橢圓形，中有橢圓形之孔，俾照準不爲所阻；內面則鍍銀以反射光線。

此外尙有一種裝置：乃以小反射鏡斜置於望遠鏡中横軸之直下，横軸中則鑿小孔由一端直通鏡筒內；今若置燈火於横軸之端，則火光由小孔導入，更由斜置之小反射遠儀送反射光於十字絲，此對於天文觀測甚稱便利。

上述之設備均不完全時可以油紙或油布代之，卽將油紙等置於對物鏡之前，復於其上裁一小孔，使星之光線可傳入，另以手電筒照油紙，該紙卽分佈光線而照明十字絲矣。

8-5　三稜目鏡

凡所測之高度大於 55°至 60°時，對目鏡上須附以三稜目鏡，用之

可測至 75° 以上之角度。此鏡之影像均倒置。故用此鏡時須注意者惟鏡內之影像而已。

8-6 太陽鏡

觀測太陽時，目鏡上須蓋以黑或紅玻璃以保目光爲太陽所侵。若無此種玻璃則可以一白紙片代之，其法乃將紙片置於目鏡之後，太陽影像卽在其上印出，稍事練習，應用自可裕如。

8-7 天文中星儀

天文中星儀與工程中星儀重要之分別點爲其形體及支持之方法。就一般較小之儀器而言，對物鏡之直徑約自二吋至四吋，焦點長度自二十四吋至四十八吋。此項儀器乃固定於磚或洋灰柱座上，平準則藉其脚座之螺絲。舊式之鏡頭均特裝多根垂絲(普通自五根至十一根)，蓋因是可增觀測星座之次數。垂絲之間距約等於$\frac{1'}{2}$至 $1'$，故赤道星座在鏡頭經越兩線之時間約自 2秒至 4秒。迄乎近代，各中星儀均置有測微器(Micrometer)，垂線僅一根，當星現於鏡頭內時，觀測者卽置此垂線於星上，并繼續轉動測微器，使永與星相合，迄其離去鏡頭爲止。垂線經過某諸點間之時間則以電流計之。其所得結果相當於二十根垂線之觀測。鏡頭內亦以電光照耀，是乃置於軸之兩端；軸中鑿孔，鏡置於中，光線由之反射至目鏡矣。望遠鏡於高度內之運動乃以止動及微動螺絲制理之。地平經度之運動甚微，僅足以校正其是否位於子午圈而已。軸之平準乃用精細之跨水準。

是項中星儀大部用於子午圈平面內測中天之星座以定恆星時。在其他平面內亦可用之觀測時刻及緯度。中心垂線在經光心而垂直於橫

軸之平面內而其餘垂線平行於此平面時，是項儀器係已校正，觀測子午中天，此項平面務必相合於子午圈平面，橫軸須確實橫平。

若干種重要之誤差必須訂定且容納：(1) 地平經度，或視準平面至子午圈平面之角；(2) 橫軸與水平線所作之傾斜角度；(3) 視準差或視線差。同時亦須校正每日光差，時辰錶之速率差及支柱之不均勻等。化觀測之時刻爲子午圈中天之眞時刻，其校正公式爲 66, 67, 及 68。凡以工程中星儀觀測者亦可應用此項公式，由此觀測者可瞭然於各星座位置之誤差數值，於是選擇星座時亦得相當之助益。

校正之公式如下：

$$\text{地平經度校正} = a \cos h \sec \delta \tag{66}$$

$$\text{平準校正} = b \sin h \sec \delta \tag{67}$$

$$\text{視準校正} = c \sec \delta \tag{68}$$

公式內之 a, b, c, 爲地平經度，平準及視準內之常數差，均以時刻之秒表之，h 爲高度，δ 爲赤緯。若用天頂距代高度，則 $\cos h$ 及 $\sin h$ 須易爲 $\sin \zeta$ 及 $\cos \zeta$。此類公式均自球面三角推演而得。公式66指出凡星行近天頂時地平經度校正甚微細，卽 a 值甚大亦無關係，蓋 $\cos h$ 幾近零數。公式 67 指示近天頂時之平準校正大於較低之時，因天頂時之 $\sin h$ 幾近一整單位。地平經度差 a 由下法求之，卽比較北方及南方諸星之中天時刻，若儀器平面方向偏於東南，南方之星將早過中天，北方之星則反是。根據已測之時間可計角度。平準校正乃直接用跨水準測出。視準校正則比較軸心正反位置時所得之結果。應用上述三種公式，卽可造成一表如下。計算此表時假定視準平面離子午圈爲 1′或

4秒 (a＝4秒)；軸之傾斜度爲 1′ 或 4秒(b＝4秒)而視準常數 c＝4秒。苟細審下表，必可察出低位星座之地平經度校正甚大，而平準校正則小，

觀測之中天時內之誤差表

高度（傾斜誤差）	赤緯 (Declinations)										高度（方位誤差）
	h	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	h
	°	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	
	0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	90
	10	0·7	0·7	0·8	0·8	0·9	1·1	1·4	2·0	4·0	80
	20	1·4	1·4	1·4	1·6	1·8	2·1	2·7	4·0	7·9	70
	30	2·0	2·0	2·1	2·3	2·6	3·1	4·0	5·8	11·5	60
	40	2·6	2·6	2·7	3·0	3·4	4·0	5·2	7·5	14·8	50
	50	3·1	3·1	3·3	3·6	4·0	4·8	6·1	9·0	17·6	40
	60	3·5	3·5	3·7	4·0	4·5	5·4	6·9	10·1	19·9	30
	70	3·8	3·8	4·0	4·4	4·9	5·8	7·5	11·0	21·6	20
	80	3·9	4·0	4·2	4·6	5·2	6·1	7·9	11·5	22·7	10
	90	4·0	4·1	4·2	4·6	5·2	6·2	8·0	11·7	23·0	0

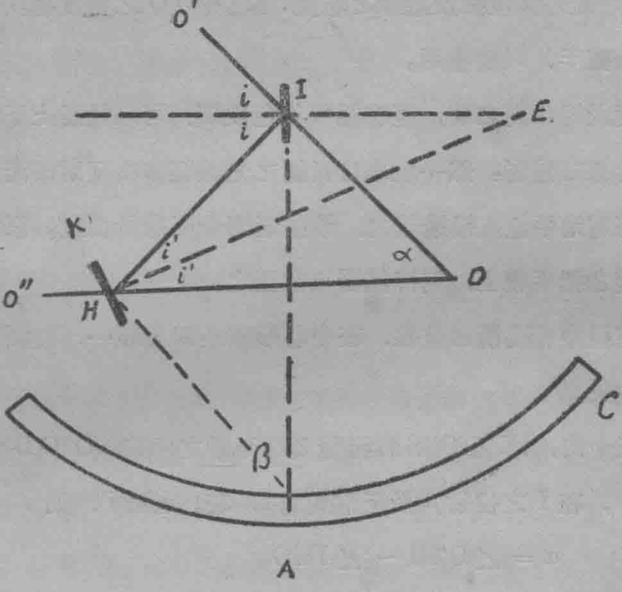
註： a, b, c ＝ 1′
用最底末一項爲視準差

至於高位之星則反是。玆設有一星之高度爲 78°，星之赤緯爲 ＋30°，a＝1′ (4秒)，b＝2′ (8秒)。故地平經度校正爲1秒，平準校正爲 2×4·6秒 ＝9·2秒。若視線差爲$\frac{1'}{4}$(1秒)，視準校正爲 1·2秒。由此可知凡中星儀放置近於子午圈而平準差較大時從低位星所得之結果較佳於高位星。在工程中星儀內其理亦同。如平準差能審愼訂定，則高位星將被選用矣。

8-8 六分儀——構造與理論

六分儀乃極其簡單，精確之小形測角器械；水平角，垂直角或任

意之斜面角均能以此測之，極其利便。其刻度綫爲 60° 之圓弧，故有六分儀 (Sextant) 之名，所能測定之角度，則可至 120° 止。



圖五十　六分儀

圖五十乃六分儀結構之大略，圖中 I 謂之指鏡 (Index Glass)，乃一反射鏡，固着於可動臂 IA 之一端，IA 謂之指臂，可以 I 爲中心在其左右旋轉於刻度弧 AC 之上；其一端 A 與刻度弧相接觸者，並附有遊標及止動，微動螺絲，用以讀測刻度弧之刻度。遊標普通可讀至10″，上並附以擴大鏡俾易觀測。H 謂之地平鏡 (Horizon Glass)，乃另一反射鏡固着於六分儀之鐵架，下半鍍銀，上半爲透明之玻璃。O 爲望遠鏡，用以透望 H。來自 O″ 光源之光線乃直接通過 H 之透明部分，經望遠鏡 O 而達於眼。來自光源 O′ 之光線，則由 I 反射達於 H，再經 H

之鍍銀部分反射，遂經O而亦達於眼。故若隨O″及O′之位置移動指臂以調節之，則O″及O′之像終至相重(距離遠者)，或在一直線中(距離近者)；此時刻度弧及遊標之指度，即O″ O O′之角度也。又六分儀背面俱有把手，以便攜用。

指鏡及地平鏡之前，復有種種着色玻璃，可以任意上下移動，用以調節光線之強弱。然一般來自指鏡之光線經多次反射，光力恆減弱；故光弱務用地平鏡直接透望之，較強者則令反射於指鏡。以故有時須將六分儀之把手朝上，倒持儀器以觀測之。

望遠鏡中有縱橫四直線，在中心形成小四方形一，觀測時須令映像位於中央。

圖五十內，IE及O″E為指鏡及地平鏡之垂線，O″O O′角為α，HAI為β，在I之投射角及反射角為i，在H者為i′，則

$$\alpha = \angle \mathrm{O'IH} - \angle \mathrm{IHO}$$

即 $$\alpha = 2(\mathrm{i} - \mathrm{i})$$

又 $$\beta = \angle \mathrm{IHK} - \angle \mathrm{HIA}$$

$$= 90^\circ - \angle \mathrm{i}' - (90 - \angle \mathrm{i})$$

$$\beta = \angle \mathrm{i} - \angle \mathrm{i}'$$

故 $$\beta = \frac{\alpha}{2}$$

若兩鏡平行，則α為0°，β因之亦為0°；此時遊標之位置以之為0。由此向左，在刻度弧上移動指臂1°，則來自二光源之光線恰成2°之角度；故刻度弧上實際1°之處必記以2°，即：60°圓弧刻作120°。

六分儀之訂正應分下列數部：

1. 指鏡須與刻度緣之平面成垂直。

2. 遊標指示 0°時，地平鏡須與指鏡成平行。

3. 望遠鏡之透視線須與刻度緣之平面成平行。

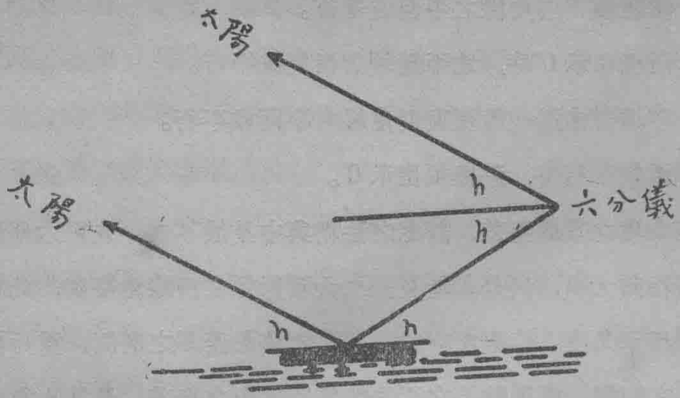
4. 兩鏡平行時，遊標須指示 0°。

第四項之差謂指差，訂定之法稍與中星儀不同，先以六分儀上之望遠鏡指向太陽，於是卽能見及二太陽影像之邊緣相接觸，此時可讀遊標之指示角度。作數次以後，將遊標移動至 0°之別側，重行再作數次同一之觀測，兩種結果之平均卽係所需求之指差，然後凡測角度，必須使用此校正，俾得計算眞實之角度。

在海面測太陽之高度時，望遠鏡應直指太陽直下之地平面，然後移動指臂迄太陽影像移入鏡頭爲止。太陽之下邊緣務使與地平線相切。至於相切之點是否確實位於太陽垂直線內，則可以下法試之：將儀器漸漸向左右移動，使太陽之影像作一圓弧，若位於直線內，則太陽影像之下邊緣必正切於地平線；否則，其邊緣將下降至地平線以下。遊標所測之高度須校正指差及海平俯角始等於視高度。

8-9　人造地平

陸地觀測時，可視地平不能應用，故不得不以人造地平(Artificial Horizon)代之也。各種液體如水銀，糖漿或重油之表面均適合於應用。所有液體乃盛於一小盆之內，俾其表面得靜止不動，太陽之反射影始能現於其表面，此影離地平之遠恰等於天空太陽至地平之距。其他尙有黑玻璃作人造地平，其精確度不如水銀，惟其便於攜帶故亦有用之者。



圖五十一 人造地平

人造地平之原理可自上圖五十一察出，在人造地平內所見之太陽影像，其離眞地平之距離相同於太陽，其間之角度爲2h。故測量此類角度時，觀測者先以望遠鏡指向人造地平，然後移動指臂使反射之太陽進入鏡頭。使反射之太陽的視下邊緣與水銀表面內之太陽影的上邊緣相接切，故所測出之角適爲太陽高度之兩倍。相接切之兩點，乃同一點之眞影。若望遠鏡之影像係倒位，則上述之理用諸上邊緣。指差校正務須於未被2除以前加上，然後方可得眞實之高度。應用水銀人造地平時，當注意勿被風吹動液體之表面，蓋即一小波亦足破壞一切而無遺也。普通均於小盆上蓋以屋頂狀之玻璃窗，惟玻璃若不平滑，其結果更劣。

8-10 記時錶

記時錶乃一比較構造精確，幷附特別擺輪之鐘錶也。不論恆星時或太陽時，記時錶均可適應。每半秒鐘擊打一次。記時錶(Chronometer)

與記時儀(Chronograph)相連以特設之電流，在每秒或二秒之末，電流停止，記時儀上卽記出時刻矣。六十秒時特多停止電流一次，或於其前一秒卽行停止，此則視乎各種構造而定，不能一概而論也。記時錶常懸於常平架內，故無不平之虞。記時錶之溫度應設法常使平均，蓋少有差誤，卽將生巨大之誤差。

兩個相同之記時錶直接比較其精密度決不能達及所能推測差之0·1秒或0·2秒，惟恆星時之記時錶與太陽時之記時錶比較時，其精密度可達及一秒之數百分之一。因恆星時比太陽時短，故每3分03秒，兩儀之擊打聲始相合一次。比較時如適二儀之擊打相合，則僅需注意每秒及半秒之擊打，因無分數可估計之。至於比較之精確度全視乎耳之敏銳也。

8－11　記時儀

記時儀乃記記時錶之時刻的儀器也。其中有一金屬圓筒，外裹以紙，內以發條撥之使轉，速度均勻，紙上立一筆尖，附於金屬臂上，臂與電磁石之鐵片相連，電流未通前，筆尖與紙相離，在空間畫成一線。電流已通後，筆尖與紙面相觸，畫一截痕，當某星經過經緯儀之中央十字絲上，觀測者卽將電鍵一撳，使電流暫時流通，於是紙面現一黑點，由點之所在，卽可知該星經過子午圈之時間。此種裝置，較天文鐘爲正確，且較便利。

8－12　天頂儀

天頂儀(Zenith Telescope)乃一特別設計之儀器，用赫爾波及泰可方法(Harrebow-Talcott Method)作緯度觀測時所應用也。望遠鏡

裝於橫軸之一端，而橫軸由垂軸支持之。望遠鏡能於平面及縱面內自由旋轉。橫軸之另一端置一平重錘，用以均衡儀器。儀器重要部份爲(1)測微器，置於目鏡之焦點平面內，測縱面之小角度，(2)靈敏之氣泡水平連接於望遠鏡上小縱圓之遊標臂，用以測望遠鏡傾斜之小角。普通此種儀器均應用於子午圈平面，惟其他面亦可應用。

天頂儀之校正須使透視線位於垂直於橫軸的平面內，測微器細絲須橫平，橫軸垂直於縱軸，底座水平須在垂直於縱軸之平面內。透視線在子午圈平面內須有二個可以調整之停止，如是處置以後，望遠鏡始能迅速的繞縱軸自子午圈之北轉移至子午圈之南，或反之，幷止動於子午圈平面內。

觀測工作係以測微器測量二星之天頂距差，二星之一須在天頂之南，其他在北，而其達中天之時刻祇能相差數分鐘。

下圖五十二係天頂儀略圖，本係一件，因示其兩種不同之位置故作二圖。望遠鏡對於緯度水平之傾斜度在觀測時無變動，望遠鏡對於縱軸之角度若變化，可以緯度水平測量之，在計算內亦可容納之。此項方法所含之原理可以下圖五十三表明之。自星 S_S 之天頂距內可得緯度

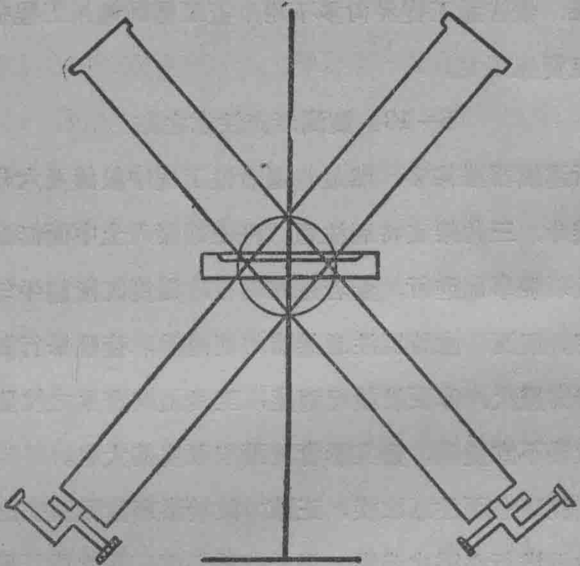
$$\phi = S_S + \zeta_S$$

自星 S_N 則得

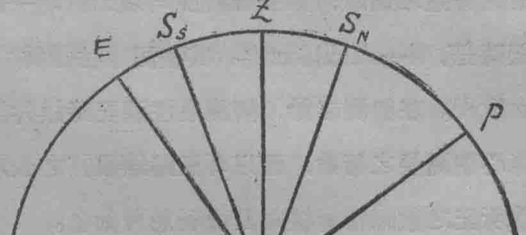
$$\phi = S_N - \zeta_N$$

求其平均數

$$\phi = \frac{S_S + S_N}{2} + \frac{\zeta_S - \zeta_N}{2} \tag{69}$$



圖五十二　天頂儀



圖五十三

此公式表示緯度卽二赤緯之平均數再加以天頂距差之半的校正。赤緯度可於星表內查到，天頂距差則用測微器精細的測出。完全公式須包括下列之校正，水準校正及天文折頓之小差。應用此種方法所測定之緯

度非常精確，惟普通工程界尚多不用，蓋工程師應用工程中星儀觀測之結果已足資應用矣。

8－13 觀測者應注意之點

本書所述儀器雖甚多，然最普遍者惟工程中星儀及六分儀而已。應用中星儀時，三角架宜特別注意，務使其深入土中而無動搖之虞。儀器之放置須於事前進行，蓋若是處理後，溫度旣漸趨平勻，而三角架亦形穩定。觀測時當特別注意儀器勿使擾動，夜晚舉行觀測更宜留心，并宜特備燈火，俾便於讀記刻度，至於讀時燈火之位置非常重要，旣定一位置後不宜變易，蓋其影響於讀記刻度甚大也。

進行觀測時必須注意敏疾，正確；故於事前當預備完全，熟知作觀測之目的及進行必需之步驟，以及各種必需應用之儀器與其校正之法。如是勢不致臨事張皇，莫知措手。

觀測時如用普通之鐘錶，則各種觀測均須二人，一記時刻，一作觀測。如用記時錶，則一人已裕如矣。其觀測方法謂爲"眼耳法"(Eye and Ear Method)。在觀測之始，觀測者注視記時錶并讀記開始之時刻，以後卽專心觀測星之行動，而以耳記鐘錶擊打之數，及完畢後重行錄取記時錶所記之數以作審核，其便利想可知也。

第九章

星　座

9－1　恆星數

目見之恆星固多，尙能一一數計。就天球上一小範圍而論，若大熊座之體部，其星數不過十二。就天體全部而論，在天晴無月之夜，目見恆星之數，不出五六千以外。天氣朦朧或月色淸朗之夜，星數減少泰半。無論何時，吾人僅見天球半個，且地平面附近之星，瞭見尤難，故祇二千或二千五百。望遠鏡發明後，其數急增，故迄今爲止，能見之恆星當在一萬萬以上矣。

9－2　星座

億兆衆星，滿佈天空，若無一定之區別，勢難辨識，於是天文學家有星座之規定。星座者，乃用以區分天球面也。今所通行者凡八十八座，其名稱詳載於各種天文年曆。中有自巴比倫以來者，而以多祿某之四十八座爲主，中世紀以來，南天多補充新星座。其名稱多爲人名及獸名，乃以紀念古人分配恆星之想像，無何學術之意味。最近比利時天文學會又提議整理北半球星座之區劃。1928 年 Delporte 氏提於 Leiden 會議；1930 年在劍橋大學出版，定名曰科學的星座區劃整理，惟今尙未實行。

觀測者雖不必特別研究星座，然若干星座之地位及其形狀則必需知悉，如是始能進行觀測。

9-3 星座命名之法

恆星各別之名，即以所在星座之名復附以希臘字母而區別之，間亦用數碼焉。字母之次序依據星光之強弱，最光明者用 α，次則 β，以此類推。各星之名均字母在先，星座名在後。如大熊星座之 α 星名 α 大熊星。若兩星位居鄰近，則用同一字母，但於字母之右上角另加 1, 2, 等數碼以區之。如 α^1 磨羯星及 α^2 磨羯星等。

9-4 星等

星之亮度乃以星等別之，一等星較二等星爲亮，二等又勝於三等，餘類推。昔時托勒梅 (Ptolemy) 曾隨意將肉眼能見之星分爲六星等，一等最亮，六等最暗淡。爲何不分較多或較少之星等，則不可知也。自望遠鏡發明以後 星數增加，而各觀測者均各自爲政，絕無均一之標準，惟事實上需求精確之結果，日益顯著，於是有標準星等之規定。觀測一等星之亮度較六等星約大百倍，由是樸格生 (Pogson) 於 1850 年假設各等星間之比例均爲 $\sqrt[5]{100}$ 即 2.512。茲設 b_1 爲一等星亮度，b_2 爲二等星亮度，其比例如下：

$$b_1 = \sqrt[5]{100}\ b_2$$

同理

$$b_2 = \sqrt[5]{100}\ b_3$$

$$b_3 = \sqrt[5]{100}\ b_4$$

由此可得

$$b_1 = (\sqrt[5]{100})^2\ b_3$$

或

$$b_1 = (\sqrt[5]{100})^4\ b_5$$

或

$$b_3 = (\sqrt[5]{100})^6\ b_9$$

普通公式

$$b_m = (\sqrt[5]{100})^{n-m}\ b_n$$

稍變易上式，得 $\frac{b_m}{b_n} = (\sqrt[5]{100})^{n-m}$

$$\log_{10}\frac{b_m}{b_n} = (n-m)\log_{10}\sqrt[5]{100}$$

$$\log_{10}\frac{b_m}{b_n} = 0\cdot4\ (n-m)$$

易言之，亮度比例之對數等於星等差之十分之四。應用此公式以後，若兩星之星等已知，可求其亮度比例；亮度比例及一星之星等已知後，亦可求別星之星等。試舉例釋明之。

例一：ζ大熊星之星等爲 2·4，g 大熊星之星等爲 4·0，求其亮度比例。

$$\log_{10}\text{比例} = \cdot4(4\cdot0 - 2\cdot4) = 0\cdot64$$

$$\text{亮度比例} = 4\cdot37$$

例二：一星之亮度大於α大熊星 30 倍，α 大熊星之星等爲 2·1，求該星之星等。

$$\log_{10} 30 = 0\cdot4\ (2\cdot1 - x)$$

$$1\cdot477 = 0\cdot84 - 0\cdot4\ x$$

$$x = -\ 1\cdot59$$

此星等 $-1\cdot59$ 爲天狼星。

現在應用之方法，卽係上法；計算時必需以一等級不變之星爲基本星等，今所採用者爲北極星。其他各星之亮度均以光度計直接或間接與北極星（α大熊星）比較，於是卽能定其亮度比例及星等。

此類星等制內之星座，肉眼能見及第六等，再小則必須用望遠鏡矣。凡亮度大於一等星者，其星等爲負數如天狼之星等爲 $-1\cdot6$。此

點稍形不便。

9-5　星光

目力能見之星大部均係白色，間雖有別色，然仍少數之少數。其所顯現之色約分下列數種：淡綠，淺藍，淺橙色，淡紅，淡黃，亦有黃色，橙色或紅色，然白色仍佔大部。其致此之原因，乃因星體之溫度及化學成分不同之故也。

9-6　一等星

欲認星座，最初必須熟知所有之一等星，然後始能由此基本點作進一步之觀測，總計一等星僅二十一座，每年每月必有一座或二座在晚上八時之交經過吾人之子午線，故苟稍留心觀測，一年以後卽能完全認識矣。玆稍將其大概一述，俾增觀測之興趣。

(1) 天狼星 (Sirius, α Canis Majoris)，星等爲 −1·6，距離爲 8·8 光年，色係青白，中天時刻爲二月十一日午後八時，中天高度等於37°。位於大犬座，其光輝爲各天體之冠。有史以來，任何時代，任何民族，未有不崇敬而讚美之者，埃及有稱之曰「大來因」星者；蓋視其每年先太陽東升之時，得知來因河之將汎濫也。又有謂大神奥西利斯，女神伊西斯，乃是星所變化者；又有尊是星爲太頭神亞奴比斯者。故西曆紀元前五千三百年至千八百五十間埃及之寺廟，乃依此星昇時之光線，能射入祭堂中神眼而建設者。

羅馬時呼此星曰「犬」；故由七月十三至八月十一日，卽此星先太陽而昇之時期，謂之「犬日」，其間之炎熱，乃此星與太陽所致也。英語所以稱之曰「犬星」，亦此理也。

天狼之光輝雖不及參宿七(Rigel, β Orionis)及參宿四(Betelgenx, α Orionis)，因近於太陽系，故遠過之。與地球之距離約九光年，即約50,000,000,000,000哩。一等星之光度，約以河鼓二(Altair, α Aquilae)爲標準，而天狼之光輝，則約爲其三十倍。詳言之爲 −1·6；若移至太陽之距離，則光輝約爲太陽二十七倍；直徑約爲二倍；溫度爲攝氏二萬度。

就全宇宙言之，天狼非最大之太陽，然在太陽系所占之空間，則可謂最大之太陽。故至某程度止，吾人得臆測其將支配太陽系之全體運動。即現今之太陽及其附近之數個太陽，集成一羣或一族，而天狼爲其領袖者，如斯觀念，甚饒興趣焉。

天狼乃白光之一等星，然與角宿一(Spica, α Virginis)之純白光不同，含有藍色或綠色之光輝，實際有射如虹之七色者。天狼乃A型星之代表，比B型星含更多量之輕氣。

1844年白塞爾氏由其不規則運動，斷定其有伴星之存在；1862年遂依十八吋之遠鏡發見之。大約爲其二分之一，光度九等，直徑僅爲地球之三倍，然重量爲其二十五萬倍，故吾人若置身其上，則重忽變爲六千六百噸焉。

關於天狼之位置，又有一種傳說。即波斯古代謂，天狼與南河三(Proceyon, α Canis Minoris)乃老人(Canopus, α Argus)之姊妹；老人娶參宿七爲妻，後倦於夫婦生活，殺之而逃於南極。天狼追之渡過天河。有謂此即石器時代之民族，見天狼在河東岸之證據。天狼約以每秒十哩之速力，向子增一(J Columbae)之方向前進，故此傳說乃

示其運動之經過，甚有趣味。

天狼與參宿四及南河三所成之等邊三角形，可謂東天之偉觀。實際天狼與參宿四之距離爲 27°，與南河三之距離爲 25°·25，而參宿四與南河三之距離爲 27°·5。

(2) 老人星(Canopus, α Argus)，其星等爲 −0·9，距離爲 450 光年，色爲青白，中天時刻爲二月六日下午八時，中天高度等於地平。其所處之位置乃在大犬座之南，地平附近，有一星座曰天舟(Argo Navis)；銀河由大犬經此星而達南極之十字座，因其面積過於廣大，故又分爲四座，卽龍骨(Carina)，檣(Malus)，艫(Puppis)及帆(Vela)是也。此星座含三等以上星體凡十五個。

老人位於天舟座中之龍骨座，爲青白色之大星，其光僅亞於天狼；天狼之光度，約爲其二倍，但天狼之距離不及九光年，老人之距離則爲 450 年，故老人恐爲恆星中之最大者，而其光力或爲太陽之一萬倍焉。

老人星我國又名之曰南極壽老人星，乃謂其出現之際，則天下太平之意也。但於二月頃，現於南天地平附近，故吾人逢此壽星之機會者甚少。老人距天狼約等於南三十六度。

Argo 乃 Jason 等五十勇士向 Colchis 求金羊毛，所乘之船名。而 Canopus 乃 Argo 船之引路者。依歷史所載，西曆紀元前 1183 年多羅耶市陷落後，Argo 船長於歸國途中，停泊於埃及，爲毒蛇所嚙而死，該地距亞力山府東北十二哩，遂以該地當時高度七度半所見之星，以 Argo 呼之，以爲永久之紀念。

亞拉比亞人稱老人曰「平原」，又稱之曰「牡種駱駝」；此乃示該星與沙漠生活有密切之關係。又於彼等傳說中，常見 Canopus 之名；寶石中放如此星之光輝者，亦以 Canopus 名之，甚爲珍貴焉。

古代埃及稱之曰「埃及星」，又尊爲「大神奧西利斯星」。Edfu 等地之神殿，多依老人星於日出前光線能射入堂中神眼而建築者；Carnac 等地之神殿，則依西沒時光線能射入神眼而建築之。非洲，南美洲及澳洲等土人，夜間旅行於曠夜中，多以此星爲引導。

老人爲F型星，與北極星等年齡相同。約一萬二千年後，天琴座之織女(Vega)星爲北極星時，此老人星變爲南極星。

(3) 南門二 (α Centauri)，星等爲 0·1，距離爲 4·3 光年，色係赤色，中天時刻爲五月下旬下午八時，中天高度在地平下。六月日沒後，南方地平有長横之星座，狀如翼之大蝙蝠者，半人馬座 (Centaurus) 是也。是座一等星二個，曰南門二 (α 星)，曰馬腹一 (β 星)，乃屬於角宿之南門，即所謂天之外門也。

半人馬座又名半人牛座，乃古代星座之一。即南歐神話之半人半馬奇倫爲第伊阿拿及阿泊羅所喜，授以音樂，園藝，天文，醫學等等，而爲希臘傳說的勇士等之師。例如傳音樂於阿奇尼斯，天文於布羅米秋斯及醫學於意斯古拉畢斯。弟子武仙 (Hercules) 以毒矢射水蛇 (Hydrus)，誤貫其膝而死，遂移至天上而成此座。

南門二於十五世紀之星名表中，在半人馬之足；而 β 星位於其右前足之蹄。二星約相隔五度，由此印象得聯想及雙子座之北河二(Castor)及北河三(Pollux)。又亞拉比亞稱 α 星曰「大地」，β 星曰「重量」，

此卽近於平之意。

南門二乃週期八十一年之雙星，常認爲最近地球之一等星，且爲恆星距離中，最初計算之者；其與地球之距離爲 4·31 光年，計算者乃非洲好望角天文臺湯馬斯氏時爲 1831－2 年。今日知最近地球之星乃此星附近之 Proxima，距離爲 4·2 光年，十一星等。連結 α，β 星，能發見南十字座，故有南指極星之稱。

(4) 織女(Vega, α Lyrae)，星等爲 0·1，距離爲 26 光年，色爲青白，中天時刻爲八月十二日下午八時，中天高度則爲天頂。此星之英名曰 Vega，原名曰 Wega，卽「墜鳥」之意。希臘，羅馬則皆名之曰琴星。我國名之曰織女，與其附近二個四等星，成一三角形，合稱之曰織女三角星。初夏宵夜，昇於東天，陰曆七月七日頃，最爲美觀，而初冬之頃，輝耀於西空。有稱之爲「全天第一金鋼石」者，又有尊之曰「夏夜之皇后」。光色青白。與天狼同爲A型之輕氣星，至少有一萬一千度之高熱度。

織女位於天琴座，與五車二(Capella, α Aurigae)及大角(Arcturus, α Boötis)爭先位於天狼之下。實際光輝約爲天狼之四倍，距離爲 26 光年。用遠鏡或雙眼鏡視之，其光甚爲透徹。我太陽系以每秒約十二哩之速力，向天琴座 δ 星而進行，則織女漸增其光度；其結果將放比天狼更燦爛之光輝焉。

天琴座又名之曰琵琶座；依神話所載，乃希臘音樂家奧夫伊斯由阿泊羅所授之天琴；當其沒後，遂懸於空間。最初時，有謂天琴乃天鷹座之天鷹，以爪所握之形狀。依此神話，葡頁米耶稱此星爲「天空

之琴」，英國稱之曰「阿薩王之琴」。然亞拉比亞人謂織女三星乃大鷹半翼之姿勢，故名之曰「墜下之鷹」；埃及亦嘗呼之曰「禿鷹之星」。西曆紀元前七千頃鄧鐵拉亞之最古神殿乃向此星而建築者。

我國對於七夕，亦有一種傳說。卽天上七星女，同沐浴後，六女皆穿衣而去，獨織女一人失其衣服，爲牛郎（卽牽牛星 Altair, α Aquailae）所竊，遂嫁之。生男二人，後織女要衣服視之，牛郎不疑其有他，從之。織女得衣服後卽逃，牛郎肩挑二兒追之，迨近，織女取銀針劃界，遂成銀河，分隔二人，並謂七日一會。但鵲鳥錯傳，謂每年七月七日一會，故每年是日，鵲鳥皆被攫毛以塡河也。

約一萬二千年後，地軸之方向指織女，此星遂爲北極星。是時天狼星輝於正夏之高空，而心宿二星（Antares, α Scorpil）則發紅光於冬雪之天空。古昔稱此星曰「天之生命」及「天之判官」者，或謂乃距今一萬二千年前，此星爲北極星時之名稱。近頃古列鐵島發見之太古紀錄，有地中海周圍曾有繁榮之民族，此乃織女爲北極星證跡歟？

織女之撮影相片，始於 1850 年，實光輝爲太陽之五千倍，直徑爲二倍半。距離爲二十六光年，卽吾人所受之熱度，與約在九哩外之蠟燭之熱度相等。以每秒速 8·5 哩，近於地球。有十一等之伴星，但遠鏡亦不易見之。

以織女及 ϵ, ς 二星爲頂點，成一等邊三角形。而 ϵ 星乃眼視雙星 ς 星亦爲雙星。又連結 β 及 γ 二星之線上，距 β 星約三分之一處，有環狀星雲，其中央有十四等星，爲天琴座不可忘之事。此星雲久爲 Laplace 星雲說之證據，若撮影視之，構造更形複雜。

(5) 五車二(Capella, α Aurigae)，星等爲 0·2，距離爲 47 光年黃色，中天時刻爲一月十九日下午八時，中天高度等於八十度。此星乃輝耀於御夫座(Auriga)五邊形一角之一等星，其光度與北極星最相接近。除七八月外，每夜殆皆能見之。

五車二之西名爲 Capella 乃牝羊之意。希臘神話謂御夫乃瑞典第四代王，因步行不自由之故，發明四頭曳引之戰車；大神愛之，遂與以星空之位置。埃及呼此星爲布達亞神名。西曆紀元前 1700 年頃，在 Karnak 之神殿，乃引此星西沒之光於神眼者。

五車二之距離爲 47 光年，以秒速 19 哩向遠方運行。星品乃酷似太陽之G型，質量爲太陽之四倍，實光輝約爲 156 倍。乃分光雙星，二者質量殆爲相等，以 104 年之週期，週轉於公共之重心。

(6) 大角 (Arcturus, α Boötis)，星等爲 0·2，距離爲 41 光年，橙黃色，中天時刻六月八日下午八時，中天高度等於 74°。夏夜天空最主要之星座，當推牧夫座 (Boötes)，或日守熊人座；大角乃是座之 α 星。吾人沿北斗之斗柄，向東而視，約在與斗柄等長距之處，有一黃橙色一等星者，大角是也。日漸高昇，而爲夏季天夜空之中心。其與五帝座一(Denobola, β Leonis)及角宿一(Spica, α Virginis)形成一大正三角形。

是星我國知之頗早，卽天蝎座所現青龍之一角也。又稱爲「天王之座」，或「成天子之棟梁」等等。北依北斗柄，容易知之；反之，用以導知北斗者亦爲重要。

Boötes 之原語，有謂爲大熊座七星爲車，以牛曳之，此乃驅牛者；

又有謂爲乃獵夫追大熊時鼓勵獵犬之聲。後者乃依南歐神話所傳，此星座所描寫之人物，視爲獵夫阿爾加斯，與其毗隣獵犬座二四之犬相連而逐大熊之勢。大熊乃美女加利斯德爲尤比提爾所愛而生阿爾加斯，因女神尤羅奥之嫉妬，遂使之變成獸。

埃及與希臘等常用之爲「神殿之星」，乃示季節推移之重要目標。農人依此星之出現而定農之季節。九月初，大角先太陽而昇者，希臘謂之秋。乘船時亦有注重之者；依雄辯家底毛斯提尼所書，向古利米耶而行時，在阿提尼借款，立契約曰「大角東昇止，若不歸航，則改二成二分五釐之利息爲三成」云云。

Arcturus 之原意，乃「養熊」之謂，因之以爲星座之名；然又有謂爲「天之守門者」，卽主季空之意也。

大角之距離爲 41 光年，實光輝爲太陽之百倍。 直徑爲太陽之二十五倍，依馬伊刻爾生教授之計算，約爲二千萬哩。其熱度與置一蠟燭於五哩之外之熱相等。然此星最著之特色乃自動之大者，秒速九十哩，時速三十二萬六千哩；自多祿某時代以來，在天球上已移動一度以上云。

(7) 參宿七 (Rigel, β Orionis)，星等爲 0·3，距離爲 460 光年，白色，中天時刻爲一月二十日下午八時，中天高度等於 46°。十二月半七時頃，仰觀東南之天空，有整列之三星在焉。此三星皆係二等星，長約三度。又以此三星爲中心，在北者有黃橙色一等星，南者有青白色一等星；兩者相連之直線，約過三星之中央星體，而其距離復殆相等，二者間隔約二十度；北曰參宿四，南曰參宿七，此部分卽獵戶座也。

數千年來，各民族多以 $\delta, \epsilon, \varsigma$ 三星爲中心而空想獵戶之姿勢。此星座昇東南之天空時，三角所成之帶(Belt)係直立，其後漸次橫寢，參宿四居其右肩，參宿五(Bellatrix)爲其左肩，參宿七及參宿六爲左右足，形成巨人擴踏於天空之姿勢。此巨人向於西方，揮巨大棍棒於頭上，以獅子皮楯蔽右腕而突出。

此天上巨人，四五千年來，各民族，皆視爲勇敢，征服，勝利之象徵，而尊爲獵夫，戰士，國王等名稱。Orion 之名乃由古代 Chaldea 所謂「天光」而來，此乃讚美太陽之名。埃及 Dendera 獸帶圖，尊爲乘坐繞星小舟之阿爾斯神。

依南歐神話所傳，Orion 係海神尼布秋奴斯之子，乃最高最美之男子，爲太陰女神鐵伊阿奈所愛；阿泊羅惡之，乘其浮泳之時，射殺於海中之巖；又有謂爲天蝎座之大蝎所殺者。北歐神話則謂此巨人乃一怪物，Rigel 輝於其二足指之一，他一指則霜焦之間，爲雷神卓奥爾所捲而投於北空。

參宿七放燦爛之青白光，爲獵戶之代表，屬 B 型。雖讓 α 位於參宿四，普通光輝淩越之而與大角，五車二，織女一等星相伯仲。且其實體爲全天第一之大太陽，距離爲四百六十光年，直徑爲太陽之三十五倍，實光輝爲其一萬四千倍。以秒速十四哩，遠離吾人。有八等星之伴星，以遠鏡窺之，乃鮮藍色之分光的連星。

(8) 南河三 (Procyon, α Canis Minoris)，星等爲 0·5，距離爲 10·5 光年，白色，中天時刻爲二月二十四日下午八時。中天高度等於 59°。此星乃屬小犬座 (Canis Minoris)，位於雙子座北河三 (Pollux)

之南二十三度，與南河二（小犬座β星，阿拉比亞名曰 Gomesa 三星）隔四度而並列，狀如雙子焉。星座位在天河之邊緣，古代呼之爲水犬。

希臘神話謂此乃伊加紐斯之忠犬米拉，搜得主人被殺之場所，告知其女意利可奥尼，意女因悲痛而縊死，米拉不離其地而死。又有謂女神鐵伊阿奈浴於森林時，亞古提奥獵犬一匹變爲鹿以驚之；其主不知而噛殺之。然謂爲獵戶 Orion 獵犬之一，而接於其踵者，較爲自然。天狼輝於大犬座口中而呈兇猛之態，此小犬座則爲柔馴之姿。

Procyon 之名乃「大犬先驅者」之意，即立天狼之前；比天狼早三十分上昇。距離爲十光年，依拉斯爾教授之研究，其大小與河鼓二相若。實光輝爲太陽之七倍。1840 年白塞爾氏注意其運動之不規則，推斷有伴星之存在；1896 年立克天文臺遂發見之。與天狼伴星之發見，同爲有名之紀錄。

(9) 水委一 (Achernar, α Eridani)，星等爲 0·6，距離爲 58 光年，白色，中天時刻爲十二月上旬下午八時，中天高度則在地平下。此星在我國之中部以北不能見之，廣東地方，見其高度爲十度，乃距南極約三十二度之一等星；爲波江座之α星。

波江座 (Eridani) 乃由獵戶座參宿七邊傍起，向西至鯨魚座，沿其鏡南下約五度，再向東南東，更南轉而止地平；水委一乃其最終點。是座之印象，雖甚薄弱，然約三百星之長列，自能引人之注目，全長達一百三十度。我國略見爲三部分，其與鯨魚座之鏡界，描成大馬蹄形，稱爲天苑十六星；謂如環狀天子之苑囿，養禽獸之所，而以牛羊爲主也。

波江又稱爲泊河(Rivel Po), Vergil 呼爲『河之王』。埃及稱之爲「天上之來因河」, 更古視與 Euphrates 河相同, 又有稱爲 Jordan。昔之星圖屢見爲河神橫臥其流之姿態。而 Achernar 乃「河之終」之意義。

希臘神話謂日神阿泊羅之子夫葉東欲驅其父之日輪車, 父初不許, 其後漸教以駕馭四匹火焰馬之方法。夫葉東疾驅其車, 遂逸軌道, 且爲天蝎座大蝎毒尾所捲, 馬遂狂奔, 致使天地爲火焰所焦爛。大神尤比蹄爾以雷火打殺夫葉東投於伯河。水精等埋其骸於河旁。夫葉東之妹海利亞鐵斯泣於墓旁而不去。大神亦哀痛之, 使彼女變爲泊布拉樹, 永守於墓側。

亞爾古船探險隊由 Eisdale 入 Rhone 河時, 曾聞海利亞鐵斯涕泣之聲, 見其流琥珀之淚。琥珀乃由希臘至 Adriatic Sea 北海岸地方而來, 故有與北意大利之泊河相同者。

水委一乃 B 型星, 距離爲五十八光年, 實光輝爲太陽之二百倍。此名最初乃亞拉比亞天文學者附於今日所謂 ◌ 星者。

(10) 馬腹一(β Centauri), 星等爲 0·9, 距離爲八十五光年, 赤色, 中天時刻爲五月下旬下午八時, 中天高度在地平下。此星乃位於半人馬座, 直徑爲太陽之四倍, 餘詳本節南門二中。

(11) 參宿四(Betelgeux, α Orionis), 此係變星, 故其星等爲0·5—1·1, 距離爲 190 光年, 赤色, 中天時刻爲一月二十九日下午八時, 中天高度等於 61°。其所處之位置爲獵戶 Orion 之右肩, 亞拉比亞語乃「中央者之腋窩」之意義。又有稱之爲「肩」或「腕」者, 皆屬於此獵戶

座也。

此座以三星爲中央，與參宿七相對，兩者相隔約二十度。獵戶座向南迴轉，直立高空；參宿四如率全星座而輝耀者。晚春之頃，移於西空，以金牛座之畢宿五爲先驅，獵戶座爲中心之天軍，向同一方向而前進，此時參宿四爲黃玉光，輝耀於天空。

印度亦呼之爲腕；蓋其視獵戶全體爲疾走之鹿；三星居於中央，描一四邊形；α, β 及其他二星各爲鹿之脛及足，而 α 乃其左之前脛也。我國由三星起，呼獵戶全部爲參宿；參乃白獸之體也，視如四神中之白虎形。在獵戶頭部之 λ 等三星，稱爲觜宿，乃虎口之意義。

印度二十八宿又稱參宿四爲濕，視爲嵐神之權化。此或係希臘羅馬信獵戶座齎暴風雨之故而說明之者。

就天文學之歷史而言之，參宿四乃計算直徑之第一個恆星；卽1920年12月13日美國威爾遜天文臺裝置馬伊刻爾遜教授發明之干涉計於百吋反射鏡而實驗之結果，發見其直徑實達二億一千五百萬哩。換言之，參宿之大，超過於地球之軌道而蔽火星之全軌道。容積爲太陽之二千七百萬倍，質量爲五十倍，實光輝爲一千六百倍，誠巨大之恆星也。

(12) 河鼓二 (Altair, α Aquilae)，星等爲 0·9，距離爲 16 光年，黃色，中天時刻爲九月一日下午八時，中天高度等於 60°。此星卽我國古代所稱之牽牛者，與其兩側星體合稱爲河鼓星，乃主軍鼓及鐵鉞，爲天子之三將軍；故牽牛又稱爲大將軍，左右二星爲左將軍及右將軍，與參宿三星視爲三將軍者同工異曲也。

牽牛與織女隔銀河而相對，在其南東三十五度。織女背後有侍女二人，牽牛左右約隔二度則有從者二人。織女呈熱戀之狀，而牽牛則帶黃色，似爲戀之態。我國對此二星之傳說，已詳於織女星中。

Altair 乃亞拉比亞語「飛鷹之禿鷹」之意，用之以代表此星座之形狀者。此星位於天鷹之首。由 Euphrates 河掘出西曆紀元前 1200 年頃之石，刻有表此星座之大鷹者。

神話所載，此天鷹乃尤比提爾之使者，雷神之捧持者。以爪攫捕美少年加里米迪而爲大神饗宴之酌童；又有謂此乃大神自身之變相，如斯則天鷹座與東隣寶瓶座之傳說相關聯。古代希臘之貨幣屢有此天鷹之刻印。黑海及 Hellespont 海峽沿岸諸城市之貨幣，皆刻有棲於海豚之大鷹；羅馬時代亦然。

河鼓二乃較近於太陽系之隣星，距離爲十六光年，實光輝爲太陽之九倍，直徑僅及二分之一，以秒速十二哩接近吾人。

(13) 畢宿五 (Aldebaran, α Tauri)，星等爲 1·1，距離爲 57 光年，赤色，中天時刻爲一月十日下午八時，中天高度等於 70°。初冬之宵，昴 (Pleiades) 星團懸中空之頃，距此十度之處，畢 (Hyades) 星團現於地平。畢宿五乃此星團之首領者。我國呼抑兎之網爲畢；漢代畫像石等所現之畢，乃持網細長之形狀，爲二十八宿之一。

畢宿五乃金牛座之主星，與 $\epsilon, \delta, \gamma, \theta$ 四星合成向左之 V 形，亞拉比亞又呼之爲「三角之匙」。此 V 形上岐之前端，有紅薔薇色之大星者畢宿五是也。Aldebaran 乃由亞拉比亞語之「Al Dabaran」而來，此乃「隨後而來者」之意，卽指隨昴星團而昇也。

V之兩岐更伸長之，成金牛之角；畢宿五位於其眼，故羅馬時代呼此星曰牛眼，英語至今日尚稱之曰 Bull's Eyes。

希臘神話謂大神尤比提爾變爲白牛之姿，使美女葉羅巴乘其背而渡古尼蹄島；又有謂遇女神尤羅奧之嫉妬，變爲可憐之牛狀。此似乎卽遠在紀元前 2150 年巴比倫圓壔石所刻之白牛也。

巴比侖謂此天牛能降雨，後世稱畢宿降之星，似卽由於此。然詩經有謂「月懸於畢則滂沱」者，是卽我國稱畢爲「降雨之星」，有遠因焉。印度稱此星爲赤鹿，此與心宿二名相同，皆由色之印象而來者。

約五千年以前，波斯因當時畢宿五當於春分點，呼爲「天之守護者」，或爲「王星」，指天之東者；與心宿二(西)，軒轅十四(南)及北落師門(北)相對。

畢宿五屬於K型，直徑爲三千萬哩；實光輝爲太陽之九十倍。以三十四哩之秒速遠離吾人，與畢宿其他各星之方向不同。

(14) 十字架二(α Crucis)，星等爲1·1，距離爲 203 光年，白色，中天時刻爲五月上旬下午八時，中天高度在地平下。天空之十字架有二，一在北天之天鵝座，一則輝耀於極附近，今之所述乃屬於後者。南十字架乃由 α, β, γ, δ 四星而成；多祿某所著 Almagest 書中，描四星成十字架而入於半人馬座；十七世紀以後始獨成一座焉。

十字架二與十字架一(γ, 二等星)是爲縱軸，長約六度，向 α 方向延長約三十度則達南極。十字架三(β, 一等星)與十字架四(δ, 三等星)是爲橫軸，長約四度。

今就地方所見之高度言之，南緯三十四度地方(如希望峯)，高爲

六十一度；南緯三度地方(如門巴沙)，高爲三十度；北緯二十三度地方(如臺南)則在地平線附近。

十字架四甚小，故與天鵝座之北十字不能相比。依旅行家所談，南半球各星，因大氣之清澄及海之渺茫，光均明耀。最初見其爲一等星者，乃於船行澳洲之海上，見在南昇之姿勢也。又有謂此爲南天之大時計，每日平均進行四分而直立於地平上，或依傾斜之程度而計時。

十字架中，γ 爲橙黃，其他均爲白色。

(15) 北河三 (Pollux, β Geminorum)，星等爲 1·2，距離爲 32 光年，橙色，中天時刻爲二月二十六日下午八時，中天高度等於 82°。獵戶之東，伸足於銀河者有北河二 (α Geminorum) 與北河三二星相並列，俗稱爲「惡魔之目」。北河二雖爲 α 星，其光反不及北河三，此因過去三百年間，α 之光漸弱而 β 反覺其強。北河二乃週期約千年之連星，由小遠鏡窺之，得見其爲綠色二等星及白色三等星。北河二爲白色，北河三則爲淡黃橙色，兩者相照，更形易顯。兩者之光相伯仲時，能引雙子之印象。更古 Chaldea 之牧人稱爲「二匹小山羊」。

我國稱此二星爲北三星之中，屬於井宿，主水之事，並有其動搖則興干戈之迷信。

古典神話謂此二星乃大神尤比他與斯巴爾他女王尼達合生之雙兒。北河三精於劍拳之鬪，北河二則善於馬術，同加入阿爾古船遠征隊而轟武名。此遠征隊於海上逢暴風之時，奧爾夫埃彈琴而風忽止，並揮星於雙子之頭上云。希臘及羅馬尊此二人爲航海之守護神；亞歷山府及奧蔡港之船舳皆兩側，皆飾此二人之像，謂之破浪神。又於大神死

後，二人永久和睦，懸於天空，羅馬定爲守護神，建宏壯神殿於大廣場之中。

北河三在黃道北十二度，距離爲三十二光年，有秒速十八哩之自動，以秒速 1·9 哩遠離太陽系。至少有六個伴星，頗爲稀薄。與北河二相隔四度三十分。

(16) 心宿二(Antares, α Scorpii)，星等爲 1·2，距離爲 360 光年，赤色，中天時刻爲七月十一日下午八時，中天高度等於 28°。夏夜之西南方向，在大 S 字形星座之中心，有赤紅之一等星者心宿二是也。此星座謂之天蝎(Scorpio)，乃黃道之第八座。

心宿二之兩側有心宿一(G Scorpii)及心宿三(τ Scorpii)二星相依傍，與牽牛星相髣髴。將此三星之連線向上延長之，則由右上向左下斜連之房宿四(β Scorpii)，房宿三(δ Scorpii)，房宿一(π Scorpii)三星之線相會；向下延長之，結尾宿二(ε Scorpii)，尾宿一(μ Scorpii)尾宿四(η Scorpii)於地平方向，縫越銀河而由尾宿五(θ Scorpii)向上卷，分爲二岐而終。視之如巨大之動物蜿蜒而毒尾左卷之勢，故命之曰蝎，心宿二實居其心臟之位置。

我國古代稱之爲「火」或曰「大火」，乃由其赤光之印象，二三千年前我國有謂「五月大火中」者；大火南高時是爲夏至，此星現於天空之期間爲夏，是時特別警告火事，司此職者謂之火正。又由天蝎座蜿蜒之全容，生出青龍之姿勢，大火當於其胸，與左右二星合稱爲心，乃二十八宿之一。

埃及謂太陽入此之時，乃惡魔迪伊夫恩時代之開始，而悼大神奧

西利斯之死。中美由加坦之馬耶族，謂此為死神之象徵。此皆因其赤光所生之心理作用。

Antares 之語原乃希臘語之「火星之敵」，蓋其赤色與火星相匹敵之意。我國古代當火星迫近此星時，認為王者之凶兆。

此星之直徑為四億二千萬哩，實光輝至少為太陽之三千倍。

(17) 角宿一(Spica, α Virginis)，星等為1·2，距離為235光年，白色，中天時刻為三月二十八日下午八時，中天高度等於 43°。獅子座登中天之頃，室女座現其東隣，角宿一乃室女座之主星，與大角及五帝一合成一正三角形；約在大角之南西三十度，位該星與地平線之中央。角宿一又在連結北極星與開陽(北斗六)之延長線上，約位二星距離二倍之處。

室女座為黃道之第六星座，乃春空亞於獅子座之顯著星座，散布頗廣。其狀如 y 字，大角一與東上相(γ 星)為柄，於 γ 處分為兩岐，即東次相(δ 星)與東次將(ϵ 星)為一岐，左執法(η 星)與右執法(β 星)為他一岐。角宿一外，皆為三等星，而角宿一最為注目焉。

我國稱 α 及 β 二星為角，乃二十八宿之第一宿；一稱天闕，黃道經其中，七曜之行所也。現今秋分點，在 β 星附近。所謂角者乃天蝎座之青龍之一角也。依神話所載，室女乃由比迪爾之女阿斯多尼亞，久住地上，受全人類之崇敬，經銅時代與鐵時代，人類漸次墮落，遂發憤不問人間事，而昇於黃道之黃金帶，更古則謂其五穀之女神傑尼斯，或謂為其女，乃閻王之妃云。

埃及神話謂此星乃奧西利斯神之妹伊西斯，嘆乃兄之慘死而流淚，

遂使來因河每年起氾濫之象。又謂其爲怪物迪伊夫奧爾所追，於其追路中傳播稻穗，遂成天河。

古代希臘，羅馬，印度，中國，諾爾曼，法，德，意，英諸國皆稱此星座爲處女，尊爲純潔童貞之象徵者，乃因角宿一發清澄之青白光之故。

Spica 之名乃「小麥之穗」之意，故古代星圖，描此處女左手攜一束之麥而角宿一輝耀於穗端。此星以秒速一哩向地球而近。實光輝爲太陽之一千五百倍，表面溫度爲一萬九千度。

(18) 北落師門(Fomalhaut, α Piscis Australis)，星等爲1·3，距離爲 24 光年，橙色，中天時刻爲十月二十五日下午八時，中天高度等於 24°。北落師門於初秋之宵，昇於東南天空，年末而隱；其光使人生憂鬱之感。北落師門乃長安北門之名，依晉書所載，北乃宿在北方也，落乃天之藩落也，師者衆也，師門猶如軍門也。故異星守之則謂虜入塞中而兵起。

北落師門位南魚座，該座全部形狀，如飲寶瓶座壺口注下之水之魚，而北落師門則輝耀於魚口。古代天文詩家阿拉多斯曾書「注水者之足，有大輝星」。Fomalhaut 乃亞拉比亞「Fumal Hut」之轉音，即「魚口」之意味。

此星之距離僅有二十四光年，故實光輝較小，約爲太陽之四倍。有 9·5 星等之伴星，小遠鏡不能見之。又約六千年間移動之長度，約與滿月之視直徑相等。北落師門昇東南之地平時，御夫座之五車二殆同時由東北之地平上昇，前之抑鬱光輝與後之明朗顏色相比較，饒有興

趣焉。

(19) 軒轅十四(Regulus, α Leonis)，星等爲1·3，距離爲56光年，白色，中天時刻爲四月六日下午八時，中天高度等於 66°。獅子座由東上昇時，似乎動物舉前足而跳之勢，故名之曰獅子。其右半分之頭胸及鬣部分成大洋鎌之形，俗稱之曰「獅子座之大鎌」；當其東現之時，農夫遂思忙碌收穫之日。其柄端之白色輝星，卽有名之軒轅十四，爲獅子之心臟。β 星(Denobola)，(中名曰五帝座一係二等星)爲獅子之尾，γ 星(軒轅十二，二等星)爲獅子之額。

我國稱獅子之鎌部分曰軒轅，視爲黃帝之神，黃龍之體也；軒轅十四與以主之名。

軒轅十四在一等星中，雖近於末，然古代皆重視之。Regulus 乃多祿某所命名；或謂由第一泊埃里戰役之有名執政官所出者，然實乃歌白尼由拉丁語 Rex (王)而作之者；至今三千年以前，認爲此星乃支配天下萬事者。然巴比侖呼之爲「國王」，印度呼爲「偉大者」，波斯呼爲「中心者」，陶拉里耶稱爲「英雄」等等。波斯人尊之爲守護天之四方位之星云。

此星座視爲獅子者，不獨其星之列象如獅子；昔迦爾迪耶初定是座之頃，夏至之太陽位於此處，炎熱達於極點，故其象徵解釋爲百獸之王據於此座者。

埃及 Dendera 之獸帶圖，亦現爲獅子之形。某學者謂因該國七月末太陽居此座之頃，沙漠之獅子避炎熱悉集於來因河谷，故天上示此徵象。

軒轅十四在黃道之正上，每年八月二十日頃，太陽通過此星與地球之間。故若此星能晝見，則太陽通過其上，一時掩蔽其姿。屬於獵戶座諸星座代表之B型星，乃以秒速三哩遠離地球。實光輝爲太陽之七十倍。有濃藍色之八等伴星，此亦爲雙星之一。

(20) 天津四 (Deneb, α Cygni)，星等爲1·3，距離爲650光年，白色，中天時刻爲九月十六日下午八時，中天高度等於 81°。天津四乃輝耀於織女一星之東二十度之星體；與 β (輦道增七，西名 Albireo)，λ (天津增三十)，δ (天津二)，ε (天津九) 四星成一優麗之大十字，殆全部浸於銀河之中。故此星座有對南十字架座而稱之爲北十字架者。

天鵝座之名，乃以十字架之橫軸示擴張之雙翼，縱軸則伸出之頭部以至於尾部也。

我國結天鵝座諸星爲平底船之形狀，呼之曰天津；卽天河之渡船場也。

此星之光輝約當太陽之千倍。

(21) 十字架三(β Crucis)，星等爲1·5，距離爲251光年，白色，中天時刻爲五月上旬下午八時，中天高度在地平下。

十字架三乃屬於南十字架座，與十字架二同爲南極附近之明星。秒速十三公里遠離地球。

一等星簡表 ※

星名	英名	星座	英名	星等	赤經	赤緯
天狼	Sirius	大犬	Canis Major	−1.6	$6^{時}.7$	$-16^{\circ}.6$
老人	Canopous	天舟	Carina	−0.9	6.4	−52.6

南門二	α Centauri	半人馬	Centaurus	0.1	14. 6	—60.5
織　女	Vega	天　琴	Lyra	0.1	18.6	+38.7
五車二	Capella	御　夫	Auriga	0.2	5.2	+45.9
大　角	Arcturus	牧　夫	Boötes	0.2	14.2	+19.6
參宿七	Rigel	獵　戶	Orion	0.3	5.2	— 8.3
南河三	Procyon	小　犬	Canis Minor	0.5	7.6	+ 5.4
水委一	Achernar	波　江	Eridanus	0.6	1.6	—57.7
馬腹一	β Centauri	半人馬	Centaurus	0.9	14.0	—60.0
參宿四	Betelgeuse	獵　戶	Orion	0.9	5.9	+ 7.4
河鼓二	Altair	天　鷹	Aquila	0.9	19.8	+ 8.6
十字架二	α Crucis	十字架	Crux	1.1	12.4	+62.6
畢宿五	Aldebaran	金　牛	Tanrus	1.1	4.5	+16.4
北河三	Pollux	雙　子	Gemini	1.2	7.6	+28.2
角宿一	Spica	室　女	Virgo	1.2	13.4	—10.8
心宿二	Antares	天　蝎	Scorpius	1.2	16.4	—26.3
北落師門	Fomalhaut	南　魚	Piscis Australis	1.3	22.9	—30.0
天津四	Deneb Cygnus	天　鵝	Cygnus	1.3	20.6	+45.0
軒轅十四	Rugulus	獅　子	Leo	1.3	10.1	+12.3
十字架三	β Crucis	十字架	Crux	1.5		

* 此表採自 Moulton's Astronomy pp. 26.

9-7 北極附近之星座

北極附近之星對於測量者甚爲重要，北半球之北極由名爲北極星(Polaris)者指出；此星又謂 α 小熊星，本年內(民國二十一年)此星距眞北極約等於 1°3′20″，其距離每年約減二十秒，故一百九十年後，此星將與北極切合。在北極星之同側，惟距離較遠，尙有一星座名曰

仙后座，計有五個明亮之星，并形成英文字母W之狀，此可參考圖五十四。此座左側之底下一星名曰δ仙后星，對於測量者甚形重要，因其甚近於經北極星及北極之時圈；易言之，其赤經幾與北極星相同。在北極之別側而遙對仙后座者有大熊星座，此係一非常顯明之星座。在柄之彎曲部有ζ一星亦幾同在北極星及δ仙后星之時圈。若於天球上在δ仙后星及ζ大熊星之間作一直線連繫之，則此線將經穿北極星及北極，同時尙能指出北極星在其週日圈上之位置。引伸連接α及β二星之直線，必經北極星，故名此二星爲指極星 (Pointers)，普通均用此求北極星之位置。在北極星之附近，別無其他二等星，故甚易認識。此外尙有一應記之星爲β仙后星，位於W之右側上角。其赤經甚近0時，故經此星之時圈，將經春分點。由此星與北極星卽可推計恆星時。卽當β仙后星直位於北極星之上頂，是爲恆星時之0時；迄其位於眞下底，則爲恆星時之12時。若爲上述兩位置之半，左則6時，右則18時。至其他位置則可約略估計之。

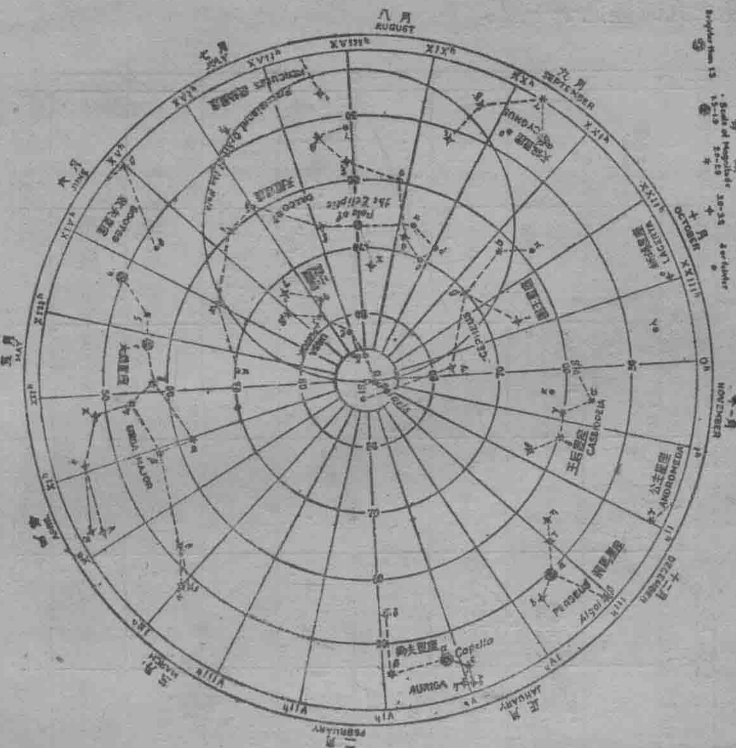
9-8　赤道附近之星座

赤道45°以內之重要星座均詳載於圖五十五，五十六，五十七各星圖。赤經每時之時圈及赤緯10°之平行線均詳爲列出。故在此圖上已能簡略的得出星座之位置。太陽在天空所走之路線爲黃道，另以曲線表出。月亮及行星均近此圈，因諸行星之軌跡面對於地球軌跡之傾斜度甚微細故也。黃道至兩側約八度內一帶名爲黃道帶(Zodiac)，太陽系內之各星均可在此帶內發現。沿此帶之星座計有十二，別名爲十二宮。宮乃黃經三十度之別稱，舊法起自冬至，新法起自春分，皆以本宮之

星座命名，玆將新舊宮名及其黃經度數交宮節氣列表於下。

自春分點起算之黃經	西名	譯名	中名	交宮節氣
0° 至 30°	Aries	白羊宮	降婁戌宮	春分
30 至 60	Taurus	金牛宮	大梁酉宮	穀雨
60 至 90	Gemini	雙子宮	實沈申宮	小滿
90 至 120	Cancer	巨蟹宮	鶉首未宮	夏至
120 至 150	Leo	獅子宮	鶉火午宮	大暑
150 至 180	Virgo	室女宮	鶉尾巳宮	處暑
180 至 210	Libra	天秤宮	壽星辰宮	秋分
210 至 240	Scorpio	天蝎宮	大火卯宮	霜降
240 至 270	Sagitarius	人馬宮	析木寅宮	小雪
270 至 300	Capricornus	摩羯宮	星紀丑宮	冬至
300 至 330	Aquarius	寶瓶宮	元枵子宮	大寒
330 至 360	Pisces	雙魚宮	娵訾亥宮	雨水

各宮之名稱均係數世紀以前所定，今仍應用。但因春分點退行之故，昔日之星座，今已移居他宮，故今日之宮名，祇爲宮之標識而已。例如白羊宮本自春分點至其東 30° 爲止，顧事實上現爲雙魚宮所佔據也。圖五十五至五十七所示之星座係地球上觀測者所見者，非天球上之眞像。上圖乃用射影法作成，故若干偏曲，勢所不能免也。然觀測者如面南而立，手持此圖至其餘緯度之高度，圖上所示之星座將甚近於天上所現之星座。圖上註有月份，其意卽該部星圖可應用於是月，在月份正中之下，所有星座必於晚上九時經子午圈。至於在别時間內經子午圈之諸星，則將視其在右或左之位置而定其時間之先後。某一點在

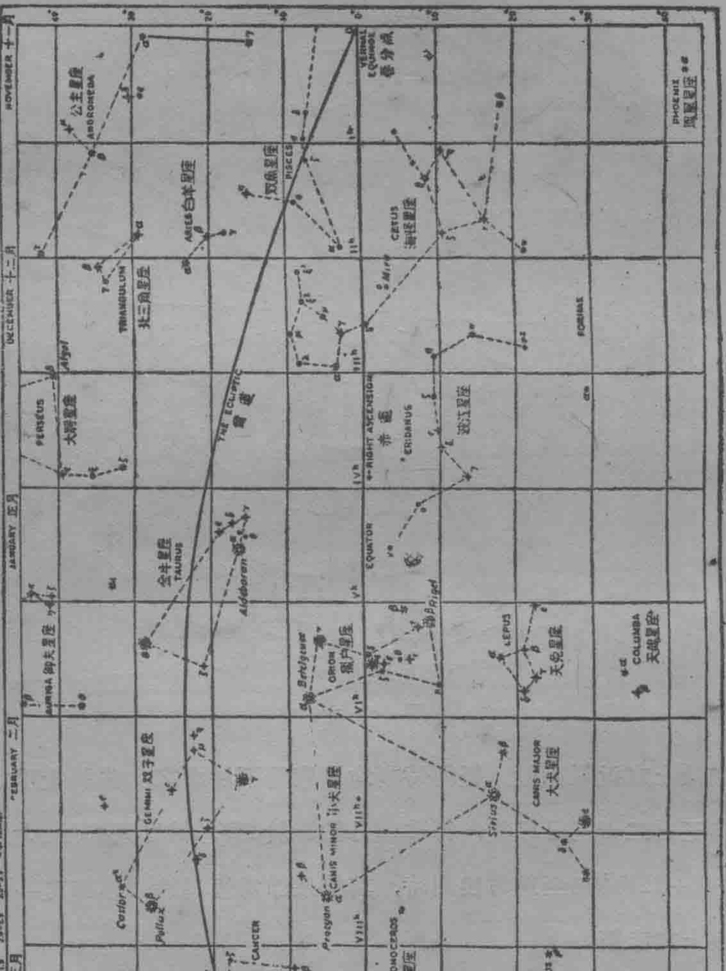


圖五十四

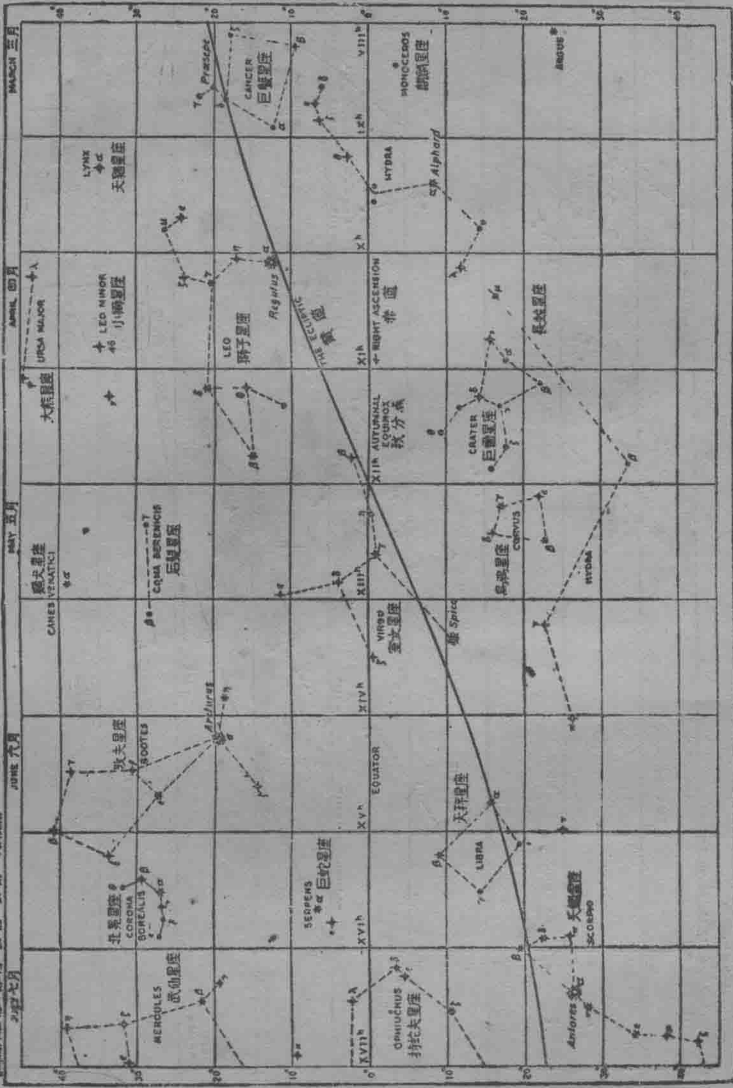
子午圈上之近似赤經，任何時刻均可應用下法求之。先計太陽之赤經，使自三月二十三日以後，每增一月卽等於2時，每日則等於4分，將此"赤經+12時"加至地方民用時，其結果卽爲恆星時，亦卽某一星在子午圈上之赤經。

例一：　十月十日之太陽赤經爲 6×2時+17×4分=13時08分。"赤經 +12時"等於25時08分，或1時08分。地方民用時爲下午九時，卽等於21時。1時08分+21時=22時08分。凡一某之赤經若等於22時08分，則

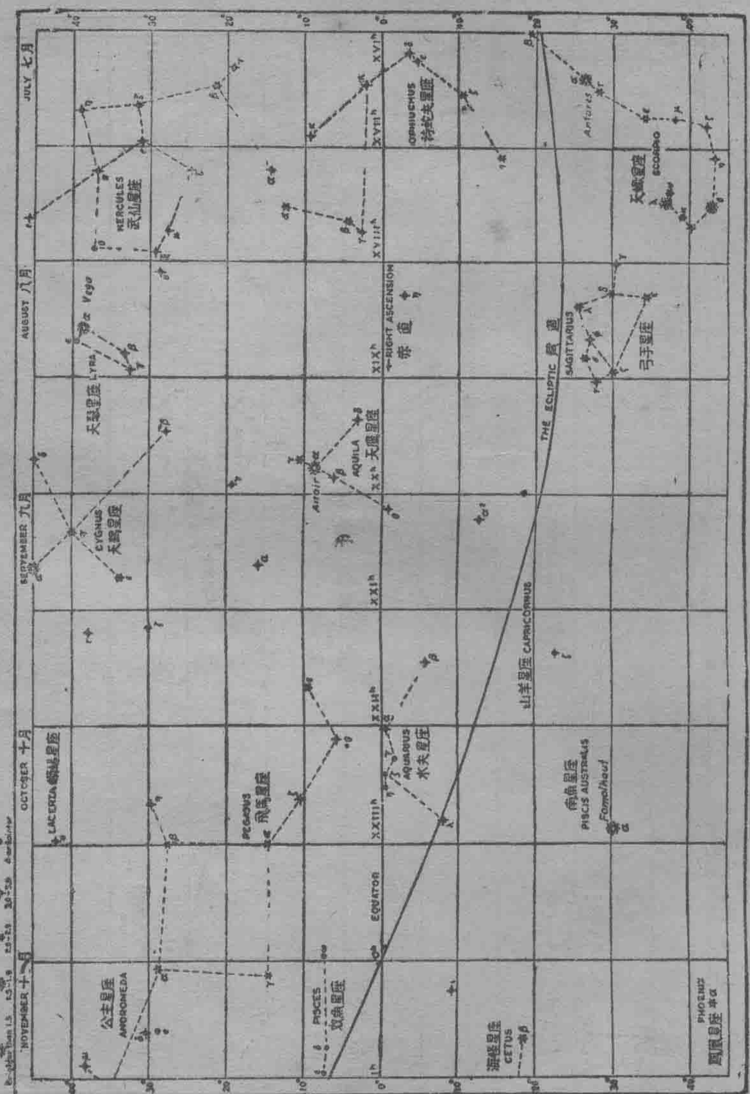
將於晚上九時經過子午圈。



圖五十五

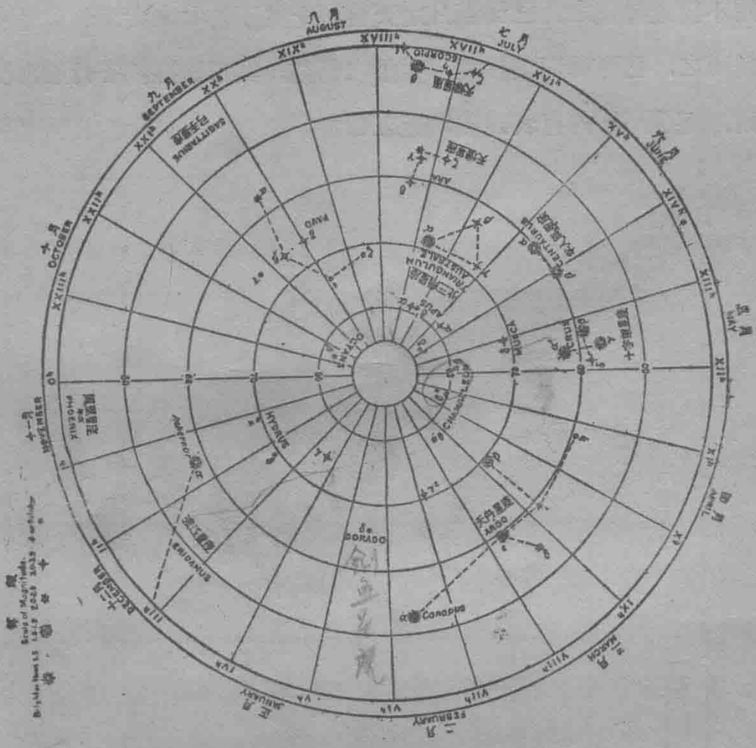

MARCH 三月
APRIL 四月
MAY 五月
JUNE 六月
JULY 七月
CANCER 巨蟹星座
Praesepe
LYNX 天貓星座
HYDRA
Alphard
MONOCEROS 麒麟星座
ARGUS
URSA MAJOR 大熊星座
LEO MINOR 小獅星座
LEO 獅子星座
Regulus
THE ECLIPTIC 黃道
RIGHT ASCENSION 赤道
AUTUMNAL EQUINOX 秋分点
CRATER 巨爵星座
CORVUS 烏鴉星座
長蛇星座
CANES VENATICI 獵犬星座
COMA BERENICES 后髮星座
VIRGO 室女星座
Spica
Arcturus
BOOTES 牧夫星座
EQUATOR
LIBRA 天秤星座
SERPENS 巨蛇星座
CORONA BOREALIS 北冕星座
HERCULES 武仙星座
SCORPIO 天蠍星座
Antares
OPHIUCHUS 持蛇夫星座

圖五十六


JULY 七月
AUGUST 八月
SEPTEMBER 九月
OCTOBER 十月
NOVEMBER 十一月
HERCULES 武仙星座
OPHIUCHUS 持蛇夫星座
SCORPIO 天蠍星座
Antares
Vega
LYRA 天琴星座
SAGITTARIUS 弓手星座
RIGHT ASCENSION
THE ECLIPTIC 黃道
AQUILA 天鷹星座
Altair
CYGNUS 天鵝星座
CAPRICORNUS 山羊星座
PEGASUS 飛馬星座
AQUARIUS 水夫星座
PISCIS AUSTRALIS 南魚星座
Fomalhaut
LACERTA
EQUATOR
ANDROMEDA 公主星座
PISCES 双魚星座
CETUS 海怪星座
PHOENIX 鳳凰星座

圖五十七

圖五十八係南天球之星圖，南方無甚光明之星座，故普通觀測者不用南天之星定子午圈。



圖五十八

9-9　行星

應用上述之星圖時，必須注意行星，行星之位置變易甚大，故不能列於星圖。若於黃道附近見有光明之星，而其位置又非圖上所載星座之點，則必爲行星。金星甚亮，常在太陽之左右；故時於日昇之前或日沉之後出現。火星，木星及土星運行之軌道均在地球軌道之外，

故在天空形成完整之路線。火星每一年十月繞太陽轉一圈，木星則約十二年轉一圈，土星須二十九年半始能轉一圈。木星爲最亮之行星，若用小望遠鏡窺之，已如滿月之天盤。土星不若木之大，然若用中號遠鏡視之，已可辨別環狀矣。火星之色紅，其形似盤。各行星出沒之時刻，星曆表內有表詳載，查之卽得。

第十章

觀測緯度法

10−1　總論

本章及以下連接三章係專論普通觀測及計算緯度，時間，經度及地平經度之方法。觀測儀器均為工程中星儀或六分儀；若用別項較精確儀器則另行在每章之末附加論列，初學者可先習其較簡單者，行有餘暇，再習其他。

10−2　拱極星經過子午圈法

凡近極恆星均能應用，惟北極星為最佳，因北極附近除北極星為二等星外，餘均暗淡不易辨認。觀測者待該恆星行經其上子午圈或下子午圈時測量其地平高度，若恆星行經其子午圈之確實時間尚未知悉，其高度亦可試求而得之。恆星過子午圈之近似時刻可查表五，或用5−17 之公理及公式(45)求得之。所知之時刻雖不需十分精確，然知其相當近似之時刻後，可省無為之空待。設過子午圈之時刻完全不知，則可觀測星座之位置而估計北極星應處之所。δ 仙后如直位於北極星之上或下時，即北極星過上子午圈及下子午圈之時刻。觀測之進行須在上述時刻之前。經緯儀之橫十字絲須切割在恆星之中，復用止動及微動螺絲轉動鏡頭，使恆星常在橫十字絲之中。及其達最大或最小高度時，即讀記縱圈上度數。於是訂定所用儀器之指差。若縱圈為一完整刻度圓圈，同時已知恆星過子午圈之近似時刻，則可觀測二次，一

用正位儀器，一用反位，惟每一觀測不能作於恆星過子午圈時刻之前或後四分至五分鐘。觀測之恆星如係暗淡而不易尋覓，須預計其近似高度(計算此種高度時宜用比較上最精確之緯度)而於縱圈上配置之。然後將望遠鏡左右移動，迄恆星入鏡頭為止。每當薄暮，北極星雖不能以肉眼觀望，然可用上法覓之。在觀測之前最宜注意者，即對正遠鏡之焦點；其法將望遠鏡對向一任何遠距之點，或月亮及行星，迄其清楚為止。所用之儀器如為工程中星儀，則宜於對正之後即在鏡筒上作一記號，俾便認識。

緯度乃自公式(3)或(4)計算之。眞實高度等於縱圈上讀取之高度，減或加儀器之指差，復自表一查其相當之天文折頓而於上值內減去之。恆星之拱極可於星曆表之內查得，即自 90° 內減去該星之視赤緯是也。

玆為明瞭起見，重述觀測之大綱如次：

(一)野外工作前之計算

(1) 計算恆星過上子午圈或下子午圈之時刻。查表五亦可。

恆星時＝赤經＋時角

即 $S=\alpha+t$

上子午圈時刻之 $t=0$時

下子午圈時刻之 $t=12$時

(2) 化恆星時為標準時。

(二)野外觀測工作

(A) 用六分儀觀測

在恆星過子午圈時刻之前或後三分鐘以內測量星之高度

(雙倍的高度)若干次。

訂定六分儀之指差。

(B) 用中星儀觀測——中星儀僅有縱弧。

在恆星過子午圈時刻之前或後三,四分鐘以內測量高度若干次。用止動及微動螺絲支配縱動，使恆星常在橫十字絲之中。

讀記縱角度，訂定指差。

(C) 用中星儀觀測——附有整縱圓圈。

在恆星過子午圈時刻之前或從三,四分鐘以內，用正反之鏡筒位置測量高度二次。

(三)計算工作

(A) 加或減相當之指差

以二除視高度

從視高度減去天文折頓卽得眞高度

(B) 加或減相當之指差

減去天文折頓，卽得眞高度

(C) 求二數之平均，復減去天文折頓卽得眞高度。

應用公式　$\phi = h \mp \rho = h \mp (90^\circ - \delta)$

上子午圈時用－號，下子午圈則＋號。δ 可自星曆表內査得。

下舉一例，係實習之報告，其次序與上述大綱稍異，爲求明瞭故也。

例一:

應用天文實習

測緯度

1. 方法：拱極星經過子午圈法。

2. 目的：觀測北極星經過下子午圈時之高度定北平清華大學之緯度。

3. 日期：中華民國二十年五月十五日晚。

4. 地點：北平清華大學工學館天文觀測臺。

5. 儀器：工程中星儀五號。

6. 測者：

7. 報告者：

觀測記錄

北極星高度 $= 38°\,59'\,00''$
指差 $= -\,30''$

查得記錄

赤緯 $= 88°\,56'\,07''$
$90° - 88°\,56'\,07'' = 1°\,03'\,53''$

計　算

縱圈角度	=	$38°\,59'\,00''$
指差	=	$-\,30$
觀測之高度	=	$38°\,58'\,30''$
天文折頓	=	$-\,1'\,14''$
眞高度	=	$38°\,57'\,16''$
極距	=	$1°\,\,3'\,53''$
緯度	=	$40°\,01'\,09''$ 北

北極星經過子午絲之時刻。

S = 1時35分66秒 + 12時 = (13 + 24)37時 35分 66秒

五月十五日格林維基0時恆星時	=	15	26	62·04
五月十五日東經 120° 0時恆星時	=	15	25	43·188
東經 120° 0時以後之恆星時間段	=	22時	11分	22·812秒
	=	10時	11分	22·812秒(下午)

此項計算係於事前算就，既知十時餘可以着手觀測，則九時半以後卽宜將儀器安置定當，對正焦點，備齊記錄必需之紙筆；及燈火。以次卽分配職務，俾不至時至而紛亂。

例二：

中華民國二十一年五月二十六日應用例一方法定清華大學之緯度。

觀測記錄

北極星高度 = 38° 59′ 35″

指　差 = 1′

查得記錄

赤　緯 = + 88° 56′ 16″·8

極　距 = 1° 03′ 43″·2

計　算

縱圓角度	=	38° 59′ 35″
指　差	=	1′
觀測之高度	=	38° 58′ 35″
天文折頓	=	− 1 10·5
眞高度	=	38° 57′ 24″·5

$$\text{極　　距} = 1^\circ\ 3'\ 43''\cdot 2$$
$$\text{緯　　度} = 40^\circ\ 00'\ 67\cdot 7$$
$$= 40^\circ\ 01'\ 7\cdot 7''\ \text{北}$$

餘略，其計算方法可參考例一。

10－3 正午太陽之高度法

若置中星儀於子午圈平面內觀測太陽之上或下邊緣，即可測出正午太陽之高度。太陽過子午圈之鐘錶時刻可應用 5－9 及 5－13 二節所述之方法化視正午(12時)爲標準時或地方時。普通關於子午圈之方向均不知悉，故觀測之最大高度卽假定相等於子午圈內之高度。最大高度內太陽赤緯之變易雖異於子午圈，然其差異甚微細，至多亦不過一秒之若干分，故凡應用工程中星儀或六分儀所作之觀測可略而不問。太陽上或下邊緣之最大高度乃以下法求之，太陽上升之時將橫十字絲切於邊緣而勿離，當太陽邊緣開始下降之時，卽讀記縱角，並訂定指差。至於太陽中心之眞高度尙須於上得之數值加以相當之校正始能得出，卽指差，天文折頓，半徑及視差是也。欲計算緯度，必需知悉讀記縱角時之太陽赤緯。若本地之經度爲已知，太陽之赤緯可如下法求之：設東經 120° 或格林維基之時間在觀測時曾記取，則卽刻可求出東經 120° 0時以後之時數。設未加注意亦可於已知之經度內推得。太陽經子午圈卽當地之正午 (12時)，加經度卽得東經 120°或格林維基之視時。自此視時減去時差卽得該處之相當平時。赤緯之校正等於“赤緯時差”乘平時數。時間之計算不必十分精密，蓋差時 1分，尙不致影響及赤緯至 1″ 之大。玆仍重述觀測之大綱如下：

(一)野外工作前之計算

計算太陽中心經子午圈之標準時間。須知當地之經度。

(二)野外觀測工作

(A)用六分儀

測量太陽經子午圈時之上或下邊緣高度，(此係雙倍高度)。

訂定指差。

(B)用經緯儀

將橫十字絲緊切於太陽之上或下邊緣，此乃以止動及微螺絲支配之。

讀記最大角度。

訂定指差。

(三)計算工作

(A)加或減相當之指差

以二除太陽之上或下邊緣視高度校正天文折頓，半徑，視差等。

結果爲眞高度。

(B)加或減相當之指差

校正天文折頓，半徑，視差等。

結果爲眞高度。

最後用公式 (1)

$$\phi = \zeta + \delta = 90^\circ - (h - \delta)$$

星曆表內查得之 δ 爲 0時的，故若觀測之時刻非 0時，則須加以

校正。

例一:

應用天文實習

測緯度

1. 方法: 正午太陽之高度法。

2. 目的: 觀測正午太陽之高度定北平清華大學之緯度。

3. 日期: 中華民國二十一年三月三十一日。

4. 地點: 北平清華大學大操場。

5. 儀器: 工程中星儀四號。

6. 測者:

7. 報告者

觀測記錄

正午太陽上邊緣之高度	=	$54°21'00''$
時刻(鐘錶時刻)	=	0時 19分 (下午)
指差	=	$-2'$

查得記錄

經度	=	$116°23'30''$ 東
赤緯(東經 120° 0時)	=	$3°51'33''$
赤緯時變率	=	$+58''\cdot17$
時差	=	$-$ 4分 29秒
時差時變率	=	$+0\cdot756$秒
太陽半徑	=	$16'01''$

視　差　＝　6″

天文折頓　＝　43″·64

計　算

地方視時	＝	12時 00分 00秒
經度差	＝	14分 26秒
東經120°視時	＝	12時 14分 26秒
時差	＝	− 4 20
東經120°平時	＝	12時 18分 46秒

赤緯(東經120° 0時)	＝	3° 51′ 33″
＋58″·17×12時·18分·46秒	＝	11′ 56″·24
校正赤緯	＝	4° 03′ 29″·24

觀測之視高度	＝	54° 21′ 00″
指差	＝	− 2′
		54° 19′ 00″
天文折頓	＝	− 0′·7 00″
		54° 18′·3 00″
半徑	＝	− 16′·0 00″
		54° 02′ 18″
視差	＝	＋ 6″
眞高度(h)	＝	54° 02′ 24″
赤緯	＝	4° 03′ 29″·24
餘緯度	＝	39° 58′ 54″·76
緯度	＝	40° 01′ 7″·24 北

10−4　南極恆星之子午圈高度法

觀測天頂以南，恆星之子午圈高度亦能定緯度，其方法相同於上節所述，惟視差及半徑之校正可省略，復次可不必注視觀測時之時刻，

蓋其赤緯之變化甚慢，數小時之相隔，初無若何顯示之差。測星之高度時須將橫十字絲平分星影。至於一切着手之次序及方法，相同於上節。故大綱亦略，玆舉例明之。

例一：

角宿一或 α 室女星之高度爲 $39°\,14'\,00''$，赤緯爲 $-10°\,48'\,20\cdot9''$，指差爲 $-2'$，求緯度。觀測時間爲中華民國二十年六月二日。

觀測之高度	=	$39°\,14'\,00''$
指差	=	$-\quad 2'$
		$39°\,12'\,00''$
天文折頓	=	$1'\,10''$
眞高度	=	$39°\,10'\,50''$
赤緯	=	$-10\ \ 48\ \ 20\cdot9$
餘緯度	=	$49°\,59'\,10''\cdot9$
緯度	=	$40°\,00'\,49''\cdot1$ 北

例二：同日觀測 ζ 室女星之高度爲 $49°\,47'$，其赤緯等於 $-0°\,14'\,49''\cdot6$，求緯度。

觀測之高度	=	$49°\,47'\,00''$
指差	=	$-\quad 2'$
		$49°\,45'\,00''$
天文折頓	=	$0\ \ 48''\cdot5$
眞高度	=	$49°\,44'\,11''\cdot5$
赤緯	=	$-0°\,14'\,49''\cdot6$
餘緯度	=	$49°\,59'\ \ 1\cdot1''$
緯度	=	$40°\,00'\,58\cdot9''$ 北

10－5　近子午圈高度法

設近子午圈之太陽或恆星之高度已測得，可化爲子午圈之高度，惟時間及緯度須知悉，且須具相當之精密程度。其公式可自 (8) 推演之：

$$\sin h = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos t \tag{8}$$

相當於 $$\sin h = \cos(\phi-\delta) - \cos\phi \cos\delta \operatorname{vers} t \tag{70}$$

或 $$\sin h = \cos(\phi-\delta) - \cos\phi \cos\delta \, 2\sin^2\frac{t}{2} \tag{71}$$

設以 $h_{子}$ 代子午圈內之高度，$90°-(\phi-\delta)$，公式如下：

$$\sin h_{子} = \sin h + \cos\phi \cos\delta \operatorname{vers} t \tag{72}$$

$$\sin h_{子} = \sin h + \cos\phi \cos\delta \, 2\sin^2\frac{t}{2} \tag{73}$$

測高度時如記錄時刻並知該時計之準率，則 t 之數值可以計算矣。至於 ϕ 之數值可先假定；從 $h_{子}$ 算出之緯度如與假定之 ϕ 差別甚巨，則應用新得之 ϕ 重算一次。即使 t 值甚大，此式仍可應用。此法乃應用於特別情形之內，即子午圈高度不能量時始用之。

例一：

應用天文實習

測緯度

1. 方法：近子午圈高度法。
2. 目的：定青島大學之緯度。
3. 日期：中華民國二十年七月二十匸日。
4. 地點：青島。
5. 儀器：工程中星儀四號。

6. 測者:

7. 報告者:

觀測之恆星為角宿一（α 室女星)

假定緯度(φ) = 36° 04′

赤緯(δ) = −26° 16′ 49″

時刻為東經 120°標準時

觀測記錄

時刻			高度	
8時	08分	01秒	27°	39′
8	10	02	27	39
8	12	00	27	40
8	14	57	27	41
8	18	49	27	42
8	21	03	27	41
8	24	00	27	40
8	26	55	27	40
8	30	00	27	39

計算

α 室女星之赤經	=	16時	25分	10·3秒
	=	40	25	10·3
$\alpha_s + 12$		20	01	42·3
經度校正			+	·2
恆星時間段	=	20	23	28·2
表 II		−	3	20·5
地方民用時	=	20	20	07·7
經度差		−	01·	18·7
東經 120°標準時	=	20時	18分	49·0秒
（中天時刻）				

計算

標準民用時	地方恆星時	時角	$\frac{t}{2}$	$\cos\phi\cos\delta\, 2\sin^2\frac{t}{2}$
20時08分01秒	16時14分20·1秒	10分49·9秒	1° 21′ 15″	·00081
10 02	16 21·8	8 48·5	1 06 04	·00053
12 00	18 20·2	6 50·1	51 35	·00032
14 57	21 17·3	3 52·7	29 05	·00010
18 49	25 10·3	0 00·0	00 00	·00000
21 03	27 24·3	2 14·4	16 48	·00003
24 00	30 22·2	5 11·9	39 00	·00018
26 55	33 17·6	8 07·3	1 00 55	·00046
30 00	36 23·0	11 12·7	1 24 05	·00086

觀測高度	天文折頓	校正的 h	sin h	校 正	sin h子	h子
27° 39′	1′ 54″	27° 37′ 06″	·46358	·00081	·46439	27° 40′ 16″
39	1 54	37 06	·46358	·00053	·46411	39 12
40	1 54	38 06	·46384	·00032	·46416	39 21
41	1 54	39 06	·46410	·00010	·46420	39 30
42	1 54	40 06	·46436	·00000	·46436	40 06
41	1 54	39 06	·46410	·00003	·40413	39 12
40	1 54	38 06	·46384	·00018	·46402	38 48
40	1 54	38 06	·46384	·00046	·46430	39 55
39	1 54	37 06	·46358	·00086	·46444	40 26

平均 $= 27° 39′ 38″$

$\delta = -26° 16′ 49″$

餘緯度 $= 53\ 55\ 87$

,, $= 53° 56′ 27″$

$\phi = 90° - 53°56′27″ = 36° 03′ 33″$

例二：

中華民國二十年六月一日測 α 室女星之高度等於 38° 28′ 48″，時計適指 9時36分34秒，指差爲零，求緯度。地點爲北平清華園。

假定 $\phi = 40° 01′ 00″$
赤緯 $= -10° 48′ 06″$
$t = 9°\ 4′{\cdot}8$

log cos ϕ = 9·870960
log cos δ = 9·992243
log vers t = 8·097987
log 積 = 7·961190
積 = ·009145
sin h = ·622244
sin h子 = ·631389
h子 = 39° 9′ 30″
δ = −10° 48′ 06″
餘緯度 = 49° 57′ 36″
$\phi = 90° - 49° 57′ 36″ = 40° 02′ 24″$
緯度 = 40° 02′ 24″

〔註〕 此項計算之緯度較之假定數值相差甚巨時，宜重算一次。

例三：　一九一〇年一月二十八日用六分儀及人造地平測太陽下邊緣之高度。

高度		$56^\circ 44' 40''$	時間	11時 15分 25秒
		49 00		16 22
		52 40		17 10
平均	=	$56^\circ 48' 47''$		11 16 19
		$+\ 30''$	時計校正	+ 1 19
	2)	56 49 17	東方標準時(觀測)	11 17 38
		$28^\circ 24' 38''$	東方標準視正午	11 57 21
天文折頣及視差	=	$-\ 1' 38''$	時角 =	39分 43秒
		$28^\circ 23' 00''$	t =	$9^\circ 55' 45''$
半徑		$16' 16''$		
h	=	$28^\circ 39' 16''$		

$$
\begin{aligned}
\log\ \cos\phi &= 9{\cdot}86763 \\
\log\ \cos\delta &= 9{\cdot}97745 \\
\log\ \text{vers}\, t &= 8{\cdot}17546 \\
\log\ 積 &= 8{\cdot}02054 \\
積 &= {\cdot}01048 \\
\sin h\ \ & \ {\cdot}47953 \\
\sin h_{子} &= {\cdot}49001 \\
h &= 29^\circ 20' 29'' \\
\zeta &= 60^\circ 39' 31'' \\
\delta &= 18^\circ 18' 20'' \\
\phi &= 42^\circ 21' 11''\ 北
\end{aligned}
$$

假定緯度	=	$42^\circ\ 30'$
赤緯	=	$-18^\circ\ 18'\ 20''$
地方視正午	=	12時 00分 00秒
時差		− 13 03
		12 13 03
經度差		15 42
東方標準視正午	=	11時 57分 21秒

〔註〕 此例採自美國 Hosmer's Astronomy

10－6　環圍子午圈之高度法

凡觀測太陽或恆星之子午圈高度，若僅測一次，則易生錯誤，故作精密之觀測時，宜用環圍子午圈之高度法(Circum-meridin Altitude)，卽於中天時刻之前後十分鐘內均連續測其高度，所得之結果較之僅測一次者，精密多矣。

自公式(73)

$$\sin h_{子} - \sin h = 2\cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{t}{2} \tag{74}$$

引用三角公式變化之

$$\sin h_{子} - \sin h = 2\cos\frac{1}{2}(h_{子}+h)\sin\frac{1}{2}(h_{子}-h)$$

故

$$\sin\frac{1}{2}(h_{子}-h) = \cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{t}{2}\sec\frac{1}{2}(h_{子}+h) \tag{75}$$

因$(h_{子}-h)$甚小，故可以$\frac{1}{2}(h_{子}-h)\sin 1''$代$\sin\frac{1}{2}(h_{子}-h)$；同時$h=90°-\zeta$可代$\frac{1}{2}(h_{子}+h)$，於是公式(75)變爲

$$h_{子} - h = \cos\phi\cos\delta\frac{2\sin^2\frac{t}{2}}{\sin 1''}\operatorname{cosec}\zeta$$

或
$$h_{子} = h + \cos\phi\cos\delta\frac{2\sin^2\frac{t}{2}}{\sin 1''}\operatorname{cosec}\zeta \tag{76}$$

設
$$A = \cos\phi\cos\delta\operatorname{cosec}\zeta$$

$$m = \frac{2\sin^2\frac{t}{2}}{\sin 1''}. \quad h_{子} = h + Am \tag{77}$$

緯度則用下列公式求之

$$\phi = \delta + \zeta$$

m及A之數値詳載於附表十及九。應用此式時宜注意 t 之數値，過大卽易生誤差，故普通均限於中天前後之十分鐘內。事前須計算鐘錶上應指之中天時刻，於是得於中天之前後測其高度。玆舉一實例說明之。

應用天文實習

測緯度

1. 方法：環圜子午線之高度法。

2. 目的：定青島大學之緯度。

3. 日期：中華民國二十年七月二十日。

4. 地點：青島。

5. 儀器：工程中星儀一號。

6. 測者：

7. 報告者：

觀測之星爲 λ 天蝎。

λ 天蝎之中天時刻(東經 120°)

9時 7分 19·30秒

假定緯度 (ϕ) ＝　36° 7′ 00″　北

查得赤緯 (δ) ＝ −37° 3′ 32″·66

鐘錶時刻爲東經 120°之標準時

觀測記錄

指差 = -2

温度 = $23^\circ\cdot5$ 攝氏

氣壓 = $30''$

時間	縱角度	時間	縱角度
8時 58分 00秒	16° 53′	9時 9分 14秒	16° 56′
59 20	54	10 32	56
59 57	54	12 30	56
9 1 7	54	14 57	56
2 17	55	16 38	56
3 41	55	17 54	55
4 58	56	19 49	55
6 10	56	21 18	54
7 44	56		

觀測之最大高度 = $16^\circ\,55'\,7''\cdot06$

指差 $-\;2'$

天文折顺 $3'\,34''\cdot93$

$h = 16^\circ\,49'\,32''\cdot13$

$\zeta = 73^\circ\,10'\,27''\cdot87$

$\delta = -37^\circ\,3'\,32''\cdot66$

$\phi = 36^\circ\,6'\,55''\cdot21$

$R' = (R_0 + B_0 A)\,(1\,B)$

$R_0 = 3'\,15''\cdot74$

$A = +0\cdot0900$

$B = 0\cdot0000$

$R' = 195''\cdot74 + 19''\cdot19$

$= 214''\cdot93$

$= 3'\,34''\cdot93$

計 算

恆星之中天時刻 = 9時7分19·30秒 + 12時 = 21時7分19·30秒

t	m	A	Am	整理後之高度(恆星)
− 9分 19·30秒	170″·59	0·67	1′ 54″	16° 54′ 54″
− 7 59·30	125 ·28		1 24	16 55 24
− 7 22·30	106 ·69		1 12	16 55 12
− 6 12·30	75 ·59		51	16 55 51
− 5 2·30	49 ·80		33	16 55 33
− 3 38·30	25 ·99		17	16 55 17
− 2 21·30	10 ·09		7	16 56 7
− 1 9·3	2 ·62		2	16 56 2
+ 0 24·70	0 ·33		0	16 56 0
+ 1 54·70	7 ·17		5	16 56 5
+ 3 12·70	20 ·26		13	16 56 13
+ 5 10·70	52 ·66		35	16 56 35
+ 7 37·70	114 ·25		1 17	16 57 17
+ 9 18·70	170 ·23		1 54	16 57 54
+10 34·70	219 ·67		2 27	16 57 27
+12 29·70	306 ·47		3 25	16 58 25
+13 58·70	383 ·54		4 17	16 58 17

平均 = 16° 56′ 23″·12
指差 = − 2′
天文折頓 = 3′ 34″·93

h = 16° 50′ 48″·19
ζ = 73° 9′ 11″·81
δ = −37° 3′ 32″·66
(緯度) ϕ = 36° 5′ 39″·15

$$A = \cos\delta\cos\phi\,\mathrm{cosec}\,\zeta$$

$$= \cos\delta\cos\phi\frac{1}{\sin\zeta}$$

$\log \cos\phi = 9{\cdot}907314$
$\log \cos\delta = 9{\cdot}902015$

$9{\cdot}809329$
$\log \sin\zeta = 9{\cdot}980887$

$\log A = 9{\cdot}828442$
$A = 0{\cdot}674$

10－7　時間已知時之北極星高度法

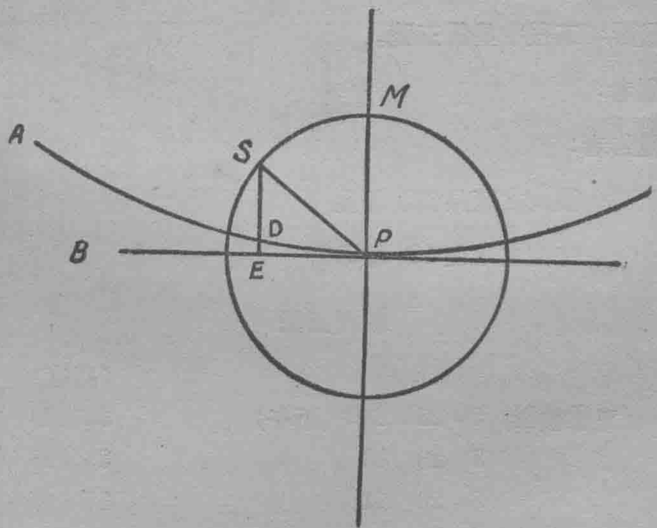
若標準時刻已知悉，則任何時刻均可觀測北極星高度而求緯度。北極星距北極僅一度稍餘，較之其他各星爲最小，故時間之小差，尙不至影響及所求之結果。但觀測時最佳迅速的連測高度數次並記每次之時間。除所估之時間超過十分鐘外，其他較短時間內所作之觀測，其精確程度不弱於別法所作之觀測。應用之經緯儀如附有整縱圓，則所有之高度測量，半宜用正位望遠鏡，半則反之。

觀測時刻內恆星之時角 (t) 必須計算。其方法如第五章所述。即爲恆星時及星之赤經差是也。

計算緯度之公式如下：

$$\phi = h - p\cos t + \frac{1}{2}p^2\sin^2 t\tan h\sin 1'' \tag{78}$$

極距 p 以度數之秒計之。



圖五十九

圖五十九內之P為北極，S為星，MS為時角，PDA為經北極之地平緯線。D點之高度相同於北極。故 p cos t 之距離相當於SE。需要之距離為SD，卽星與北極之高度差。上述公式之末項等於DE。S在P以上，DE自SE減去；在P以下則加至SE。

例一：

應用天文實習

測緯度

1. 方法：時間已知時之北極星高度法。

2. 目的：定清華園之緯度。

8. 目期：中華民國二十一年四月十四日。

4. 地點：清華園。

5. 儀器：工程中星儀五號。

6. 測者：

7. 報告者：

觀測之恆星為北極星

時間為東經120°標準時

觀測記錄

	(時間)	(高度)
(正位儀器)	8時 21分 28秒 (下午)	39° 29′
	8 23 36	39 28
	8 26 11	39 27
	8 28 18	39 26

(反位儀器)	8	34	15	39	25
	8	37	39	39	24
	8	39	53	39	23
	8	43	08	39	22
平均 =	8時	31分	48·5秒	39°	25′·5

鐘錶校正 = −1分 09秒

指差 = +2′

近似經度　116° 23′ 30″ 或 7時 45分 34秒

近似緯度　40°

極距　1° 3′ 32″·5 或 3812·5″

計　算

鐘錶時刻	8時	31分	48·5秒
鐘錶校正		1	09
東經120°時刻	8	30	39·5
,,	20	30	39·5
經度差		14	26
地方民用時	20	16	13·5
表 III	+	3	19·8
恆星時間段	20	19	33·3
a_s+12	13	26	29·7
經度校正			02·4
地方恆星時	9	46	05·4
北極星之赤經	1	36	29·8
時　角	8	09	35·6

$t = 122°\ 23'\ 54''$

log p = 3·581210

log cos t = 9·729004

log p cos t = 3·310214

p cos = 2047″·5 (首項校正)

log 常數 = 4·3845

log p^2 = 7·162420

log $\sin^2 t$ = 9·853032

log tan h = 9·914946

1·314898

末項校正 = 20·6

觀測之高度	39°	25′	30″
指　差	+	2′	
天文折光	−	1	09
h	39	26	21
首項及末項校正		34	28
緯　度	40°	00′	49″ 北

例二： 中華民國二十年七月八日測青島緯度。

觀測記錄

	(時間)	(高度)
(正位儀器)	8時 55分 49秒	35° 13′
	8 56 45	35 13
	8 57 17	35 13
	8 58 07	35 14
(反位儀器)	8 02 38	35 15
	9 03 43	35 15
	9 05 35	35 15
	9 04 26	35 15
平均	9時 00分 32·5秒	35° 14′ 10″
或	21時 00分 32·5秒	

計　算

近似經度 120° 19′ 40″ 或 8時 01分 00秒
緯度 36° 04′ 00″
極距 1° 04′ 07·1″ 或 3847″·1

鐘錶時刻	21時00分32·5秒
經度差	01 19·0
地方時	21 01 51·5
表 III	03 27·3
恆星時間段	21 05 18·8
$a_s + 12$	18 58 37·34
經度校正	00·20
地方恆星時	40 03 56·34
,,	24
,,	16 03 56·34
北極星之赤經	1 37 02·50
時　角	14時26分53·84秒
t	= 216° 43′ 27″·7

log p = 3·585133
log cos t = 9·903915
log p cos t = 3·489048
p cos t = 51′ 23″·5 (首項校正)

log 常 = 4·3845
log p^2 = 7·170266
log $\sin^2 t$ = 8·553300
log tan h = 9·849000
·95713

末項校正 = 9·06″

觀測之高度	35	14	10
蒙氣差		1	20·3
	35	12	49·7
首項校正		51	23·5
	36	04	13·2
末項校正			9·06
緯度 =	36°·	04′	21″·26

10－8 赫爾波及泰可法——精密緯度

定緯度之最精密方法爲“赫爾波及泰可法”，惟此法須用特備之天頂儀。觀測之恆星須有二個，一在觀測者之天頂南達其最高度，一則在北；同時其天頂距差不能超過角度之數分。爲求觀測之便利，赤經亦須相近，至多不能相差五分至十分鐘。旣須於事前選擇星座，故近似緯度勢須知悉。作此種觀測時必須用恆星錄，蓋由之可選擇較多成對之恆星，俾得連續觀測。

觀測之手續先將第一星之尋覓圈讀數對正，於是移動望遠鏡之傾斜角使縱刻度圈上之水準氣泡約在正中。及星行入望遠鏡後，卽移動測微器而平分星影，當星過中線時，卽宜記下時刻，復速卽讀取測微器之整週數及分數，最後則讀取水準器上刻度。完畢以後，速將望遠鏡移一百八十度，以備測第二星。移動時宜十分小心，勿使儀器有微細震動。然後如上述之法測第二星。

觀測完成以後，可用下列公式求緯度。

$$\phi=\frac{1}{2}(\delta_s+\delta_n)+\frac{1}{2}(m_s-m_n)\times R+\frac{1}{2}(l_s-l_m)+(r_s-r_n) \quad (79)$$

m_s 及 m_n 爲測微器上讀數，R 乃等於測微器上一單位尺度之數値，l_s 及 l_n 爲水準校正，r_s 及 r_n 爲蒙氣差。此種方法所得之結果，其精確程度可達 $0''\cdot10$，卽地球表面十呎之差卽能影響及之。

觀測緯度有時同一對星可以連續觀測數夜，而各對星在星錄中所列之位置精密程度不同，如欲將各觀測之結果歸併一起而求得緯度之最近是値，則須用最小二乘法合併之。

緯度有變化，有時在數星期內，其值卽顯有相當之差誤，故緯度之測定宜於數日之內測定之。其結果則爲觀測前後某平均時刻之緯度。

第十一章

觀測時間法

11－1　觀測地方時

測定任何地方在任一時刻內之地方時，卽求時計對於其所根據之標準時間的誤差。如求太陽時，必需定出太陽中心之時角；恆星時則需求春分點之時角。若干種情形內不能直接測出上述之數值，故勢必間接測其他座標而由之計算所求之值。記時錶或鐘錶之誤差按代數方法而加諸鐘錶或記時錶之讀數上卽得該剎那之眞時刻矣。記時錶如慢，其號爲正(＋)，快則爲負(－)。時計每日得或失之數量謂爲差率。失則謂正，得則謂負。

11－2　恆星之中天時刻法

觀測時間之最直接而簡單之方法卽測恆星經子午圈之中天時刻。設中星儀之透視線已放置定妥，而能於子午圈平面內旋轉，當若干已知恆星經過其鏡頭內縱十字絲時，此剎那之地方恆星時卽等於星曆表上所載之恆星赤經。此赤經與記時錶之差卽爲記時錶校正，以$\triangle T$記之。

或　$$\triangle T=\alpha-T \qquad (80)$$

若記時錶所記之時刻爲太陽時，則僅須應用公式(45)將眞恆星時間段α化爲平時，其與時計之相差數卽爲記時錶之校正。

觀測應用之中星儀及其縱十字絲須於事前定置正確。若儀器已完

全訂正，則透視線可在平面內旋轉。最重要者須將橫軸十分平準；平行於橫軸之板準器須特別注意訂正並對正其中心，或另用跨水準測定之。儀器內所生之任何誤差，若測量時並用正反兩位置，卽能消除，惟所觀測之恆星高度須相等。選擇星座時苟稍留意，卽能得高度幾相等之諸星座，故一切誤差亦幾完全消除。

選擇觀測之星座前，諸星之近似高度宜於事前算出並於縱弧上對正之。至於其計算方法，可參考公式 (1)。作此種計算時可不計蒙氣差，因近似值之正確程度不必高於五分至十分。復次為便於觀測起見，宜於事前算出恆星中天時刻之近似值，俾得事前準備一切工作。若時計之校正已知悉，則卽可算出時計上之恆星中天時刻矣；引用公式(45)。若無星曆表可查考，則可用下法算中天時刻：以 4分 乘三月二十二日以後之日數卽為太陽赤經，自星表上查恆星之赤經。恆星赤經減 '太陽赤經＋12時" 卽為平地方時，卽有誤差，亦不至越 2分至 3分。上得之地方時又可化至標準時。工程中星儀之鏡頭約有 1°，易言之，恆星在鏡頭內居留之時間約 4分，卽在縱十字絲前後各有二分鐘。恆星達中天時，其所走之路徑幾近一直線，故將與橫十字絲相切合，鏡頭內所見之現象卽若此也。當恆星經縱十字絲時須注意時刻，愈精愈佳，能備制錶，更形便利。如用記時錶，則"眼耳法"為最佳。設欲用同一恆星定緯度，觀測者於記錄時刻後卽將恆星影置諸橫十字絲上而讀記其縱角，此卽恆星中天時刻之視高度也。

測定時間之觀測，宜用低高度之恆星，凡接近北極諸星均非所宜。

茲先舉一例，僅釋明如何着手計算，至於觀測應遵之次序則詳於

後節。

例一：

中華民國二十年六月二日在清華園(經度東7時45分34秒)(緯度40°01′北)觀測 α 室女星之中天時刻。時計所指時刻爲21時0分5·0秒。α 室女星之赤經等於13時21分35·0秒，"太陽赤經+12時"等於16時38分0·08秒。表III求出7時45分34秒之校正等於1分16·48秒，求時計之校正。

α 室女星之赤經	=	13時 21分 35·0秒
校正之"α_s + 12時"	=	16　36　43·6
午夜以後之恆星時間段	=	20時 44分 51·4秒
表 II	=	3　23·94
地方民用時	=	20時 41分 27·46秒
化至東經 120°	=	14　26·00
東經 120°標準時	=	20時 55分 53·46秒
時計時刻	=	21　0　5·00
時計校正	=−	0　4分 11·54秒 (快)

"太陽赤經 +12時"

格林維基 0時	=	16時 38分 0·08秒
表 III "7時45分34秒"	=	1　16·48
校正"α_s + 12時"	=	16時 36分 43·60秒

11—3　選擇恆星法

應用上節所述之方法作觀測以前，觀測者須預選若干適合之恆星列成一表，俾得循次進行，而無莫知措手之虞。至於表內應列之點，計有星之名稱或號數，等級，近似中天時刻，子午高度，天頂距等。表內各恆星之赤經應有相當之差距，俾觀測者於連續觀測時，有富裕

之時刻記錄其觀測之結果並作下一觀測之準備。用以測定時間之恆星，宜擇其具有疾速周行運動者；卽須選近赤道之恆星是也。至於運行較慢之恆星則不甚適宜。若儀器之望遠鏡放大倍數不甚高強，則甚暗淡之星不宜選擇；五等以下之小恆星，小經緯儀已不易窺測矣。復次於選擇恆星時亦宜顧及儀器本身之正確程度。試查 8－6 節內所載之表，凡近天頂之諸星，地平經度誤差均為零，而傾斜誤差則達最高度；至於近地平之諸星，地平經度誤差為最大，傾斜誤差為零。若儀器之地平經度不能確定，而其傾斜度則可精確的定出，則宜選擇高位之星。反之，如平行於橫軸之板準器不甚靈敏，復不易訂正，設透視線確能配置於子午圈平面內，則觀測低位之星，可得較正確之結果。應用工程中星儀作此種觀測，事實上有相當之限制，凡附三稜目鏡之工程中星儀能達之最大高度為七十度，否則僅及五十度至六十度而已。

星曆表內星表所載之恆星，計三百二十餘，至於美國星曆表內則載有一千五百餘星，然普通之觀測，則本國星曆表已足應用矣。選星之初步乃計算星之赤經，然後計算表內第一星之鐘錶中天時刻，其餘各星之中天時刻則以其赤經差加之卽得。高度或天頂距須計算十分正確，其誤差不能大於分數。

查星曆表時須注意其赤經及赤緯，赤經乃依次遞增，故得其一後卽可隨之而順序進行。赤緯不然，因是必選擇兩者均適合方能應用。

將查得之恆星號數列成一表，然後復查別表“恆星一上經過格林維基子午圈”於是可得觀測時日內之恆星赤經及赤緯，此表乃十日一算，故用時尚須應用內插法求當日之數值。此表與上表所載之赤經差

不過數秒。由此正確赤經即可計算正確之中天時刻。

觀測大綱

(一)野外工作前之計算

預備一星表，至少有四星以上，其子午高度不能大於十度至六十五度，中天時刻須在下午八時至九時間。

南極恆星之子午高度，自下列公式求之。

$$h = 90^\circ - \phi \pm \delta$$

中天之地方平時，自下式求之。

恆星時 = 赤經 + t

"赤經"自星曆表內查出

t = 0時

化恆星時爲地方平時

(二)野外觀測工作

事前須定出子午圈椿誌二個；觀測時即將中星儀放置在一椿誌上，而對正其他一椿誌，於是望遠鏡即在子午圈平面內矣。自後即將望遠鏡固定於子午平面，使其僅能繞橫軸而轉動。

依星表所列恆星之次序，將第一星之近似高度配對於縱圈上而等待該星之來臨。

注意其經過鏡頭內縱十字絲之時刻，並記錄之。

連續的作此種觀測，迄星表之恆星完全測過爲止。觀測時宜將星表所列之星分爲兩半，半用正位儀器測之，半則反是。

(三)計算工作

定出計算之中天時刻與鐘錶所記時刻之差別，每星須分別定之。

求各星之平均數，是卽鐘錶快慢之校正也。

例一：

應用天文實習

測時間

1. 方法：恆星之中天時刻法。

2. 目的：定鐘錶之快慢率。

3. 日期：中華民國二十一年七月二十九日。

4. 地點：北平城內。

5. 儀器：工程中星儀一號。

6. 測者：

7. 報告者：

恆星表之計算

經度：　116° 28′ 13″ 或 7時 45分 53秒 東
緯度：　40° 北
子午高度：　10° − 65′
觀測時間：　8時 − 9時

東經 120°標準時	=（下午）	8時	00分	00秒
地方平時(116° 28′ 13″)	=	19	45	53
表 III			3	14·81
0時以後之地方恆星時間段		19時	48分	67·81秒
,,		19時	49分	07·81秒

東經 120° 0時之恆星時 = 20時 24分 25秒
經度校正　　　　　　　　2·3
地方平時 0時之恆星時 = 20時 24分 27·3秒 = 20時 24分 27·30秒
　　　　　　　　　　　　　　　　　　　40時 13分 35·11秒
　　　　　　　　　　　　　　　　　　　16時 13分 35·11秒

赤經 = 恆星時 − t
　　= 16時 13分 35·11秒 − 0時 = 16時 13分 35·11秒
故恆星之赤經限於 16時 13分 35·11秒 − 17時 13分 35·11秒
恆星之赤緯限於 + 15°, 至 − 40°。
於是根據赤經及赤緯查星曆表，得下表：

(一)　可用之恆星表

號數	英　名	中　名	星　等	赤　經	赤　緯
217	β' Scorpii	房宿四	2·9	16時01分28·7秒	−19° 37′ 14″
218	δ Ophiuchi	梁	3·0	16 10 46·7	−3 31 14
219	ε Ophiuchi	楚	3·3	16 14 43·2	−4 31 41
220	γ Scorpii	心宿一	3·1	16 17 03·0	−25 25 52
226	λ Ophiuchi m	列肆二	3·9	16 27 28·9	+2 07 54
227	τ Scorpii	心宿三	2·9	16 31 38·7	−28 04 35
228	ζ Ophiuchi	韓	2·7	16 33 24·7	−10 25 51
232	ε Scorpii	尾宿二	2·4	16 45 45·3	−34 10 17
233	μ' Scorpii	尾宿一	3·1	16 47 15·5	−37 55 56
235	ν Ophiuchi	斛　二	3·4	16 54 26·8	+ 9 28 46
237	η Ophiuchi m	宋	2·6	17 06 28·5	−15 38 32
240	α' Herculis	帝　座	3·1−3·9	17 11 32·7	+14 28 00

(二) 觀測之結果

號數	星等	近似子午高度	計算中天時刻	鐘錶之中天時刻	鐘錶之誤差
218	3·0	46° 28′ 46″	7時 57分 12秒	7時 54分 07秒	3分 4秒
220	3·1	24 34 08	8 07 27	8 00 23	3 4
226	3·9	47 52 06	8 13 51	8 10 49	3 3
228	2·7	39 34 09	8 19 46	9 16 42	3 4
237	2·6	34 21 28	8 52 44	9 00 00	2 44

平均＝＋3分00秒(慢)

中天時刻之計算

(218 號恆星)

恆星之赤經 +24時	＝	40時 10分 46·7秒
校正後之太陽赤經 +12時	＝	20 24 27·3
午夜以後之恆星時間段	＝	19時 46分 19·40秒
表 II	＝	3 14·35
地方平時	＝	19時 43分 5·05秒
經度差	＝	14 7
東經 120°標準時	＝	19時 57分 12·05秒
	＝	7時 57分 12·05秒

(226 號恆星)

恆星之赤經 +24時	＝	40時 27分 28·9秒
校正後之太陽赤經 +12時	＝	20 24 27·3
午夜以後之恆星時間段	＝	19 62 61·6
表 II	＝	3 17·0
地方平時	＝	19 59 44·6
經度差		14 7
東經 120°標準時	＝	20 13 51·6
	＝	8時 13分 51·6秒

(220 號恆星)

恆星之赤經 +24時	=	40時	17分	03秒
校正後之太陽赤經 +12時	=	20	24	27·3
午夜以後之恆星時間段	=	19	52	35·7
表 II	=		3	15·3
地方平時	=	19	49	20·4
經度差			14	7
東經 120°標準時	=	19	63	27·4
	=	8時	03分	27·4秒

(228 號恆星)

恆星之赤經 +24時	=	40時	32分	84·7秒
校正後之太陽赤經 +12時	=	20	24	27·3
午夜以後之恆星時間段	=	20	8	57·4
表 II			3	18·0
地方平時	=	20	5	39·4
經度差	=		14	7
東經 120°標準時	=	20	19	46·4
	=	8時	19分	46·4秒

(237 號恆星)

恆星之赤經 +24時	=	40時	66分	28·5秒
校正後之太陽赤經 +12時	=	20	24	27·3
午夜以後之恆星時間段	=	20	41	61·2
表 II	=		3	23·4
地方平時	=	20	38	37·8
經度差	=		14	7
東經 120°標準時	=	20	52	44·8
	=	8時	52分	44·8秒

〔註〕 上列之表乃根據恆星表，非"恆星一上經過格林維基子午

圈”，學者應注意，此處僅示計算方法，故任用其一。下列一表乃觀測時日內之赤經及赤緯，實際觀測時均應用此數，由此正確之赤經照上

號數	星等	赤經	赤緯
218	3·0	16時 10分 49·450秒	− 3° 31′ 24″·21
220	3·1	16 17 06·048	−25° 25′ 68″·43
226	3·9	16 27 31·610	+ 2° 07 45″·71
228	2·7	16 33 27·596	−10° 25′ 62″·04
237	2·6	17 06 31·756	−15° 38′ 42″·96

法計算中天時刻。

11－4 太陽之中天時刻法

視太陽時可直接觀測太陽之東及西邊緣經過子午圈之鐘錶時刻而定之。上述兩數之平均卽爲地方視正午之鐘錶時刻，此視正午 12時可化至地方民用時及標準時。若太陽之邊緣僅能測出其一，則太陽中心之中天時刻可於上値加或減“半徑通過子午圈之時刻”而求得之。此項數値在星曆表內均詳載，故可查得，惟其單位爲恆星時，化爲平時尙須減去 0·18秒 或 0·19秒。

例一： 應用天文實習

測時間

1. 方法：太陽之中天時刻法。

2. 目的：定鐘錶之快慢。

3. 日期：中華民國二十年五月十八日。

4. 地點：清華園。

5. 儀器：工程中星儀三號。

6. 測者：

7. 報告者：

經度：　7時 45分 34秒 東

計　算

地方視正午	＝12時00分00秒
時差	＝　3　45
地方民用時	＝11　56　15
經度差	＝　4　26
東經120°標準時	＝12時00秒41分
鐘錶時刻	
太陽之東邊緣	＝12時10分51秒
太陽之西邊緣	＝12　8　34
平均	＝12時 9分42.5秒
故鐘錶快	9分01.5秒

地方正午	＝12時00分00秒
經差	＝ 7　45　34
格林維基視時	＝ 4　14　26
時差	＝＋　3　45.27
格林維基平時	＝ 4時10分40.73秒

格林維基0時之時差	＝＋3分45.27秒
$-.065 \times 4.18$	＝－　.27
校正之時差	＝＋3分45.00秒

11－5　太陽之地平高度法

視太陽時可由測太陽之高度而求之，其法卽解在 PZS 三角形內之北極角，此角卽係太陽在子午圈東或西之時角。太陽之西時角卽地方視時。觀測應迅速的連續測太陽高度數次並注視其時刻；將所有之高度求平均數，時刻亦然，至於太陽之曲彎路線可勿計及。設太陽不在子午圈而觀測之總時間復不超越 10分以上，則因不計彎曲路線而生之誤差甚微細，無若何損益。高度之測量自必根據太陽之上邊緣或下邊緣，並加半徑之校正。整個觀測工作可分成兩組，半則測太陽之上邊

緣高度，半則反是，如此可省去半徑之校正。在上述兩組之觀測內，望遠鏡須分正反二位。求出平均高度後尙須加以指差，天文折頓，半徑及視差之校正。設所測之高度爲上下邊緣之平均數，則半徑校正可省略。星曆表內所載之赤緯，係東經 120° 0時或格林維基0時的，故須校正至觀測之時刻。

計算時角須知該地之緯度，緯度之觀測及計算巳詳前章。至於緯度之精確度則視乎所測之高度及所記時刻之精密程度而定。當太陽近卯酉線時，由緯度誤差所生之影響甚微。

時角之計算可用(4－3)節內任一公式。將求得之 t，化至時，分及秒；若太陽在子午圈之西，卽等於地方視時，(下午)；太陽在子午圈之東，則須在 12時內減去上得之 t 値方爲地方視時。視時減去校正之時差後卽爲平時。於是將地方時化至標準時，卽加或減相當之經度差是也。計算時刻與鐘錶所指時刻之差別卽爲鐘錶校正。此項觀測往往與地平經度觀測可用同一記錄。

例一： 應用天文實習

測時間

1. 方法：太陽之地平高度法。

2. 目的：定鐘錶之快慢。

3. 日期：中華民國二十年五月二十六日。

4. 地點：淸華園。

5. 儀器：工程中星儀四號。

6. 測者：

7. 報告者:

觀測記錄

記號	平面角度	縱角	時刻
	0° 00′	——	——
|○̲	132° 55′	45° 38′	3時22分56秒(下午)
|○̲	133° 06′	45° 28′	3 23 52
|○̲	133° 14′	45° 20′	3 24 34
○̅|	132° 51′	44° 26′	3 26 27
○̅|	133° 05′	44° 12′	3 27 40
○̅|	133° 12′	44° 06′	3 28 16
平均	133° 3′ 50″	44° 51′ 40″	3 25 37·5

指差　0′ 00″　12

44° 51′ 40″　15時25分37·5秒 (東120°標準時)

折頓及視差 −48　8

h = 44° 50′ 52″　7時25分37·5秒 (格林維基平時)

計　算

s = 76°56′41″·75　log cos = 9·3538926

s − h = 32°05′49″·75　log sin = 9·7253859

s − φ = 36°55′39″·55　log csc = 0·2212657

s − p = 7°55′12″·45　log sec = 0·0041625

2) 9·3047067

$\log\tan\frac{t}{2}$ = 9·6523534

$\frac{t}{2}$ = 24°11′ 7″·3

t = 48°22″14″·6

= 3時13分28·97秒

太陽赤緯 0時 = + 20° 55′ 9″·5

+27″·09 × 7·428 = + 3′ 21·2

δ = + 20° 58′ 30″·7

p = 69° 01′ 29·3″

φ = 40° 01′ 2″·2

h = 44° 50′ 52·0″

2s = 153° 53′ 23·5″

s = 76° 56′ 41″·75

地方視時 = 3時13分28·97秒 (下午)

= 15 13 28·97

時差 = 3 13·86

地方民用時 = 15 10 15·11

經度差 14 26

東經 120° 標準時 = 15時24分41·11秒

鐘錶時刻 = 15 25 37·50

−56·39秒 (快)

時差 0時 = +3分15·63秒

−0·239 × 7·428 = − 1·77

校正時差 = +3分13·86秒

應用此法之最合宜條件莫如觀測者居留於赤道而太陽行近卯酉圈。太陽初東升或將西沉時其速率最大，故高度誤差在計算之時角內所產生之錯誤較小於子午圈內同一高度誤差所產生之錯誤。觀測者愈近赤道，太陽軌跡對於地平之傾斜度亦愈大，同時升落速率亦隨之而大。若觀測者在赤道，而赤緯爲零，則太陽每四秒鐘可升或落 1′。觀測者若近北極，則此法卽不能應用矣。

太陽接近地面時，不能作上述之觀測，蓋天文折頓之變化甚大故也。

11－6 恆星之地平高度法

上節之法亦可應用於恆星，惟視差及半徑校正均爲零。設恆星在子午線之西，計算之時角卽恆星之眞時角；在子午圈之東，則計算之時角須於 24時內減去之。恆星時等於恆星之赤經加其時角。由之卽可求平時。爲求正確計，觀測時常擇兩組恆星而測量之，一組在子午圈之東，一則在西，求兩者之平均數，卽可消去各種誤差。行星亦可觀測，惟須知相當精確之時間，俾得校正其赤經及赤緯。

例一： 應用天文實習

測時間

1. 方法：恆星之地平高度法。
2. 目的：
3. 日期：中華民國二十一年五月二十六日。
4. 地點：清華園。
5. 儀器：工程中星儀七號。
6. 測者：
7. 報告者：

觀測之記錄

觀測之恆星爲224 心宿二 (α 天蝎星)

觀測地平高度 = 20° 29′ (東方)

鐘錶時刻 = 10時 51分 15秒 (下午)

查得之記錄

赤緯(太陽) = − 26° 17′ 11·7″

恆星赤經 = 16時 25分 16·9秒

$\alpha_S + 12$時 = 16時 12分 05秒

經度 = 116° 23′ 30″ 東

指差 = 0° 00′ 00″

緯度 = 40° 00′ 00″ 北

計　算

觀測之高度 = 20° 29′

天文折頓 = − 2 17

h = 20° 26′ 43″

ϕ = 40° 00′ log sec 0·115746

h = 20° 26′ 43″ log csc 0·047406

p = 116° 17′ 11·7″

2) 176° 43′ 54·7″ log cos 8·455091

s = 88° 21′ 57·3″ log sin 9·966922

s − h = 67° 55′ 14·3″

2)8·585165

9·292583

$\log \sin \frac{t}{2} = 9{\cdot}292583$

$\frac{t}{2} = 11°\ 18'\ 42''{\cdot}4$

t = 22° 37′ 25″ (東)

= 1時30分29·67秒

t = 24時 − 1時30分29·67秒

= 22時29分30·33秒

t	=22時	29分	30·33秒
恆星赤經	=16	25	16·90
地方恆星時	=14	54	47·23
經度差	=	14	26
東經120°恆星時	=15	09	13·2
α_S + 12時	=16	12	05·0
	22	57	08·2
表 II		3	45·6
東經120°標準時	=10時	53分	22·6秒 (下午)
鐘錶時刻	=10	51	15·0
鐘錶校正	= +	2分	7·6秒 (慢)

11－7 地平高度及緯度內誤差之影響

如欲確切定出地平高度內誤差對於 t 值所生之影響，則求公式(8)內 η 之微分，凡 ϕ 及 δ 均爲常數。

$$\sin\eta = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos t \tag{80}$$

求微分

$$\cos\eta = 0 - \cos\phi\cos\delta\cos t\frac{dt}{d\eta}$$

$$\frac{dt}{d\eta} = -\frac{\cos\eta}{\cos\phi\cos\delta\sin t}$$

$$= -\frac{1}{\cos\phi\sin Z}\ \text{(根據公式十二)} \tag{81}$$

由此公式卽可察出 $Z=90°$ 或 $270°$ 時，$\sin Z$ 爲最大，而$\frac{dt}{d\eta}$則最小。同時復可察出緯度愈小，其餘弦愈大，故$\frac{dt}{d\eta}$值隨之而小。最適宜之星體位置因是必在卯酉圈上。公式內之負號乃指示地平高度增長時，時角反減小。Z 等於零，卽星體位於子午圈上，$\frac{dt}{d\eta}$等於無窮大，故 t 不能自觀測之高度求出矣。

緯度內誤差對於 t 值所生之影響，可將公式 (8) 求 ϕ 之微分而得之。其結果如下：

$$0 = \cos\phi\sin\delta + \cos\delta\left(-\cos\phi\sin t\frac{dt}{d\phi} - \cos t\sin\phi\right)$$

$$\cos\phi\cos\delta\sin t\frac{dt}{d\phi} = \cos\phi\sin\delta - \sin\phi\cos\delta\cos t$$

$$= \cos\eta\cos Z \qquad \text{(根據公式 11)}$$

$$\frac{dt}{d\phi} = \frac{\cos\eta\cos Z}{\cos\phi\cos\delta\sin t}$$

$$= \frac{\cos Z}{\sin Z\cos\phi} \qquad \text{(根據公式 12)}$$

$$= \frac{1}{\cos\phi\tan Z} \tag{82}$$

當 $Z=90^\circ$ 或 270° 時，緯度內之誤差對於 t 不生任何影響，因 $\frac{dt}{d\eta}=0$ 故也。易言之，最佳之位置乃卯酉圈也。最後尙指示觀測者若在赤道，則此法更形精確矣。

11-8　恆星在北極星的地平經圈上之中天時刻法

用此法作時間之觀測，望遠鏡之透視線乃先放置於經過北極星之平面內，觀測之時刻不加限制，然後即繼測南方恆星經過此垂面之中天時刻；於是計算恆星之赤經校正值，用之可求出觀測之眞恆星時，最後即將此值加諸原有之赤經。此法之便利處爲事前不必訂定子午圈，復次在觀測兩星間之時間甚短促，故由儀器不穩定所生之誤差甚微細。此法進行之手續如下：

放置儀器於一穩定之點，細心平準之，將鏡頭內之縱十字絲對在北極星上，緊固止動螺絲，讀記鐘錶時刻；將望遠鏡繞橫軸轉向南方，作此運轉時宜萬分小心，勿使方位角有一些之移動；於是在縱弧上配置恆星之地平高度，此種恆星名謂時間星，其中天時刻須遲四五分鐘，否則不能進行種種必需之工作；迄恆星經過縱十字絲時，又須讀記時刻。若於讀記時刻後復測二恆星之地平高度，於計算工作有相當之助益。設於事前已計算子午圈中天時刻，則根據北極星之位置可估計實際觀測之中天時刻。北極星在距角時，透視線之地平經度最大。茲設本年(中華民國二十一年)之北極星地平經度爲 $1^\circ3'20''$ (緯度假定爲 40°)，赤道上之恆星經過縱十字絲之時刻將較計算之時刻遲 4分，此乃指北極星在東距角而言也(參照本書 8-6 節所載之表)。若北極星在西距角則早 4分。爲避免儀器上之誤差計，各個觀測均須用正反位儀器測量

而取其平均數。

茲假定 α 及 α_0 爲南方恆星及北極星之赤經，S 及 S_0 爲經過縱十字絲之中天恆星時間段，t 及 t_0 爲時角，則時間之相差可以下列公式表之。

$$t = S - \alpha$$

$$t_0 = S_0 - \alpha_0$$

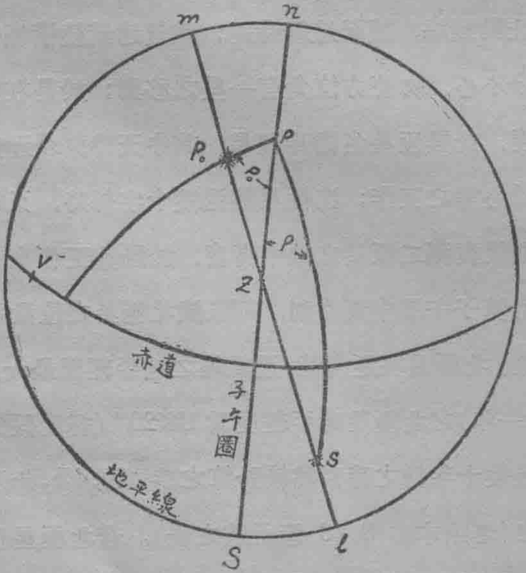
$$t_0 - t = (\alpha - \alpha) - (S - S_0) \tag{83}$$

$S - S_0$ 卽觀測兩星間之恆星時間段，若欲化爲平時，應用下列公式：

$$t_0 - t = (\alpha - \alpha) - [(S - S_0) - C] \tag{84}$$

C 值乃本書末附表三所載。設 T 及 T_0 爲鐘錶時，則 (84) 公式可書下式：

$$t_0 - t = (\alpha - \alpha_0) - (T - T_0) - C \tag{84}$$



圖六十

上圖六十內之 P。設爲觀測之北極星，P 爲天體北極，Z 爲觀測者之天頂，S 爲觀測之恆星。在此應注意當恆星經過縱十字絲時，北極星 P。已不在其原來之位置矣，但繞北極 P 向西移動，其所移之角度即等於作此兩觀測間之恆星時間段。設 p_0 爲北極星之極距，ζ 及 ζ_0 爲兩恆星之天頂距，而 η 及 η_0 則爲其地平高度。

在 P_0PS 三角內，

$$\frac{\sin S}{\sin P_0PS} = \frac{\sin p_0}{\sin P_0S}$$

或　$$\sin S = \sin P_0PS \sin p_0 \operatorname{cosec} (\zeta + \zeta_0)$$

$$= \sin (t_0 - t) \sin p_0 \operatorname{cosec} (\eta + \eta_0) \qquad (85)$$

在 PZS 三角內，

$$\frac{\sin(-t)}{\sin S} = \frac{\sin \zeta}{\cos \phi}$$

或　$$\sin (-t) = \sin S \cos \eta \sec \phi \qquad (86)$$

以 sin ~~z~~ S 值代入公式 (85) 內，

$$\sin (-t) = \sin p_0 \sin (t_0 - t) \operatorname{cosec} (\eta + \eta_0) \cos \eta \sec \phi \qquad (87)$$

因 p_0 及 t 均爲小角，故可以角度代其正弦，

$$-t = p_0 \sin (t_0 - t) \operatorname{cosec} (\eta + \eta_0) \cos \eta \sec \phi \qquad (88)$$

設高度 η 及 η_0 未能測出，則可以 $\sin(\phi - \delta)$ 代入 $\cos \eta$，而 $\operatorname{cosec}(\eta + \eta_0)$ 則以 $\sec(\delta - c)$ 代之，由此而生之誤差僅一秒之數百分之一而已。δ 爲南方恆星之赤緯，C 爲校正數，歐美星曆表之內均附載，但我國之星曆表尙未載列。

作此觀測時設緯度爲已知，若尙未知，則必須測恆星之高度而計

算其緯度。假定所測之高度相等於子午高度，則自公式 (1) 卽可求緯度，否則用公式(77)計算校正值，另用公式(78)求緯度。

自 t 值求得以後(t 以秒記數)，卽將其值加諸時間星之赤經上，其和爲觀測該星時之地方恆星時間。化之爲地方平時，標準平時，於是卽能得出鐘錶校正。

欲求透視線之地平經度，可以下列公式計算 a 值，

$$a = t \sec \eta \cos \delta \tag{89}$$

上列之方法乃就小中星儀而言，至於天文中星儀則有更精之法，玆不贅及。

例一：

觀測之恆星爲 θ 室女星。

緯度：42° 21′ 北，經度：4時44分18·3秒西。

時間：1906 年五月八日。

觀測北極星之時間		8時35分58秒
觀測 θ 室女星之時間		8 39 43
	相差	3分45秒

α	12時00分26·3秒
α_0	1 24 35·4
$\alpha-\alpha$	=10時35分50·9秒
$T-T_0$ =	3 45
表 III	0·6
t_0-t	=10時32分05·3秒
	=158° 01′·3

$$\phi = 42^\circ\ 21'$$
$$\delta = +\ 9\ \ 15'$$
$$\phi-\delta = 33^\circ\ 06'$$

$$\delta = +\ 9^\circ\ 15'$$
$$c = +\ 1\ \ 06\cdot5$$
$$\delta-c = 8^\circ\ 08'\cdot5$$

$$
\begin{aligned}
p_0 &= 71'\cdot 85\\
\log p_0 &= 1\cdot 8564\\
\log\sin(t_0-t) &= 9\cdot 5732\\
\log\sec(\delta-c) &= 0\cdot 0044\\
\log\sin(\phi-\delta) &= 9\cdot 7373\\
\log\sec(\phi) &= 0\cdot 1313\\
\log 4 &= \underline{0\cdot 6021}\\
\log t &= 1\cdot 9047\\
t &= -\ 80\cdot 30\text{秒}\\
&= -\ 1\text{分}20\cdot 3\text{秒}
\end{aligned}
$$

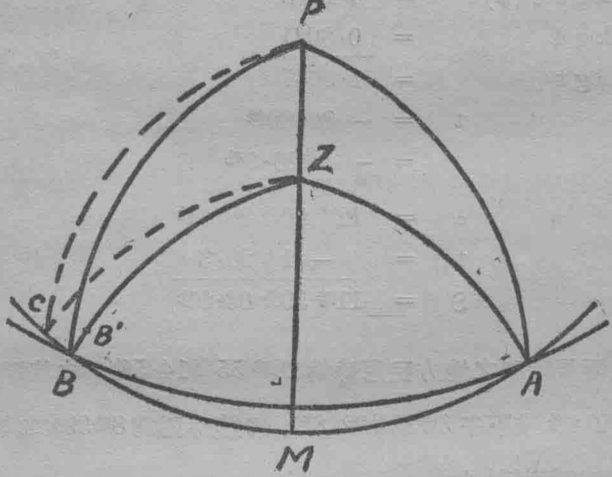
$$
\begin{aligned}
\alpha &= 12\text{時}\ 00\text{分}\ 26\cdot 3\text{秒}\\
t &= \underline{\quad -\ 1\quad 20\cdot 3}\\
S &= 11\text{時}\ 59\text{分}\ 06\cdot 0\text{秒}
\end{aligned}
$$

相當於此恆星時刻之地方民用時爲20時55分14·5秒，故其標準時當爲20時39分32·8秒或下午8時39分32·8秒，鐘錶時刻爲8時39分43秒，相差爲10·2秒，卽鐘錶較快也。

11－9　太陽同高度法

設測太陽在子午圈東西同高度；太陽向北行，晝漸加長，南行則漸減短。就一晝而言，太陽北行，則午後時分長於午前時分，南行則反是，故在子午圈東西同高度所記之時，相加折半，不得爲太陽正在子午圈之時。若太陽向北行，午正太陽赤緯度爲δ，在子午圈東測太陽之時，太陽赤緯度命爲$\delta-d\delta$，則子午圈西測太陽之時，太陽赤緯度命爲$\delta+d\delta$。又子午圈東所成之時角命爲$T-dT$，西則命爲$T+dT$。欲求太陽過子午圈之時，其推算之法，如圖六十一所示。P爲北極，Z

爲天頂，ZM 爲子午圈，A 爲子午圈東某高度太陽之方位，若太陽赤緯度無增損，則B爲子午圈西同高度太陽之方位。今因太陽赤緯度漸增，太陽午後距極度短於午前距極度，如 PB′ 短於 PA，故太陽須至 C 點，方與午前同高度，因之子午圈西之時角 ZPC 大於子午圈東之



圖六十一

時角 ZPA。在 ZPA 弧三角形內，$PA=90°-\delta$，$ZP=90°-\phi$，$ZA=Z$，準餘弦例則有

$$\cos ZA=\cos ZP\cos PA+\sin ZP\sin PA\cos ZPA$$

卽
$$\cos Z=\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos T$$

準微分理則得

$$0-\sin\phi\cos\delta\, d\delta-\cos\phi\cos T\sin\delta\, d\delta-\cos\phi\cos\delta\sin T\, dT$$

卽
$$\cos\phi\cos\delta\sin T\, dT=d\delta(\sin\phi\cos\delta-\cos\phi\cos T\sin\delta)$$

$$dT=\frac{d\delta(\sin\phi\cos\delta-\cos\phi\cos T\sin\delta)}{\cos\phi\cos\delta\sin T}$$

變時爲 $dT = \frac{d\delta(\tan\phi \csc T - \tan\delta \cot T)}{15}$

按此式可求得 dT，而 T－dT 爲子午圈東之時角則午前所測之時爲12時－(T－dT)而 T＋dT 爲子午圈西之時角，子午圈西所測之時角爲12時＋T＋dT。二次相加折半，得 12＋dT，卽所測之中時。若太陽赤緯度漸增，則自中時減 dT，赤緯度漸損，則加 dT，俱得太陽過子午圈之眞時。

例一：

設在北平，其緯度爲 $39°54'23''$，於午前8時59分4秒測得太陽高度與午後3時0分40秒測得高度相同，太陽赤緯北 $19°48'29''$。自午前測時至午後測時，太陽赤緯度減少 $3'12''$。求時計遲速之差若干。

計　算

$\phi = 39°54'23''$ 北

T 爲東西時角相加折半，東時角等於3時0分56秒，西時角等於3時0分48秒，故

T ＝ 3時0分48秒

卽　$T = 45°12'$

$\delta = 19°48'29''$

$$d\delta = \frac{192''}{2} = 96''$$

以 ϕ，T，δ，及 $d\delta$ 之數值代入下列公式內，得：

$$dT = \frac{96(\tan 39°54'23'' \times \csc 45°12' - \tan 19°48'29'' \times \cot 45°12')}{15}$$

$$
\begin{array}{lrl}
\log d\,\delta & = & 1{\cdot}9822712 \\
\log \tan \phi & = & 9{\cdot}9223720 \\
\log \csc T & = & \underline{10{\cdot}1490043} \\
 & & 2{\cdot}0536475 \\
\log 15 & & \underline{1{\cdot}1760913} \\
 & & 0{\cdot}8775562 \\
\text{卽} & = & 7{\cdot}5432 \\
\log d\,\delta & = & 1{\cdot}8922712 \\
\log \tan \delta & = & 9{\cdot}5565208 \\
\log \cot T & = & \underline{9{\cdot}9969680} \\
 & & 1{\cdot}5357600 \\
\log 15 & & \underline{1{\cdot}1760913} \\
 & & 0{\cdot}3596687 \\
\text{卽} & = & 2{\cdot}2891
\end{array}
$$

$dT = 7{\cdot}5432 - 2{\cdot}2891 = 5{\cdot}2541$秒

午前所測時	=	8時	59分	4秒
午後所測時	=	15	0	40
	2)	23	59	44
中數	=	11	59	52
dT				5·2541
		11	59	57·2541
		12		
				+ 2·7459秒（鐘錶慢）

11－10 恆星之同高度法

設將某一恆星當其位於子午圈東時之高度測出，待其行至子午圈西同高度時重復測之，求兩數之平均數卽爲鐘錶上應指之恆星中天時刻。測高度時之眞實時刻不必知悉，但高度必須相同。此法之不便利

處卽兩次觀測間之時間過長，故難免錯誤之發生。

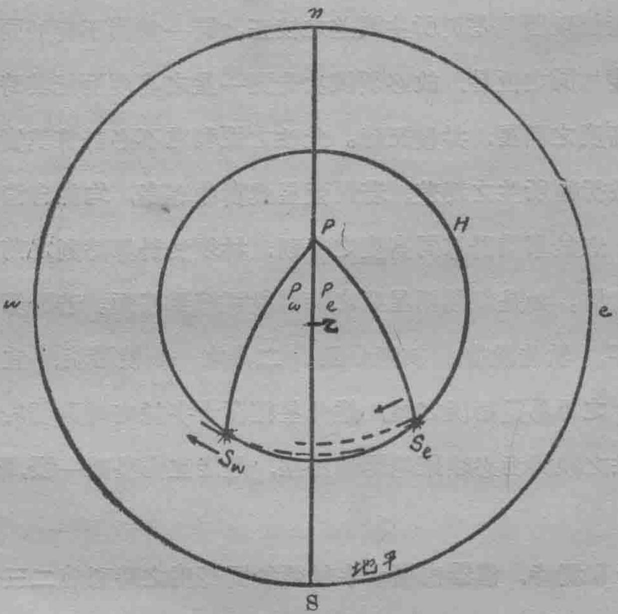
11-11 同高度之兩恆星法

此法乃觀測子午圈東西同高度之兩恆星而定恆星時。若兩恆星之赤緯相等，則兩恆星之赤經平均數卽爲其同高度時之恆星時。事實不易覓一對赤緯完全相同之恆星，故僅能於可能範圍內選其相差甚微之星，同時加以因此差別所生誤差之校正。同一儀器不能於同一時刻內測二高度相同之恆星，故必須依次先測一星之高度而記其時刻，然後再測同高度之別星，并復記時。此法之便利處不必計算眞實高度，故因儀器或折頓所生之誤差，若兩恆星眞實相等高，均能自消去。作此觀測時，宜於事前計算同高度之時刻，并須於計算時刻之前三四分鐘卽開始觀測。如是觀測兩星間之時間段可縮至甚短。若計算時顧及觀測之次序，孰先孰後，初無分別。二星之一如較暗淡，宜先測較亮者，蓋由之可易覓暗淡之星，惟此星經橫十字絲之時刻須於事前知悉應用此法之觀測者必須確能認識星座，最佳宜備星圖一張，俾得相當助益。

作此觀測時，儀器內橫十字絲須於同高度之時刻前二三分鐘置在東方恆星之上，於是注視恆星經過此橫十字絲之時刻。在其經過之前平面止動螺絲須緊固，平準器之水泡須位於正中。第一觀測完成并記錄以後乃將望遠鏡轉向子午圈西之星，當轉動儀器時宜萬分注意，總期望遠鏡之傾斜度無細微之變易，繼之卽作第二觀測，其法同上，最後記錄恆星經過橫十字絲之時間。若能注意高度，更佳，然於校正內普通甚少用及。設同高度之時間倘未知悉，則所選之兩星均宜同一光

亮，俾易尋覓之。觀測者可先測兩星之近似高度，迄後可不易望遠鏡之傾斜度而能見及兩星，於是卽可開始測東方之恆星，繼測西方之恆星，其間僅數分鐘而已。若欲先測西方之星，則其高度須大於上值，而橫十字絲宜放置於星之下邊少許。

圖六十二內 n e s w 表示地平面，Z 爲天頂，P 爲北極，S_e 爲東



圖六十二

方恆星，而 S_w 爲西方恆星。設 t_e 及 t_w 爲東西兩星之時角，HS_eS_w 爲地平緯線卽等高圓是也。根據公式(37)，S_e 及 S_w 之恆星時爲

$$S = \alpha_w + t_w$$
$$S = \alpha_e - t_e$$

〔註〕 t_e 爲子午圈東時角之眞數值。

平均上兩數

$$S=\frac{\alpha_w+\alpha_e}{2}+\frac{t_w-t_e}{2} \tag{89}$$

由此公式可知眞恆星時等於赤經之平均數，加以時角差折半之校正。此項校正公式之推演如下：

$$\sin\eta=\sin\delta\sin\phi+\cos\delta\cos\phi\cos t \tag{8}$$

以 δ 及 t 爲變數，求上式之微分，結果如下：

$$0=\sin\phi\cos\delta-\cos\delta\cos\phi\sin t\frac{dt}{d\delta}-\cos\phi\cos t\sin\delta \tag{90}$$

故

$$\frac{kt}{d\delta}=\frac{\tan\phi}{\sin t}-\frac{\tan\delta}{\tan t} \tag{91}$$

設赤緯相差甚小，$d\delta$ 可以 $\frac{1}{2}(\delta_w-\delta_e)$ 代之，dt 爲 $\frac{1}{2}(t_w-t_e)$，恆星時之公式如下：

$$S=\frac{\alpha_w+\alpha_e}{2}+\frac{\delta_w-\delta_e}{2}\left(\frac{\tan\phi}{\sin t}-\frac{\tan\delta}{\tan t}\right) \tag{92}$$

公式內 $(\delta_w-\delta_e)$ 必須以時間之秒表示之。δ 爲 δ_e 及 δ_w 之平均數。若兩星能在同一時刻觀測，t 爲 t_w 及 t_e 之平均數，惟事實有所限制，故 t 必以下式求之。

$$t=\frac{\alpha_e-\alpha_w}{2}+\frac{T_w-T_e}{2} \tag{93}$$

T_w 及 T_e 爲實際之鐘錶時刻。

西方之恆星先行觀測時，上式末項之符號爲負數。按理此項數值應化至恆星時間段，然其影響甚微細也。因顧及平赤經校正之符號，故必須注意下列之事實，即若西方之恆星具較大之赤緯時，其同高度之時刻較遲於平均赤經。選擇此種觀測之星座，每對之赤緯差須在 6時

至8時之上。赤道上諸恆星間應具較赤道下諸恆星更長之時間段。至於諸星之赤緯愈近愈佳，然用普通工程中星儀作觀測時，凡相差5°以內尚無若何巨大之關係也。歐美之星曆表所載星表，足能選得適當成對之星，吾國之星曆表尚不能供是項之要求，茲試舉一美國之實例如下：

例一：

緯度 42° 21′ 北，經度 4時44分18秒西，1905年十二月十四日

恆星	赤經	赤緯	鐘錶時刻
α海怪星(東)	2時57分22·1秒	+3° 43′ 69″·1	T_e = 5時18分00秒
δ天鷹星(西)	19 20 43·6	+2° 55′ 44″·0	T_w = 5 22 13
平均數	23 09 02·8	+3 19 56·6	5 20 06·5
差	7 36 38·5	2)−0 48 25·1	04 13
$T_w - T_e$	4 13·7		
	2) 7 40 52·1		

$\frac{\delta_w - \delta_e}{2} = -24' \, 12''\cdot6$

$= -96\cdot84$秒

t = 3時50分26·1秒

= 57° 36′ 31″·5

平赤經	=	23時 09分 02·8秒
校正	=	− 01 41·0
恆星時	=	23 07 21·8
相當於此恆星時之地方平時		17時 35分 43·4秒
經度差	=	15 42·0
東方標準時	=	17 20 01·4
	=	5 20 01·4
鐘錶時刻	=	5 20 06·5
鐘錶快		5·1秒

$$\log\frac{\delta_w-\delta_e}{2} = 1.9861$$

$\log\tan\phi$	$= 9.9598$	$\log\tan\delta$	$= 8.7650$
$\log\csc t$	$= 0.0735$	$\log\cot t$	$= 9.8024$
	$= 2.0194$		0.5335
	-104.6秒		-3.6秒
	$-\ \ 3.6$		
校正	$=-101.0$秒 $-=1$分41.0秒		

11–12 例題之研究

公式(91)若加相當之變易，亦可得正確之結果。每一恆星均分別應用公式(8)，復將任何兩結果相減，得下列公式：

$$\sin\triangle t=\frac{\tan\phi\tan\triangle\delta}{\sin t}-\frac{\tan\delta\tan\triangle\delta}{\tan t}+\frac{\tan\delta\tan\triangle\delta}{\tan t}\text{vers}\triangle t \quad (94)$$

$\triangle\delta$ 爲赤緯差之折半，而 $\triangle t$ 爲平赤經之校正。若 $\triangle t$ 及 $\triangle\delta$ 以其弧度代之，并將公式之第三項取消，除 $\triangle\delta$ 及 $\triangle t$ 爲有限差代無限小外，仍可化成公式(91)。爲消除由此所生之誤差計，$\triangle\delta$ 上加以相當數量，該數等於弧及正切差，詳載於表四；第一，二兩項和數上亦加一校正，俾弧及正弦之差消去，其值載於表一，將此 $\triangle t$ 之近似值作根基數，即能在表五內查第三項之數值。玆舉一例如下：

例一：

計算 α 牧夫星及 ν 雙子星之等高度的時刻，時日爲1912年正月一日，緯度42°21。′α 牧夫星之赤經＝14時11分37·98秒；赤緯＝+19°38′15·2″。ν 雙子星之赤經＝7時20分16·85秒；赤緯＝+27°58′30·8″。

計算

14時 11分 37·98秒		27° 58′ 30·8″	
7 20 16·85		19 38 15·2	
2) 6 51 21·13		2) 8 20 15·6	
3時 25分 21·13秒		$\triangle\delta$ = 4° 10′ 07·8	
t = 51° 25′ 08·4″		= 1000·52秒	
		校正，表四 = 1·77	
		$\triangle\delta$ = 1002·29秒	

$\log\triangle\delta$	= 3·000993	$\log\triangle\delta$	= 3·00099
$\log\tan\phi$	= 9·959769	$\log\tan\delta$	= 9·64462
$\log\csc t$	= 0·106945	$\log\cot t$	= 9·90187
	3·067707		2·54748

第一項	= 1168·71秒	第二項	= − 352·76秒
第二項	= −352·76		
$\triangle t$ (近似)	= 815·95秒		
校正,表四	= + ·48		
校正,表五	= + ·63		
$\triangle t$	= +817·06		
	= + 13分 37·06秒		
平赤經	= 10 45 57·42		
等高度之恆星時	= 10時 59分 34·48秒		

凡精密之觀測，縱軸之傾斜度須以氣泡水準儀測量之，而於觀測之時間上加以校正。若用工程中星儀則僅能用平板準器作此校正。每一觀測均讀記平準器兩端之刻度，0 爲對物鏡頭之讀數，E 爲目鏡頭之讀數，其傾斜變易可以下式表之。

$$i = [(O-E)-(O'-E')] \times \frac{d}{2}$$

d 爲一單位刻度之弧度數值，以弧度之秒表之，鐘錶平均數之校正爲

$$\text{校正} = \frac{i}{30 \sin S \cos\delta} = \frac{i}{30 \cos\phi \sin Z}$$

S 須自方位角表內查出，（詳於下節）Z 則爲兩恆星間之平面角。西方之恆星若高於東方之恆星，（氣泡近對物鏡），校正須加諸平均之鐘錶讀數上。若用諸赤經，其代數號必須反之。

表四　加在 $\triangle\delta$ 及 $\triangle t$ 之校正

弧或正弦	$\triangle\delta$ 之校正	$\triangle t$ 之校正	弧或正弦	$\triangle\delta$ 之校正	$\triangle t$ 之校正
秒 100	秒 0·00	秒 0·00	秒 800	秒 0·90	秒 0·45
200	0·01	0·01	850	1·08	0·54
300	0·05	0·02	900	1·29	0·64
400	0·11	0·06	950	1·51	0·76
500	0·22	0·11	1000	1·77	0·88
600	0·38	0·19	1050	2·05	1·02
650	0·48	0·24	1100	2·35	1·17
700	0·60	0·30	1150	2·69	1·34
750	0·74	0·37	1200	3·06	1·52

表五 加至△t之校正

	△t (時間之秒數)									
第二項	秒 100	秒 200	秒 300	秒 400	秒 500	秒 600	秒 700	秒 800	秒 900	秒 1000
秒 100	秒 0·00	秒 0·01	秒 0·02	秒 0·04	秒 0·07	秒 0·10	秒 0·13	秒 0·17	秒 0·21	秒 0·26
200	0·01	0·02	0·05	0·08	0·13	0·19	0·26	0·34	0·43	0·53
300	0·01	0·03	0·07	0·13	0·20	0·29	0·39	0·51	0·64	0·79
400	0·01	0·04	0·10	0·17	0·26	0·38	0·52	0·68	0·86	1·06
500	0·01	0·05	0·12	0·21	0·33	0·48	0·65	0·85	1·07	1·32
600	0·02	0·06	0·14	0·25	0·40	0·57	0·78	1·02	1·28	1·59
700	0·02	0·07	0·17	0·30	0·46	0·67	0·91	1·18	1·50	1·85
800	0·02	0·08	0·17	0·34	0·53	0·76	1·04	1·35	1·71	2·11
900	0·02	0·10	0·21	0·38	0·59	0·86	1·17	1·52	1·93	2·38
1000	0·03	0·11	0·24	0·42	0·66	0·95	1·30	1·69	2·14	2·64
1100	0·03	0·12	0·26	0·47	0·73	1·05	1·42	1·86	2·36	2·91
1200	0·03	0·13	0·29	0·51	0·79	1·14	1·55	2·03	2·57	3·17

代數符號常與第二項相反。

11－13 例題之研究

平均赤經之校正不必計算而可查表求之，歐美均印有該項表册，但我國尚付缺如，故應用上法測量時間尚感相當之困難。

茲設兩星之赤緯相等，而某一時刻內之高度亦等，A及B爲子午圈東西之星。若B星之赤緯增加，B星將佔C之位置，於是此星須增

時角 x 度，始能經 B 之地平緯線。時角 x 之折半卽爲需要之校正也。圖六十三內之 BC 爲增加之赤緯；BD 及 CD 非大圜之弧，而三角形 BCD 實非球面三角，然凡用工程中星儀觀測者，卽依球面三角公式計算，亦無若何誤差。ZBP 角卽 S 角而 DBC 卽 $90^\circ - S$。弧度 CD 之長爲 BC cot S 或 $(\delta_w - \delta_e)\cot S$。P 處之角相同於 $C'D'$ 弧度而等於 CD sec δ。若 $(\delta_w - \delta_e)$ 以弧度之分表之，校正卽爲時間之秒數，幷須知校正爲 x 角之半。

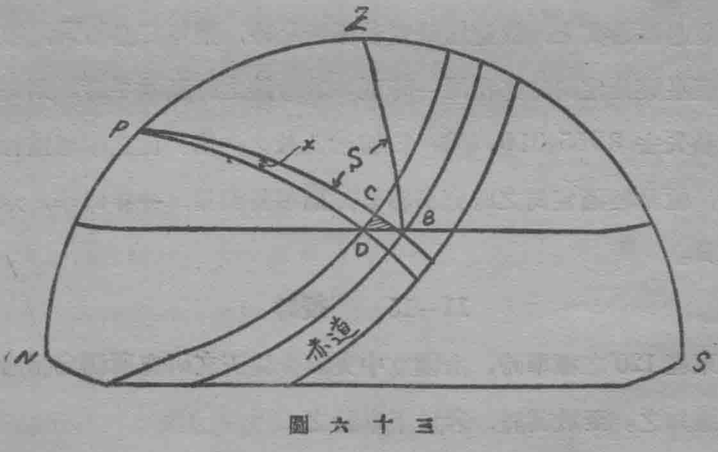
$$\text{校正} = 2(\delta_w - \delta_e)\cot S \sec \delta \qquad (95)$$

S 爲兩星赤緯之平均數，時角爲已知，用此二數在地平經度表求 S 值，是卽赤經差之折半又加以鐘錶時間段折半之校正也。

訂定等高度校正之三角公式如下：

$$\tan\frac{\triangle t}{2} = \sin\frac{\triangle\delta}{2}\cot\frac{1}{2}(S_1+S_2)\sec\frac{1}{2}(\delta_1+\delta_2) \qquad (96)$$

根據此式重解上節之題如下：



圖六十三

自地平經度表內求出S值爲 44′05′

$$
\begin{aligned}
&\text{赤緯 } 21' \text{ 之校正} = -\ 22' \\
&\text{緯度 } 20' \text{ 之校正} = +\ 07 \\
&\text{時角 } 26\text{秒之校正} = \underline{+\ 02}
\end{aligned}
$$

故S之正確値等於 43° 52′

$$
\begin{aligned}
2(\delta_w-\delta_e) = -\ 96'{\cdot}84 \quad \log &= 1{\cdot}9861 \\
\log\cot S &= 0{\cdot}0172 \\
\log\sec\delta &= \underline{0{\cdot}0007} \\
\log \text{校正} &= 2{\cdot}0040 \\
\log \text{校正} &= -\ 100{\cdot}9\text{秒}
\end{aligned}
$$

凡用工程中星儀所作之觀測，上法得出之結果已達相當之精密度矣，惟兩星赤緯相差不能超 5°以上，而其環境亦宜適合。

11－14 恆星在某一定向之中天時刻法

若某一恆星經過某一顯著定向之中天時刻能測出，則雖不知鐘錶之眞實誤差，而其準率仍能訂定，且甚精密。其法先選定一方向，每夜恆星必經過其上，故鐘錶時刻若係恆星時，則每日必相同，卽鐘錶每當恆星經此定向時必指同一時刻。若鐘錶之時刻爲平時，則每一恆星日將失去 3分55·91秒，增一日卽增此數之一倍。由之續繼進行，數週後，恆星經過定向之時刻將移早，則可易別星，一年四季，永無間斷之日。

11－15 授時

東經 120°之標準時，由國立中央研究院天文研究所測定而佈電至各處通知之。至於其詳，容於下章論之。

第十二章

觀測經度法

12-1　測經度之方法

測兩地經度之差別，卽比較同一絕對時刻內兩地之地方時。最重要之法爲時計法，卽將時計攜至各地並卽在各該處測定時計之地方時誤差。最精確者爲電信法，大地測量常應用之，是卽各地電臺將本地之地方時以電信送出，同時復收取別處來電而比較之。比較上最不精確者爲月過子午圈法。玆試分別論之。

12-2　時計法

此法內所用之記時錶或鐘錶須在第一站起始點測定其誤差；同時又須訂定其準率；於是將時計攜至第二站，重行在該處訂定該時計在第二站上之誤差。若時計轉動甚正確，兩地誤差之較卽爲其間經度之差。設第一站在東，第二站在西；γ 爲時計之準率，失則正(+)，得則負 (−)，c 爲時計在第一站之校正，c′ 則爲第二站之校正，d 爲兩次觀測間之日數，T 爲第二站上時計所指之數。經度差之公式如下：

$$\text{第二站(西)上之地方時} = T + c'$$

$$\text{第一站(東)上之地方時} = T + c + d\gamma$$

$$\text{時間差} = \text{經度差} = c + d\gamma - c' \tag{97}$$

東西之次序相反，其結果仍相同。

若平時記時錶或鐘錶之誤差由觀測恆星而求出，經度必須知悉，

俾得校正太陽之赤經。若恆星時記時錶則其誤差以恆星時記之，故不需上述之校正。

因欲核對時計之準率，觀測者在可能範圍內宜設法將時計攜回第一站並重定其地方時。設準率尚平均，將兩次結果平均之即能消除所有之誤差。此法不及電信精密，然若能用數隻記時錶並來回多走幾次，其結果亦甚正確。航海及探險測量頗多用之。

例一：

觀測A站之地方平時，鐘錶慢 15分40秒，在A之西B站觀測則慢14分10秒，鐘錶每日得8秒，兩次觀測間之時間爲48時，求經度差。

$$+15^{時}40^{秒}-2\times8^{秒}-14^{分}10^{秒}=1^{分}14^{秒}$$

故B在A西 1分14秒即 18′ 30″ 是也。

12—3 電信法

設欲測二處經度較，即先於二處各測其時表之差，次於西處傳信至東處，每約二秒時，按傳信電門一次，凡十次。又於東處傳信於西處，亦按電門十次。西處之表差爲 $\triangle T_w = +3{\cdot}24^{秒}$，東處之表差爲 $\triangle T_e = -2{\cdot}31^{秒}$。傳信時間甚短，日差可以不計。

西處傳信至東處

次數	西處發信表面時	$\triangle T_w$	東處接信表面時	$\triangle T_e$	西處眞時	東處眞時	經度較
	時 分 秒	秒	時 分 秒	秒	時 分 秒	時 分 秒	時分 秒
1	9 39 13·92	+3·24	10 42 43·18	−2·31	9 39 17·16	10 42 40·87	1 3 23·71
2	16·12		45·40		19·36	43·09	23·73
3	18·31		47·63		21·55	45·32	23·77
4	20·15		49·53		23·39	47·22	23·83

5	22·30		51·61		25·54	49·30	23·76
6	24·72		54·00		27·96	51·69	23·73
7	26·90		56·20		30·14	53·89	23·75
8	29·10		58·52		32·34	56·21	23·87
9	31·32		60·60		34·56	58·29	23·73
10	33·12	秒 +3·24	62·33	秒 −2·31	36·36	60·02	23·66

經度較之平均數 $= 1^{時}\ 3^{分}23{\cdot}754^{秒}\ (\lambda_w)$

東處傳信至西處

次數	西處接信表面時	$\triangle T_w$	東處發信表面時	$\triangle T_e$	西處眞時	東處眞時	經度較
	時 分 秒	秒	時 分 秒	秒	時 分 秒	時 分 秒	時 分 秒
1	9 40 3·21	+3·24	10 43 32·22	−2·31	9 40 6·45	10 43 29·91	1 3 23·46
2	5·32		34·34		8·56	32·03	23·47
3	3·30		36·30		10·54	33·99	23·45
4	10·12		39·15		13·36	36·84	23·48
5	12·54		41·55		15·78	39·24	23·46
6	14·50		43·56		17·74	41·25	23·51
7	16·83		45·80		20·07	43·49	23·42
8	19·01		48·04		22·25	45·73	23·48
9	21·32		50·40		24·56	48·01	23·53
10	23·70	+3·24	52·64	−2·31	26·94	50·33	23·34

經度較之平均數 $= 1^{時}\ 3^{分}23{\cdot}465^{秒}\ (\lambda_e)$

經度較 $\frac{1}{2}(\lambda_w + \lambda_e) = 1^{時}3^{分}23{\cdot}608^{秒}$

傳電信時間 $= \frac{1}{2}(\lambda_w - \lambda_e) = 0{\cdot}145^{秒}$

故東西二處之經度較爲　1時3分23·608秒

11－4 月過子午圈法

此法之目的乃在測定月亮中心過子午圈時之赤經。歐美星曆表內凡格林維基每一平時之月亮中心赤經均詳載，吾國僅載每日之赤經。故月亮赤經如能定出，格林維基之平時即可知悉，將地方時與之比較，即得經度矣。

觀測與計算之方法如下：將中星儀放置於子午圈平面內而注視月亮邊側之中天時刻，同時尚須注視若干恆星之中天時刻，惟該類恆星之赤緯須與月亮之赤緯相近。月亮中天時刻在星曆表之內均詳載。月亮與恆星間之中天時間段（必要時可化爲恆星時）加至或減自恆星之赤經即等於月亮邊側之赤經。求各恆星之赤經值而平均之，然後應用之。如求月亮中心之赤經，則必須於其邊側之赤經上加以校正，此值可在星曆表之內查得，是名曰"半徑過子午圈之恆星時"。若西邊側係觀測之邊，此校正須加，東則減之。其結果爲月亮中心在中天時刻之赤經，是即是時之地方恆星時也。相當於此時之格林維基民用時可在月亮每時之赤經表內用內插法求之。在表查出一較上述赤經稍小之赤經並其同行之"每分變率"，將查得之數自觀測之赤經內減去，並以"每分變率"除其差數，其結果即爲格林維基之分數，故須加至時數，始得相當之民用時。

因欲比較格林維基及地方之時間，故格林維基之民用時必須化至相當之恆星時。

作此觀測之前，須先參考星曆表，如是始能預知月亮之中天時間。至於月亮之近似高度亦須計算而配置之，月亮之視差甚大，故觀測者

當勿忘此數之減去，否則不易覓得月影。

月亮之赤經每1分內將增2秒，故赤經之觀測少有誤差，經度內將產生三十倍大之誤差，此法之不甚精密，由是可以知矣。唯一之便利處，到處可應用而不需知別處之時。下述之例，均用工程中星儀觀測所得之結果。

例一：　應用天文實習

測經度

1. 方法：月過子午圈法。
2. 目的：定經度。
3. 日期：中華民國二十年七月二十八日。
4. 地點：青島。
5. 儀器：工程中星儀二號。
6. 測者：
7. 報告者：

觀測之記錄

月亮西邊側之中天時刻 ＝ 11時29分50秒

G弓手星之中天時刻 ＝ 10時33分51秒

計　算

G弓手星	10時	33分	51秒
月亮（I）	11	29	50
時間段		55分	59秒
表 III			9·197
恆星時間段		56	8·197
G弓手星之赤經	18	50	59·000
月亮之赤經	19時	47分	7·197秒
半徑過子午圈之恆星時		1	2·000
月亮中心之赤經	19時	48分	9·197秒（地方恆星時）

查星曆表所得之記錄

七月二十八日

格林維基時刻	月亮之赤經	每分變率
15時	19時 47分 14·8秒	2·2994
16	19 49 32·6	2·2936
	2分 17·8秒	58

19時 48分 09·197秒

19 47 14·800

54·397秒 = 54·397秒 log 1·734776

用內插法求得之每分變率 = 2·298 log 0·361388

1·373388

= 23·626分

= 23分 37·6秒

格林維基民用時 = 15時 23分 37·6秒

α_s + 12時 = 20 21 18·0

表 III 2 31·7

格林維基恆星時 = 35時 47分 27·3秒

地方恆星時 = 19 48 9·197

經度 = 8時 00分 41·897秒

= 120° 10′ 28″ 東

例二: 上略 地點，北平清華園。

觀測之記錄

中華民國二十年六月三日月亮東邊側之中天時刻 = 2時 15分 10秒

中華民國二十年六月二日 β 天秤星之中天時刻 = 10 50 22

計　算

月亮(II)	(24+ 2)時 15分 10秒
β 天秤星	(12+10)時 50 22
時間段	3時 24 48
表 III	(+) 33·5
β 天秤星之赤經	15 13 19·7
半徑過子午圈之恆星時	(−) 1 2·0
月亮中心之赤經	18時 37分 39·2秒 (地方恆星時)

六月二日

格林維基時刻	月亮之赤經	每分變率
18時	18時 37分 23·38秒	2·4863
17時	18 34 54·08	2·4863
	2 29·30	

18時 37分 39·20秒
18 37 23·38
15·82

15·82 ÷ 2·48 = 6分 23秒

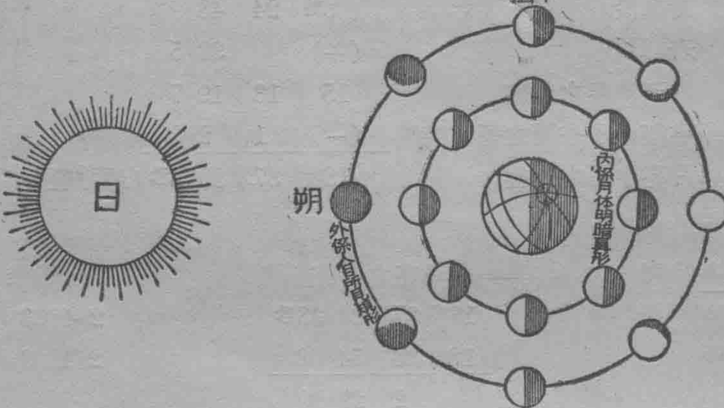
格林維基時	=18時 6分 23秒
a_s + 12時	=16 38 40·73
表 III	3 7·00
格林維基恆星時	=34時 48分 10·73秒 (−24)
地方恆星時	=18 37 39·2
	7時 49分 28·5秒 東

12−5 月象圖說

日系各行星多有較小之星繞之而行，是爲行星之衞星。地球有衞星一，卽月是也。火有衞星二，土木各有九，天王有四，海王有一。月繞地一周僅二十七日有餘。但地又繞日而行，故對太言周，則需二

十九日又半。

日月之行，恆有常度，其初全晦，歷二三日見如蛾眉，再歷四五日則見半輪，再歷七八日，則圓輪畢見。旋又漸漸虧缺，以至於盡。蓋月本無光，賴日之光以爲光，月距日有遠近，故月體有盈虧。當月



四十六圖

在日與地之間，日月同一經度。人在其地面正見其背，故其光晦而爲朔。至離朔七日有奇，距日九十度，人漸見其半面，其光西向，其魄向東，是名上弦。至距日一百八十度，月正與日相對，日月又同一經度，人在地上，適見其面，故其光圓而爲望。至離望七日有奇，距日亦九十度，人又祗見其半面，其光向東，其魄向西，是名下弦。至距日愈近，又介乎日與地之間，其光全晦復爲朔矣。

月之軌跡面與地球軌跡面成 5° 08′ 角度。兩面相切線與春分點作同類之運行，惟其週期僅十有九年而已。故月之最大赤緯不出於23°27′

$+5^\circ 08'$ 至 $23^\circ 27' - 5^\circ 08'$。易言之，卽 $28^\circ 35'$ 至 $18^\circ 19'$ 也。

12－6 無線電信法

二處之經度較，旣等於二處地方時之較，苟知二處同時之地方時，相減則得其經度之差。自無線電盛行以來，各國觀象臺，皆以無線電授時，藉測經度，甚屬易易，無論城鎮航舶，凡在其電浪力所能及之範圍內者，俱可同時收報，與其地方時相比，卽知其經度所差之數。設北平以無線電告十一小時，則先於十時五十五分達H號碼(··· ··· ···)以警告各處，恰至十一小時，則達一點。(卽短聲也)各處得報之後，與其地方時相較，則知其處在北平東或西之經度也。

第十三章
觀測地平經度法

13-1 總論

測定某一線或方向之方位角乃測量學內時遇之實際問題也，其在應用天文學尤為重要。大地測量之三角網站，乃以緯度及經度定置之，故定天體位置之重要一如定方向，惟在一般之地形測量，則方位角之測定為必需者也。

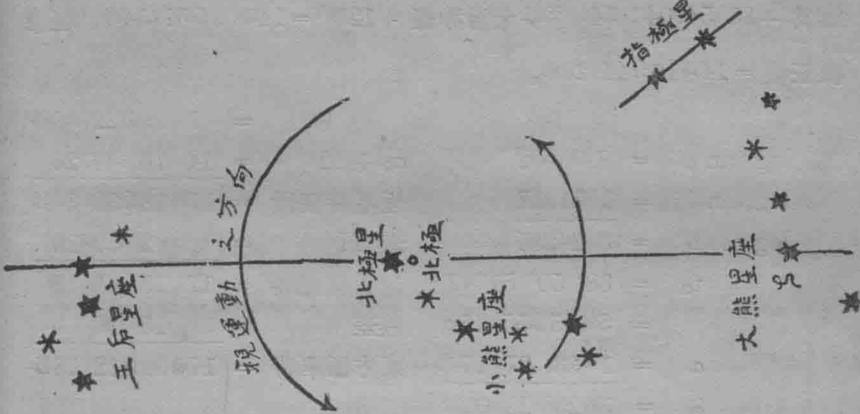
工作時若自由假定一根據線，或以磁針定一南北線，是誠便利，然一旦工作擴張，時日增多，昔日一時之便，行將形成未來莫大之累，故求工作之精密及困難之不生，子午圈之測定乃必需之工作也。

13-2 地平經度誌

觀測工作大部作於夜晚，故應對正之方向常苦無從尋覓；由是地平經度誌之設立乃不可或缺者也。是物不論白晝或深夜均能見及，故其與某一方向間之角度可於白日測之。是物之構造甚簡單，外為木匣，內置電燈，匣側鑿以小孔，俾光得外射。孔之大小乃視乎距離而定，凡作精密之觀測，當勿使其含角大於 $0''.5$ 至 $1''.0$，在可能範圍內；是誌置在較遠為佳，蓋若是望遠鏡對準此誌而移至星時可省重行變更其焦點之煩也。大而強之望遠鏡，其地平經度誌宜置於一哩之外，較小者可改小若干，此乃因環境之不同而異其標準，初無定例也。

13-3 北極星在最大距角之地平經度

最簡單而精密之測子午圈法即觀測在最大距角上之北極星或其他



圖六十五　近北極之星座
北極星在最大偏角

任何近拱極星。(參考 4—3) 作此觀測時之北極諸星座現象如上圖六十五。北極星在北極之西側，指極星在右而王后星座在左。距角之正確時刻，乃先計算距角時之恆星時，復化爲地方民用時，標準時，其方法詳於五章。

計算距角之恆星時須先以公式 (35) 計算時角(t_e)，並將時角以時，分，秒，表之。若所需者爲西距角，t_e 卽時角；東距角之時角則爲 24時$-t_e$。恆星時卽等於時角及赤經。緯度 30° 至 40° 間北極星之平均時角數值約爲 5時56分之恆星時，平時則爲 5時55分。普遍估計距角時刻，此值已甚精確，每年各緯度內雖有差別，然甚微細。近似之北極星距角時角可於本書末附表五內查得之。

例一：

求 1925 年四月二十五日北極星西距角之東方標準時刻，該地緯度爲 42° 22′北，經度爲 71° 06′西，北極星之赤經爲1時33分27·15秒，赤

緯爲 $+88^\circ\,54'\,04''\cdot54$。"平太陽赤經 +12時"=14時09分57·54秒，經度校正後 =14時10分44·26秒。

$\log\tan\phi$	=	9·96002
$\log\tan\delta$	=	1·71717
$\log\cos t_e$	=	8·24285
t_e	=	$88^\circ\,59'\,51''\cdot7$
	=	5時55分55·45秒
α	=	1 33 27·15
S	=	7時29分22·60秒

S	=	7時29分22·60秒
α_s+12	=	14 10 44·26
恆星時間段	=	17時18分38·34秒
表 II	=	2 50·16
地方民用時	=	17 15 48·18
經差		15 36·00
東方標準時	=	17時00分12·18秒

觀測用之中星儀須於事前半小時放置定妥。觀測之星須以縱十字絲平分之，當其行向最大距角時，宜動中星儀上或下板上之微動螺絲追隨之。將近其最大距角時，星現縱的運行，地平經度內遂無顯著之運動。距角前五分鐘左右，板準器宜對準，縱十字絲須對正星影之中心；於是將望遠鏡下轉及地，並於數百尺外打立一樁誌，惟不能擾動望遠鏡之地平經度然後重對星影而再下轉及地，於第一樁側復立一樁。若儀器不甚平準，則兩樁不相合，求兩樁之平均數卽爲眞實點。此線與子午圈間之角度可以下式計算之。

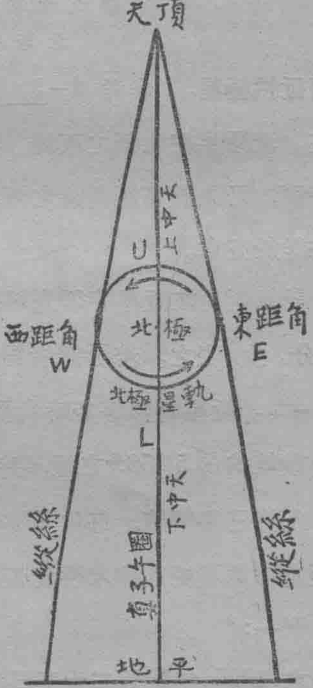


圖 六 十 六

$$\sin Z_N = \sin p \sec \phi \tag{36}$$

Z_N 爲自北方起算之地平經度向東或西轉均可。p 爲星之極距，而 ϕ 則爲當地之緯度。赤緯自 90° 減去之卽等於極距，若查表七亦可，惟有少許誤差。ϕ 之值可查地圖，或直接觀測，其法詳測緯度法。

表六　1931 年至 1935 年北極星距角之地平經度

緯度	1931		1932		1933		1934		1935	
	°	′	°	′	°	′	°	′	°	′
30	1	13·9	1	13·5	1	13·2	1	12·8	1	12·5
31	1	14·6	1	14·3	1	13·9	1	13·6	1	13·2
32	1	15·4	1	15·1	1	14·7	1	14·4	1	14·0
33	1	16·3	1	15·9	1	15·6	1	15·2	1	14·9
34	1	17·2	1	16·8	1	16·4	1	16·1	1	15·7
35	1	18·1	1	17·7	1	17·4	1	17·0	1	16·6
36	1	19·1	1	18·7	1	18·3	1	18·0	1	17·6
37	1	12·0	1	19·7	1	19·4	1	19·0	1	18·6
38	1	21·2	1	20·8	1	20·4	1	20·0	1	19·7
39	1	22·3	1	21·9	1	21·6	1	21·2	1	20·8
40	1	23·5	1	23·1	1	22·7	1	22·3	1	22·0
41	1	24·8	1	24·4	1	24·0	1	23·6	1	23·2
42	1	26·1	1	25·7	1	25·3	1	24·0	1	24·5
43	1	27·5	1	27·1	1	26·7	1	26·3	1	25·8
44	1	29·0	1	28·5	1	28·1	1	27·7	1	27·3
45	1	30·5	1	30·1	1	29·6	1	29·2	1	28·8
46	1	32·1	1	31·7	1	31·2	1	30·8	1	30·4
47	1	33·8	1	33·4	1	32·9	1	32·5	1	32·0
48	1	35·6	1	35·2	1	34·7	1	34·3	1	33·8
49	1	37·5	1	37·1	1	36·6	1	36·1	1	35·7
50	1	39·5	1	39·1	1	38·6	1	38·1	1	37·7

表七　平均北極星極距

年　份	平　均　極　距
1931	1° 03′ 59″·0
1932	1° 03′ 40″·7
1933	1° 03′ 22″·5
1934	1° 03′ 04″·3
1935	1° 02′ 46″·1

上述之法，凡近極恆星均可應用；至於北極星倘可用下列之近似公式

$$Z_N'' = p'' \sec \phi \tag{98}$$

公式內之 Z_N'' 及 p'' 均以弧度之秒表之。此計算之角度 Z_N 可於白日用中星儀之複測法或用卷尺測定之。其所指之方向卽南北眞向也。

普通均不直接測恆星之子午圈而測其在距角時與某一定點間之角度代之。因其在地平經度內變化甚遲緩，故能在其發生誤差之前，作數次複測。緯度四十度處，距角前後之半小時，地平經度之變易約 1′。至於儀器之差誤，若所測之角度均半用正位望遠鏡，半則反之，卽可消去。板準器在開始之前及望遠鏡指向恆星時，均須平準之。

觀　測　大　綱

(一)野外工作前之計算

計算恆星之東或西距角時。

北極星可查表五，其他須以公式計算。

恆星時＝赤經＋時角。

赤經在星曆表內查出。

$t = t_e$（西距角）。

$t = 24^{時} - t_e$（東距角）。

$$\cos t = \tan \phi \cot \delta \tag{35}$$

ϕ 爲當地之緯度。

δ 爲赤緯，在星曆表內查出。

化恆星時爲標準時。

（二）野外觀測工作

將望遠鏡對正星影，動儀器上平面內之微動螺絲追隨之，迄達距角前三分鐘，卽當恆星縱行爲止。

速轉望遠鏡下向及地，並於數百尺外立此視線向之樁誌。

迅速的倒轉望遠鏡而重行對星影，於是復下轉而立樁誌，求兩點之平均數，卽爲是星在距角之方向。

（三）計算工作

查表四，此僅限於北極星，精密數須用公式求之。

$$\sin Z_N = \sin p \sec \phi \tag{36}$$

計算星之地平經度後，於是卽可計算標誌之地平經度。

例一：

應用天文實習

測地平經度

1. 方法：北極星在最大距角之方地平經度法。

2. 目的：定南北子午圈。

3. 日期：中華民國二十一年九月二十日。

4. 地點：清華園。

5. 儀器：工程中星儀五號。

6. 測者：

7. 報告者：

緯度 $\phi = 40^\circ\ 00'$ 北

經度 $\lambda =$ 7時55分34秒

計算恆星東距角之時刻

公式：

$$\cos t = \tan\phi \cot\delta$$

$t =$ 24時 $- t_e$
$=$ 18時03分33·17秒

$$\begin{aligned} \log\tan\phi &= 9{\cdot}92381 \\ \log\cot\delta &= 8{\cdot}26656 \\ \log\cot t_e &= 8{\cdot}19037 \\ t_e &= 89^\circ\ 06'\ 42''{\cdot}5 \\ &= 5\text{時}56\text{分}26{\cdot}83\text{秒} \end{aligned}$$

恆星時 = 18時03分33·17秒 + 1時38分54·70秒
= 19時41分87·87
= 19 42 27·87

東經120° 0時之恆星時	= 23時53分22·00秒		
經度4分26秒之校正	= ·73		
地方恆星時	= 23時53分22·73秒		23 53 22·73
0時以後之恆星時間段		=	19時49分 5·14秒
表 II			− 3 13·16
地方民用時		=	19 45 51·98
經度差			4 26
東120°標準時		=	19時50分17·98秒

計算地平經度

$$\sin Z \quad = \sin p \sec \phi = \frac{\sin p}{\cos \phi}$$

$$\log \sin p = 8{\cdot}26626$$

$$\log \cos \phi = \underline{9{\cdot}88425}$$

$$\log \sin Z = 8{\cdot}38201$$

$$Z = 1^\circ\ 22'\ 51''$$

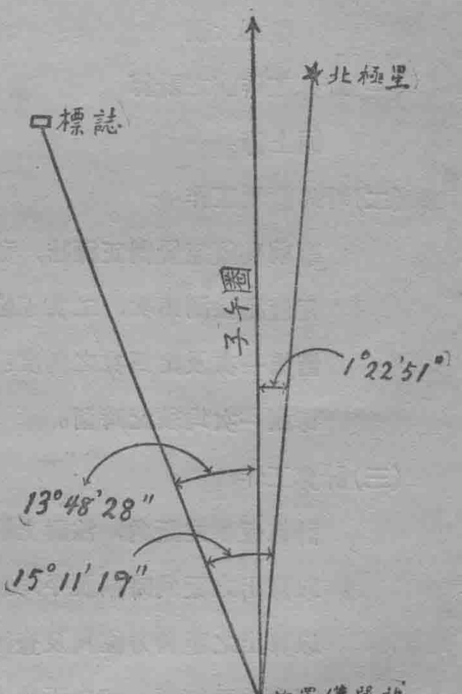
觀測記錄

標誌與恆星間之平面角度

對標誌	角度		
正	00°	00′	
正	15	11	
正	30	22	30
反(二次)	60	45	15
平均	15°	11′	19″

標誌之地平經度

	15°	11′	19″
	1	22	51
	13°	48′	28″
卽西北	13°	48′	28″



13－4　近距角法

凡於北極星及諸近拱極星之距角時刻前後三十分鐘內所測各星之

地平經度均能應用下列公式化爲距角時之地平經度。下列公式是計算校正之數值也。

$$C = 112{\cdot}5 \times 3600 \times \sin 1'' \times \tan Z_e \times (T - T_e)^2 \qquad (99)$$

Z_e 爲最大距角之地平經度，T 爲觀測時之時刻，T_e 爲距角時刻。$T-T_e$ 須以恆星時間表之；此校正數值乃以角度之秒記之。本書末附表六，詳載其值，故普通不必重行計算。

觀測大綱

(一)野外工作前之計算

同上節。

(二)野外觀測工作

事前將望遠鏡對正標誌，刻度對正零度。自標誌至恆星，用複測法測四次，二次正位，二次則反位，但記下之角度僅第一次及第四次之角度。

每測一次均須記時刻。

(三)計算工作

計算恆星之距角，法詳上節。

以算出之距角時刻及平均鐘錶時刻，求 T 之數值。

以算出之距角方位角及查得之 C 值，求相當於平均鐘錶時刻之地平經度。即自距角方位角減 C 值是也。

於是計算標誌之地平經度。

例一：

應用天文實習

測地平經度

1. 方法：近距角法--近西距角。

2. 目的：定地平經度。

8. 日期：中華民國二十一年四月三日。

4. 地點：清華園。

5. 儀器：工程中星儀五號。

6. 測者：

7. 報告者：

緯度 = 40° 00′ 北

經度 = 7時55分34秒

計算恆星西距角之時刻

$$\cos t = \tan\phi \cot\delta$$

$$\begin{aligned}
\log\tan\phi &= 9{\cdot}92381\\
\log\cot\delta &= 8{\cdot}26654\\
\log\cos t &= 8{\cdot}19035\\
t &= 89°\ 06'\ 42''{\cdot}5\\
&= 5\text{時}\ 56\text{分}\ 26{\cdot}83\text{秒}
\end{aligned}$$

t	= 5時 56分 26•83秒	
α	= 1　36　29•80	
恆星時	= 7時 32分 56•63秒	= 7時 32分 56•63秒
東經 120° 0時之恆星	= 12時 43分 07秒	
經度 4分26秒之校正	•73	
地方 0時之恆星時	= 12時 43分 07•73秒	= 12　43　07•73
地方 0時以後之恆星時		= 18時 49分 48•90秒
表 II		= − 2　55•90
地方民用時		= 18　46　53•00
經度差		= 4　26
東 120°標準時		= 18時 51分 19•00秒

計算地平經度

$$\sin Z = \sin p \sec \phi = \frac{\sin p}{\cos \phi}$$

$$\begin{aligned}
\log \sin p &= 8{\cdot}26626 \\
\log \cos \phi &= \underline{9{\cdot}88425} \\
\log \sin Z &= 8{\cdot}38201 \\
Z &= 1^\circ\ 22'\ 51''
\end{aligned}$$

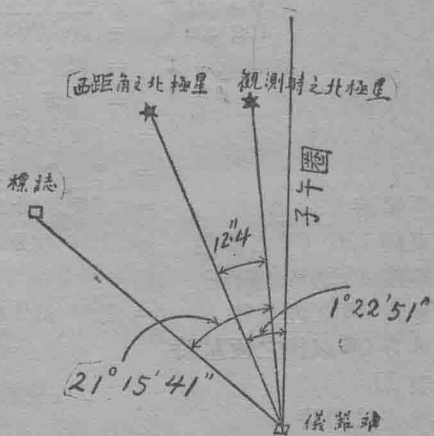
觀測之記錄

次數	平面角度 A	平面角度 B	鐘錶時刻
對標誌	00° 00′	00′ 00″	
1（正位）	21° 16′	16′ 00″	7時 01分 00秒
2（正位）	——	——	7 04 30
1（反位）	——	——	7 08 40
2（反位）	85° 02′ 30″	03′ 00″	7 11 20
平均		21° 15′ 41″	

計　　算

※ 鐘錶時化為~~恆星~~標準時之校正 ＝ ＋ 00分 30秒

~~恆星~~標準時	T	C
7時01分30秒	10分11秒	5″·1
7 05 00	13 41	8″·2
7 09 10	17 51	15 ·4
7 11 50	20 31	20 ·0
		4) 48 ·7
		平均＝12″·4



※ 此項校正省去亦可

標誌之地平經度		
北極星在距角之地平經度	=	1° 22′ 51″
校正		12·4
觀測之地平經度	=	1° 22′ 38·6″
北極星至標誌之角度	=	21° 15′ 41″
		1 22 38·6
		22° 38′ 19·6″
卽西北		22° 38′ 20″ 之地平經度

13－5　南半球內之距角法

上述之法亦可用諸南極附近諸星，惟南極附近 20°內甚少光亮之星，故此觀測非甚簡易，而其結果亦將少欠精確。因極距之增，星在距角之高度亦增，而其日週運動則較迅疾。高度之增，形成觀測不便之困難，儀器誤差之影響隨之而亦倍增。因其運動甚速，故於事前必須知悉距角之時刻，及該時恆星之高度。高度之計算，應用下列公式：

$$\sin h = \frac{\sin \phi}{\sin \delta} = \sin \phi \sec p$$

例一：

1920 年五月三十一日觀測標誌及 α 三角星在東距角間之平均平面角度 =35° 10′ 30″ (標誌在星之東)，星之赤緯 =－68° 53′ 11″，赤經=16時 40分 18·5秒。緯度=－34° 35′ 南，經度=58° 25′ 西。

$\log \tan \phi = 9{\cdot}83849$
$\log \tan \delta = \underline{0{\cdot}41326}$
$\log \cos t_e = 9{\cdot}42523$
$360° - t_e = 74°\ 33'{\cdot}6$
24時$- t_e =$ 4時 58分 14·4秒
$t_e =$ 19　01　45·6
$\alpha =$ <u>16　40　18·5</u>
$S =$ 11時 42分 04·1秒
相當之地方民用時＝ 19時 05分 32·5秒

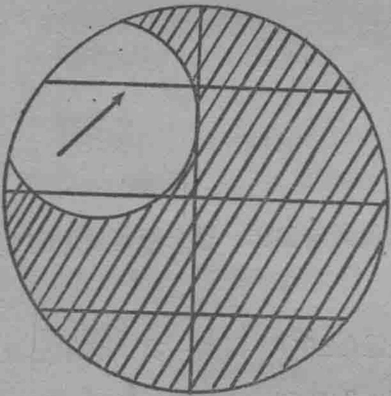
$\log \sin \phi = 9{\cdot}75405$
$\log \sin \delta = \underline{9{\cdot}96982}$
$\log \sin h = 9{\cdot}78423$
$h = 37°\ 28'{\cdot}7$

$\log \cos \delta = 9{\cdot}55657$
$\log \cos \phi = \underline{9{\cdot}91556}$
$\log \sin Z = 9{\cdot}64101$
$Z = 25°\ 56'{\cdot}8$
測出平面角＝ <u>35　10·5</u>
標誌地平經度＝ 61° 07′·3 東南

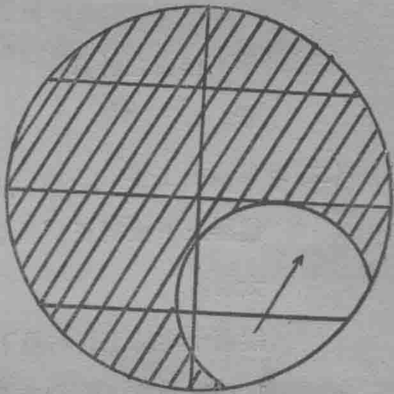
13－6　太陽之高度法

觀測太陽之高度卽能定一線之地平經度。其法將儀器放置於線之一端而平準之，平板遊標對正 0°，縱十字絲對向線之另端標誌，目鏡蓋以有色玻璃，於是鬆上板而轉望遠鏡向太陽。太陽影盤之焦距，須預先對準，務祈清楚。鏡頭對向太陽時最須注意者，勿誤測距絲為中橫絲。若觀測者居北半球，且工作之舉行在上午者，初宜將縱十字絲正切太陽之右側，而橫十字絲割切太陽盤下側一小部，如圖六十七。圖上箭頭係指太陽視運動之方向，因太陽係上升，故數秒鐘內，橫十字絲卽正切其下邊緣，僅動儀器上板上之微動螺絲已能追隨太陽之行動，迄縱橫兩十字絲均正切太陽邊緣時爲止，在此刹那間卽讀記時刻。平面角及縱面角亦同時記取。爲求精確計，同一觀測，可作數次。然後將儀器倒轉，重作上述之觀測，惟有一事須注意，卽橫十字絲須正切上邊緣，縱十字則切割左邊一小部，如圖六十八。觀測之次數須與正

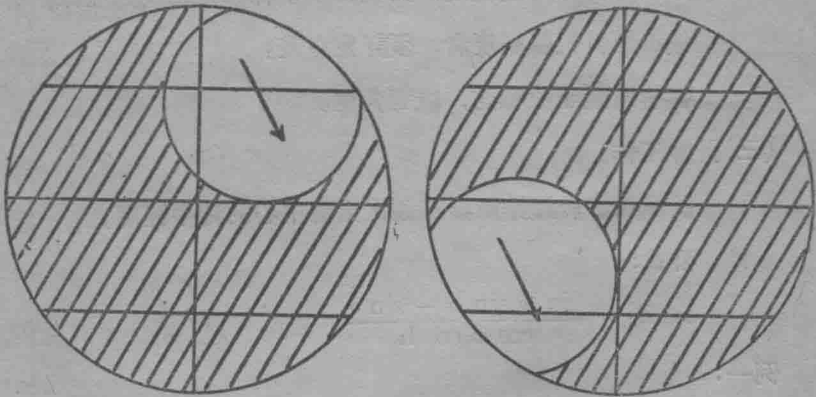
位之次數相同。一切工作已完成後，望遠鏡仍轉至標誌而核對其遊標之讀數。凡僅具縱弧剜度之中星儀，必須訂定其指差。午後之觀測，太陽在鏡頭內之位置如圖六十九。



圖六十七　北半球上午觀測之太陽位置



圖六十八　同左（反位）



圖六十九　午後之位置

計算地平經度時太陽在短時內之曲線軌道均不計及，惟觀測時間特長時則爲例外。正午之曲度大於近卯酉圈之曲度。平均之高度及平

面角度卽相當於鐘錶所指時刻之太陽中心位置。平均高度須校正天文折頓及視差始爲眞實高度。地平經度乃用(22)至(29)任何一公式計算而得。由地平經度及平面角內，可以求出標誌之地平經度。

觀測大綱

(一)野外工作前之計算

無。

(二)野外觀測工作

儀器上下板對正 0°，望遠鏡對向標誌。鬆上板轉望遠鏡至太陽。

縱橫十字絲正切右及下邊緣(上午)，每測一次，必須記錄：1. 平面角度，2. 縱面角度，3. 時刻。

複測則須倒轉望遠鏡，其縱橫十字絲正切上及左邊緣。

儀器僅具縱弧刻度者，須訂定指差。

轉望遠鏡至原標誌，校對角度。

(三)計算工作

計算相當於鐘錶所指時刻之太陽中心的地平經度。

公式：

$$\cos Z_s = \frac{\sin\phi \sin h - \sin\delta}{\cos\phi \cos h} \tag{28}$$

例一：

應用天文實習

1. 方法： 太陽之高度法。

2. 目的： 測定南北子午圈。

3. 日期：中華民國二十一年五月二十九日。

4. 地點：淸華園。

5. 儀器：工程中星儀五號。

6. 測者：

7. 報告者：

緯度　　= 40° 01′ 北

經度　　= 116° 23′ 30″ 東

時錶校正 = － 4秒

觀測記錄

對象	平面角	縱面角	時刻
標誌	0° 00′		下午
	227° 31′	33° 29′	4時 29分 50秒
	228° 00′	33° 03′	4 32 54
	228° 15′	32° 46′	4 34 25
	229° 11′	30° 41′	4 42 32
	229° 35′	30° 30′	4 45 02
	229° 52′	29° 51′	4 46 56
平均	228° 44′	31° 45′	4時 38分 36.5秒

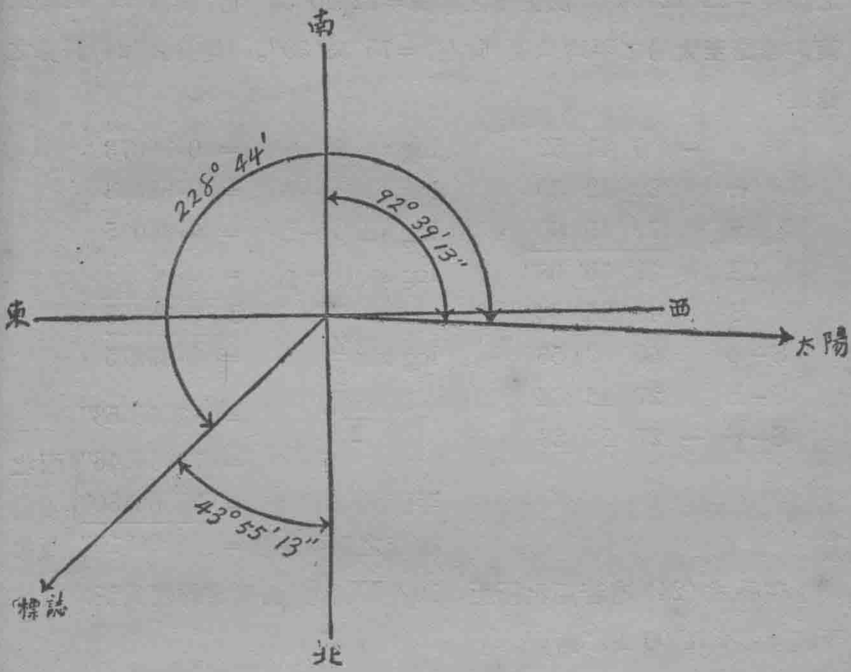
計 算

縱面角(高度)	=	31° 45′	
天文折頓及視差	=	− 1 28·3	
h	=	31° 43′ 31″·7	
時刻	=	4時 38分 36·5秒	
校正	=	− 4·0	
	=	4時 38分 32·5秒	
0時之太陽赤緯	=	21° 30′ 06″	
$16{\cdot}64\times\frac{564''}{24}$	=	6′ 32″	
δ	=	21° 36′ 38″	

應用公式(28)

$$\cos Z_s = \frac{\sin\phi\sin h - \sin\delta}{\cos\phi\cos h}$$

眞 $\sin\delta$	=	·36829	
$\log\sin\phi$	=		9·808218
$\log\sin h$	=		9·720862
$\sin\phi\sin h$	=	·33813 =	9·529080
分子數	=	− ·03016	
log ,,	=		8·479431
$\log\sec\phi$	=		·115852
$\log\sec h$	=		·070286
$\log\cos Z_s$	=		8·665569
Z_s	=	92° 39′ 13″	
		180°	
Z	=	272° 39′ 13″	
平面角	=	228° 44	
標誌之地平經度	=	43° 55′ 13″ 東北	



13－7 南半球內太陽之高度法

在南半球內作此觀測時，稍有不同之點，縱橫絲須與左及下邊緣與右及上邊緣相切，此係就上午作觀測而言，下午則反是，參照下圖七十卽易明悉矣。若無縱橫十字絲而僅有X線，則太陽影放置於任何二對稱位置卽可。

北半球所應用之公式仍能應用，惟須設緯度爲負，或假定ϕ爲正而用南極距代北極距，此係指應用公式(24)而言也。所得之地平經度係自南方起算。

下舉一例，乃用二法並作。1901 年四月二十四日午後測得太陽

之高度$=22°\,12'\,30''$，校正後之赤緯$=12°\,40'\,30''$北；緯度$=0°\,41'\,52''$南，標誌至太陽之平均角度(向左)$=75°\,53'\,30''$。用公式(24)計算之結果：

ϕ	$-\ 0°\ 41'\ 52''$	$\log\sec S$	$=0\cdot18673$
h	$22\ 12\ 30$	$\log\sin(S-\phi)$	$=9\cdot88498$
p	$77\ 19\ 30$	$\log\sin(S-h)$	$=9\cdot66015$
$2S$	$98°\ 50'\ 08''$	$\log\sec(S-p)$	$=0\cdot05369$
S	$49\ 25\ 04$		$2\,)\ 9\cdot78555$
$S-\phi$	$50\ 06\ 56$	$\log\tan\frac{Z}{2}$	$=9\cdot89275$
$S-h$	$27\ 12\ 34$	$\frac{1}{2}Z$	$=37°\ 59'\ 53''$
$S-p$	$-\ 27\ 54\ 26$	Z	$=75°\ 59'\ 46''$ 西北
		平面角	$=75\ 53\ 30$
		標誌之地平經度	$=\ 0°\ 06'\ 16''$ 西北

在公式(24)內若用北極距，$102°\,40'\,30''$而假定緯度爲正，其地平經度爲$104°\,00'\,14''$西南。

應用公式(25)，ϕ爲正數，反δ之號，太陽之地平經度如下：

眞 $\sin\delta$	$=-0\cdot21942$
$\log\sin\phi$	$=\ 8\cdot08558$
$\log\sin h$	$=\ 9\cdot57746$
和	$=\ 7\cdot66304$
眞 $\sin\phi\sin h$	$=\ 0\cdot00460$
分子數	$=\ 0\cdot22402$
log ,,	$=\ 9\cdot35029$
$\log\sec\phi$	$=\ 0\cdot00003$
$\log\sec h$	$=\ 0\cdot03348$
$\log\cos Z_s$	$=\ 9\cdot38380$
Z_s	$=\ 104°\ 00'\ 15''$ 西南
平面角	$=\ 75°\ 53'\ 30''$
標誌之地平經度	$=\ 179°\ 53'\ 45''$ 西南
即	$=\ 0°\ 06'\ 15''$ 西北

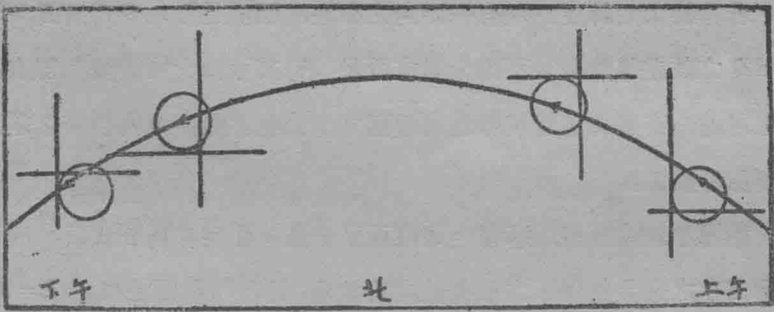


圖　七　十

13－8　最適宜於作精密觀測之地位

細閱球面三角（由北極，天頂及太陽作成）後卽能推知太陽愈近觀測者之子午圈，則用太陽高度所定之地平經度必愈失其精確。在正午則根本不能定。復次，觀測者行近北極時亦漸減其精密度，迄其達北極，則爲不可定數。

自公式求因 h 內誤差在 Z 內所生之影響，可設 h 爲獨立變數而求公式(13)之微分，其結果如下：

$$0=\sin\phi\cos h+\cos\phi\left(-\cos h\sin Z\frac{dZ}{dh}-\cos Z\sin h\right)$$

或 $$\cos\phi\cos h\sin Z\frac{dZ}{dh}=\sin\phi\cos h-\cos\phi\cos Z\sin h$$

$$=\cos\delta\cos S$$

$$\frac{dZ}{dh}=\frac{\cos\delta\cos S}{\cos\phi\cos h\sin Z}$$

$$=\frac{\cos S}{\sin S\cos h}$$

$$=\frac{1}{\cos h\tan S}\qquad(102)$$

若赤緯大於緯度，將有一距角之存在，而於是點，S 角將爲 90°，故 dZ 之誤差等於O。不論太陽或恆星，苟其赤緯大於緯度，即有距角之可能，亦即爲最宜於作精密觀測之地位也。蓋高度內少許之差，初無影響於Z。

赤緯小於緯度時，適宜之地位視乎S及h而定。自公式(15)內可以察出S之最大值與Z之最大值同時並現，即在卯酉圈是也。(Z=90°或 270°)。定h之影響時，須假定兩位置，一在卯酉圈之北，一則在其南，因是兩處之S角相同。故 cos h 最大時，dZ 爲最小，此亦相當於最小之h值，即在卯酉圈向北極之一側是也。精確之位置，可求該式之微分而得之。

地平經度因緯度誤差而生之誤差可求公式(13)之微分而得之。

$$0 = \sin h \cos\phi + \cos h \left(-\cos\phi \sin Z \frac{dZ}{d\phi} - \cos Z \sin\phi\right)$$

或 $$\cos h \cos\phi \sin Z \frac{dZ}{d\phi} = \sin h \cos\phi - \cos h \cos Z \sin\phi$$

$$= \cos\delta \cos t$$

$$\therefore \quad \frac{dZ}{d\phi} = \frac{\cos\delta \cos t}{\cos h \cos\phi \sin Z}$$

$$= \frac{\sin Z \cos t}{\sin t \cos\phi \sin Z}$$

$$= \frac{1}{\tan t \cos\phi} \qquad (103)$$

由此公式內可知凡太陽或恆星行近6－時角(t=90°)，緯度內之誤差甚少影響及Z之數值。

總合上述兩種結果，凡最合於觀測之地位爲6－時角及卯酉圈間

之一部。若行近子午圈，則絕不宜於觀測也。

上述種種，僅就三角情形而論；其他尙有可注意之點，卽地面附近之折頓是也。凡附近地面十度以內氣温及氣壓之變化甚大，故天文折頓之決定頗不易，由此所生之差，恐甚於其他。權上述兩種之利害，往往寧於太陽或恆星行近子午圈時測之。普通之習慣均於上午八時至十時，午後三時五時舉行之。

13－9　恆星近卯酉圈之高度法

此法與上法相似，惟星影須以縱橫十字絲平分，而視差及半徑均爲零數。一日內恆星赤緯之變易甚微，故可以常數視之，觀測之時間復可不記。高度及緯度之誤可以下法消去其一部，卽每作觀測，子午圈兩側之星各選一個而同時觀測之，然後求兩者之平均數。

例一：

應用天文實習

測地平經度

1. 方法：恆星近卯酉圈之高度法。
2. 目的：測定南北子午圈。
3. 日期：中華民國二十年七月十五日。
4. 地點：青島。
5. 儀器：工程中星儀五號。
6. 測者：
7. 報告者：

緯度 = 36° 04′ 17″

α 室女星：赤緯 = −10° 48′ 05″·99

赤經 = 13時21分33·263秒 (西)

(A) 觀測記錄

	平面角	縱面角	時刻 時 分 秒
對標誌	00° 00′		
正	55 26	29° 39′	8 31 31
	54 11	28 49	8 37 02·5
	53 14	28 10	8 41 14·0
反	52 51	27 09	8 47 57·0
	52 21	26 45	8 50 21·0
	51 50	26 21	8 52 46·5
平均 =	53° 18′ 50″	27° 48′ 50″	
	天文折頓	− 1 53·37	
	h	=27° 46 56″·63	

計 算

$$\cos Z_s = \frac{\sin\phi \sin h - \sin\delta}{\cos\phi \cos h}$$

眞 $\sin\delta$	=	− ·18741	
$\log\sin\phi$	=		9·769945
$\log\sin h$	=		9·668492
$\sin\phi\sin h$	=	·27443	9·438437
分子		·46184	
log ,,	=		9·664492
$\log\sec\phi$	=		·092427
$\log\sec h$	=		·053192
$\log\cos Z_s$	=		9·810111
Z_s	=		49° 46′ 22″·4
Z_s	=	49° 46′ 22″·4	
平面角	=	53° 18 50·0	
地平經度	=	103° 05′ 12″·4	

(B) 觀測記錄

α 天鷹星：

赤經 = 19時47分24·975秒 (東)

赤緯 = +8° 41′ 05″·92

	平面角	縱面角	時刻
對標誌	00° 00′		時 分 秒
正	173° 38′	38° 22′	9 2 26
	173 11	38 50	9 4 57
	172 51	39 15	9 7 04
反	170 25	40 37	9 13 46
	169 53	41 00	9 16 30·5
	169 21	41 29	9 18 49
平均 =	171° 33′ 10″	39° 55′ 30″	

天文折曠 − 1 11·72

h = 39° 54′ 18″·28

$$\cos Z_s = \frac{\sin\phi\sin h - \sin\delta}{\cos\phi\cos h}$$

計 算

眞 $\sin\delta$	=	·15100	
$\log\sin\phi$	=		9·769945
$\log\sin h$	=		9·807209
$\sin\phi\sin h$	=	·37771	9·577154
分子	=	·22671	
log ,,	=		9·355471
$\log\sec\phi$	=		·092427
$\log\sec h$	=		·115143
$\log\cos Z_s$	=		9·563041
Z_s	=		68° 33′ 13″·3
平面角	=		171° 33′ 10·0
地平經度	=		102° 59′ 56″·7

地平經度(二) = 102° 59′ 56″·7

地平經度(一) = 103° 05′ 12·4

平均地平經度 = 103° 02′ 34″·5

13－10 拱極星在任何時測角法

此項觀測乃定地平經度之精密方法也。應用此法之困難點，標準時刻不易精確；其便利處，觀測次數可增至無窮，不若觀測距角之地平經度，僅限於短促之數分鐘內。

觀測者須測定標誌及拱極~~[illegible]~~星間之角度，其次數愈多愈佳，初無限制，每一次對向星影之時刻，務必詳記；於是由所測之角度及計算所得相當於平均記錄時刻之恆星地平經度，重算標誌之地平經度。此種觀測之作，如用大儀器，則尚有校正數種，至於較小之工程中星儀可勿注意及此微細之校正。任何近拱極星均能觀測，惟北極星爲其中之最。

將記錄之時刻平均之，於是化爲恆星時，其法詳於前，其公式如次：

恆星時＝赤經＋時角

地平經度之計算，則用公式(32)，

$$\tan Z_n = \frac{\sin t}{\cos\phi \tan\delta - \sin\phi \cos t}$$

若分子及分母均以 $\cos\phi \tan\delta$ 除之，

$$\tan Z_n = -\frac{\cot\delta \sec\phi \sin t}{1 - \cot\delta \tan\phi \cos t} \qquad (104)$$

若以 a 代 $\cot\delta \tan\phi \cos t$，

$$\tan Z_n = -\cot\delta \sec\phi \sin t \frac{1}{1-a} \qquad (105)$$

所需之地平經度如不必十分精確，可用下列公式：

$$Z = p \sin t \sec h \qquad (106)$$

Z 及 p 均以角度之秒或分記之。

13－11　曲度校正

若相當於平均記錄時刻之恆星地平經度已算出，欲求各時角全部地平經度之平均數，則須加以曲度校正。普通均以下式計此校正。

$$\tan Z_n \frac{1}{n} \Sigma \frac{2 \sin^2 \frac{\tau}{2}}{\sin 1''} \qquad (107)$$

式內 n 爲指向之次數，τ 爲每一觀測時刻與一組平均時之差，常以恆星時記之。此項校正之符號常爲負數，即永減星與北極間之角度是也。本書附表 X 即

$$\frac{2 \sin^2 \frac{\tau}{2}}{\sin 1''}$$ 之數值。

曲度校正亦可以下式計之，

$$-\tan Z_0 \,[0{\cdot}2930]\, \frac{1}{n} \Sigma (T-T_0)^2 \qquad (107\,a)$$

方括弧內之數值爲對數；$\Sigma(T-T_0)^2$ 爲以分(恆星時)記之時間段平方之和。若 Z_0 係根據平均記錄時刻計算而得，則此校正須自 Z_0 減去之。時間段以秒記數時，其對數如下：[6·73672]。恆星行近子午圈時，曲度校正甚小，近距角則最大。

13－12　水準校正

儀器之橫軸傾斜度須以跨水準測定。設 w 及 e 爲汽泡在水準某一位置內東西兩端之刻度讀數，而 w′ 及 e′ 爲水準倒轉後之讀數，其校正如下：

$$= \frac{d}{4}\left\{(w+w')-(e+e')\right\} \tan h \qquad (108)$$

此係指刻度自中間起數而分向兩端。

$$或\quad =\frac{d}{4}\left\{(w-w')+(e+e')\right\}\tan h \tag{109}$$

此係指刻度僅向一端而行。在此公式內凡有 ′ 符號之字母，指示讀數乃取於水準 0 在西之時。d 爲水準分格之角度值，h 爲星之高度。

若標誌不在平面以內，同一校正加於標誌之讀數惟普通均不用。

應用此校正時須注意下列之事實，橫軸之西端太高時，儀器指向恆星時必離西而向左側。若標誌在星之西，此項校正須加諸所測之角度。至於標誌之地平經度，則當減此校正。

13－13 周日星行差

此校正之生乃由於地球之自轉，凡求精確之地平經度，必須應用之。其公式如下：

$$0''\cdot 32\cos\phi\cos Z_n\sec h \tag{110}$$

$\cos\phi$ 與 $\sec h$ 之乘積，凡近拱極星，均幾等於一單位，而 $\cos Z$ 亦幾近一單位，故此項校正幾等於 $0''\cdot 32$。因星之運行向東，故對於恆星地平經度之校正爲正號。

觀測大綱

(一)野外工作前之計算

無。

(二)野外工作

應用複測法，作二組以上之觀測，卽測標誌與恆星間之角度，並卽記錄每一次之時刻。觀測時之望遠鏡，宜半用正

位，半用反位。

(三)計算工作

計算平均記錄時刻內恆星之時角。

時角＝恆星時－赤經

時計之標準時刻須化爲恆星時。

赤經在星曆表內查出。

計算平均記錄時刻之恆星地平經度。

$$\tan Z_n - \frac{\sin t}{\tan \delta \cos \phi - \sin \phi \cos t}$$

計算標誌之地平經度。

例一：

應用天文學實習

測地平經度

1.方法：拱極星在任何時測角法。

2.目的：定南北子午圈。

3.日期：中華民國十四年十一月四日。

4.地點：華盛頓街，Iowa 城，美國。

5.儀器：工程中星儀。

6.測者：

7.報告者：

經度 ＝ 91° 31′ 30″ 西

緯度 ＝ 41° 40′ 北

觀 測 記 錄

	A遊標	B遊標	平均	時 分 秒
對標誌	00° 00′ 00″	00′ 00″	00′ 00″	
1 正	8 06 30			10 29 00 (下午)
2				10 31 40
3	24 22 30			10 33 32
1 反				10 36 19
2				10 38 07
3	48 52 30	52 30	52 30	10 39 52
		6) 48	52 30	6) 60 28 30
		8°	08′ 45″	10 34 45
			時計校正	+ 44
				10時35分29秒

計 算 時 角

中原標準時(90° 西)	10時 35分 29秒
地方民用時(91°31′30″ 西)	22 29 23
表 III	3 41·7
地方民用時 0時以後之恆星時	= 22 33 04·7

格林維基 0時之恆星時 = 2時 49分 55·2秒

經度校正 1 00·1

地方民用時 0時之恆星時 = 2 50 55·3

恆星時 25時 24分 00·0秒

時角 = 25時24分00·0秒 − 1時36分08·6秒
= 23時47分51·4秒 = 356° 57′ 51″

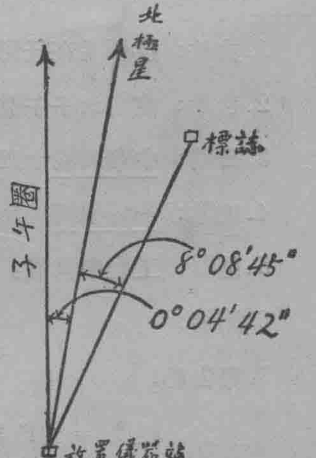
計算地平經度

log tan δ	88° 54′ 45″	1·721651
log cos φ	44° 40′ 00″	9·873335
log tan δ cos φ	39·345	1·594986
log sin φ	41° 40′ 00″	9·822688
log cos t	356° 57′ 51″	9·999390
log sin φ cos t	0·664	9·822078
lag 分母	38·690	1·587599
log sin t	356° 57′ 51″	8·723952
log tan Z	0° 04′ 42″	$\bar{7}$·136353

標誌之地平經度

8° 08′ 45″
0 04 42
8° 13′ 27″

即 8° 13′ 27″ 東北



例二:

1908 年觀測 α 獅子星，時爲正月十一日。

緯度 = 42° 21′

高度	時刻
17° 05′	7時 12分 16秒
17 31	14 31
17 49	16 07
18 02	17 20

α 獅子星之赤經爲 10時03分29秒，赤緯 = +12° 24′ 57″，相當於平均時刻(7時15分03·5秒)之恆星時爲 4時53分42·7秒。

觀測北極星至標誌之角度

(標誌位於東北)

	平面角度	時刻
1 正	00° 00′	7時 20分 38秒
		23 00
3 正	201 48	23 56
	67 16	7時 22分 31·3秒
1 反	00 00	7 27 09
		28 17
3 反	201 54	29 21
平均 =	67° 18′	7時 28分 15·7秒

7時20分38秒 北極星之高度	=	43° 03′
7 29 21 北極星之高度	=	43 01
平均時刻	=	7時 25分 23·5秒
相當之恆星時	=	5 04 04·4
北極星之赤緯	=	1 25 32·3
北極星之時角	=	3 38 32·1
t	=	54° 38′

p	=	4351
log p	=	3·62849
log sin t	=	9·91141
log sec h	=	0·13611
log 地平經度	=	3·67601
地平經度	=	4743″
	=	1° 19′·0
平均角度	=	67° 17′
標誌地平經度	=	65° 58′·0

公式:

$Z = p \sin t \sec h$

各種校正均未計及。

例三： 時間觀測記錄 （記時錶快 10分22·1秒）

北極星－記時錶	＝ 12時09分31·5秒	高度 ＝	41° 15′ 40″
ε 烏鴉星－記時錶	＝ 12 13 37·5	高度 ＝	25 34 00
北極星－赤經	＝ 1時25分51·1秒	赤緯 ＝	88° 49′ 24″·8
ε 烏鴉星－赤經	＝ 12 5 30·5	赤緯 ＝	－22 07 21·0

	記時錶	赤經	赤緯
α 巨蛇（東）	12時24分15·7秒	15時39分51·6秒	6° 42′ 20″·7
ε 長蛇（西）	12 18 32·0	8 42 00·5	6 44 58·9

（緯度＝42° 21′ 00″； 經度＝4時44分18·0秒）

地平經度觀測記錄 （1910 年五月十六日，波士頓）

（儀器置於子午圈標誌之南端）

（水準一刻度＝15″·0）

對象	鏡頭位置	複測次數	記時錶	平面角 A遊標	平面角 B遊標	水準讀數及角度
北極星			11時24分35.0秒	0°00′ 00″	00″	西 東 7.0 3.9 5.8 5.1 12.8 9.0 9.0 3.8 校正＝12″.5
	正		27 15.0			
			28 31.5			
			30 00.0			
			31 20.5			
			32 27.0			11時34分20.5秒 北極星之高度＝41°20′ 30″
標誌		6		39°33′ 30″	30″	11時51分04秒 北極星之高度＝41°18′ 04″ 平均平面角度＝66°35′ 35″.0
北極星			11 42 45.5	39°33′ 30″	30″	西 東 5.1 5.8 3.3 7.6 8.4 13.4 8.4 5.0 校正＝16″.5
	反		42 09.0			
			45 15.0			
			46 29.5			
			47 25.0			
			48 54.5			平均平面角度＝66°28′ 59″.2
標誌		6		78°27′ 30″	20″	12時09分31.5秒 北極星之高度＝41°15′ 40″

計算地平經度

觀測時刻之平均數	=	11時	37分	25·6秒
記時錶校正		−	10	22·1
恆星時		11	27	03·5
北極星之赤經		1	25	51·1
北極星之赤緯		10	01	12·4
t	=	150°	18′	06″

$\log\cos\phi$	=	9·868670
$\log\tan\delta$	=	1·687490
$\log\cos\phi\tan\delta$	=	1·556160
$\cos\phi\tan\delta$	=	35·9882
$\log\sin\phi$	=	9·82844
$\log\cos t$	=	9·93884
$\log\sin\phi\cos t$	=	9·76728
$\sin\phi\cos t$	=	·5852
分子	=	36·5734
$\log\sin t$	=	9·694985
log 分子	=	1·563165
$\log\tan Z$	=	8·131820

Z	=	0°	46′	34″·2
曲度校正	=			2·1
星之地平經度	=	0°	46′	32″·1
測量之角度(一)		66	35	35·0
水準校正			−	12·5
正確之角度		66°	35′	22″·5
測量之角度(二)		66°	28′	59″·2
水準校正				16·5
正確之角度		66°	29′	15″·7
標誌在星之東		66	32	19·1
標誌在東北		65°	45′	47″·0

例四：

觀測記錄 (複測法)

(1898 年六月六日，地點：Alabama，恆星爲北極星)

(水平一度刻＝2″·67)

對象	記時錶	位置	複測次數	水平讀數		平面角度讀數					角度
				西	東	°	′	A ″	B ″	平均	
標誌		正	0			178	03	22·5	20	21·2	
恆星	14時46分30秒		1	4·5	10·7						
				9·2	5·9						
	49 08		2								
	52 51	正	3	9·6	5·6						
				5·2	10·0						
	56 10	反	4	11·3	4·0						
				7·8	7·4						
第五組	14 59 12		5								
	15 01 55	反	6	8·7	6·6	100	16	20	20	20	72° 57′ 50″·2
				11·9	3·4						
	14 54 17·7			68·2	53·6						
				+	14·6						
恆星	15 04 44	反	1	11·9	3·4						
				8·5	6·8						
	07 18		2								
	09 54	反	3	7·9	7·3						
				11·2	4·1						
第六組	14 15	正	4	9·0	6·1						
				5·9	9·6						
	16 14		5								
	15 18 24		6	5·9	9·6						
標誌		正		9·1	6·2	177	27	00	00	00	72° 51′ 46″·7
	15 11 48·2			69·4	53·1						
				+	16·3						

計算地平經度　($\phi = 33^\circ 13' 40''\cdot 33$)

	六月六日　五日	六月六日　六日
1898 年記時錶讀數	14 54 17·7	15 11 48·2
記時錶校正	− 31·1	− 31·1
恆星時	14 53 46·6	15 11 17·1
北極星赤經	1 21 20·3	1 21 20·3
北極星時角(t)	13 32 26·3	13 49 56·8
北極星時角(弧度)	203° 06′ 34″·5	207° 29′ 12″·0
北極星赤緯	88 45 46·9	
log cot δ	8·33430	8·33430
log tan φ	9·81629	9·81629
log cos t	$9\cdot 96367_n$	$9\cdot 96367_n$
log a	$8\cdot 11426_n$	$8\cdot 09857_n$
log cot δ	8·334305	8·334305
log sec φ	0·077535	0·077535
log sin t	$9\cdot 593830_n$	$9\cdot 664211_n$
$\log \frac{1}{1-a}$	9·994387	9·994584
log (− tan A)	8·000057	8·070635
A＝北極星至北方之地平經度	0° 34′ 22″·8	0° 40′ 26″·8
τ 及 $\frac{2\sin^2\frac{1}{2}\tau}{\sin 1''}$	7分 47·7秒 119″·3	7分 04·2秒 98″·1
	5 09·7 52·3	4 30·2 39·8
	1 26·7 4·1	1 54·2 7·1
	1 52·3 6·9	2 26·8 11·8
	4 54·3 47·2	4 25·8 38·5
	7 37·3 114·0	6 35·8 85·4
和	343·8	280·7
均平	57·3	46·8
$\log \frac{1}{n} \frac{2\sin^2\frac{1}{2}\tau}{\sin 1''}$	1·758	1·670
log 曲度校正	9·758	9·741
曲度校正	− 0·6	− 0·6
北極星高度 (h)	32° 07′	
$\frac{d}{4}\tan h$	0·419	0·419
傾斜度	+ 3·6	+ 4·1
水準校正	− 1″·5	− 1″·7
角度(恆星至標誌)	72 57 50·2	72 51 46·7
正確之角度	72 57 48·7	72 51 45·0
恆星之正確地平經度	0 34 22·2	0 40 26·2
標誌之地平經度(東北)	73 32 10·9	73 32 11·2
	180 00 00·0	180 00 00·0
標誌之地平經度(自南方而順轉)	253 32 10·9	253 32 11·2

13–14 北極星中天法

此法能直接測定子午圈，其法係觀測北極星與 δ 仙后星或 ζ 大熊星同在一縱面之時刻。在此時刻內用望遠鏡對向北極星，然後復待若干時刻，此時刻之長短，視時日而異，記時錶均詳載，迄時間已達，北極星適行入子午圈，於是重以望遠鏡對正而下轉鏡頭及地，俾立樁誌。

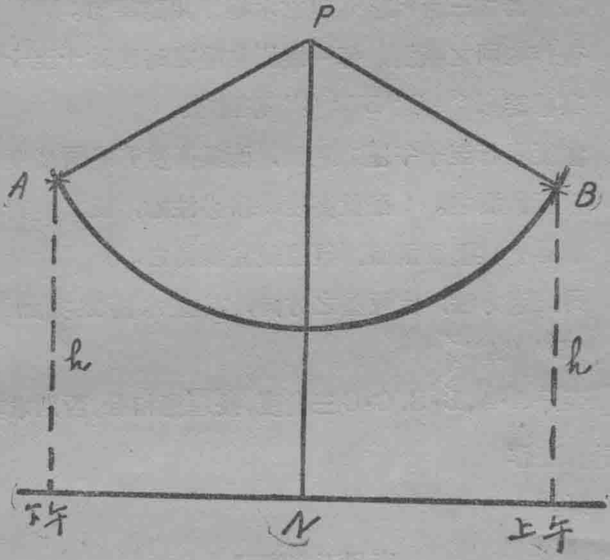
某一恆星正位於北極星之上或下至北極星達子午圈之時間段可如下法計算之。圖七十一內 P 爲北極，P′ 爲北極星，S 爲其他恆星（δ 仙后星）而 Z 爲天頂。當 S 正垂眞位於 P′ 下時 ZP′S 爲地平經圈卽縱圈是也。需求之角爲北極星之時角 ZPP′。PP′ 及 PS 爲已知之兩恆星極距；P′PS 爲赤經差。P′PS 三角形內 P′ 角因之可解。自 180° 內減去此值卽得角度 ZP′P 之值。PP′ 已知，PZ 爲觀測者之餘緯度。故三角形 ZP′P 內之 ZPP′ 角又得解矣。自 180° 或12時內減去 ZPP′ 卽爲觀測兩星間必須經過之恆星時。SPP′ 角及 PP′ 邊均甚小，故普通公式均可簡化之，卽以弧度代正弦，對於其結果無巨大之關係。其法甚簡，似無詳述之必要也。

圖七十一

13–15 恆星之同高度法

觀測某一恆星在子午圈東西之同高度卽能定眞實之子午圈。此法之特點，可以不需一切星曆表及星座表册等等，其不便利處，卽時間較

長也。在南半球測量，此法最爲適用，蓋南極附近，甚少光明之星。所選之恆星宜近於子午圈，即相距約3時至4時，而於6時或8時以後仍能見及，其高度宜適於觀測。北半球內β仙后星較爲合宜。下圖七十二A點爲晚上第一次觀測之恆星位置，B爲第二次之位置。每一次觀測恆



圖七十二

星之方向後，即須於地上立標誌。求經儀器站而平分APB角之直線即子午圈也。若另用其他固定之標誌代臨時之樁誌，更稱便利而合宜。苟接續測數次不同之高度，而求諸平面角之平均數，精確程度將隨之而增。應用此法後，指差自消，因兩次觀測，高度仍相同；天文折頓亦然。

觀測大綱

(一)觀測工作前之計算

無。

(二)野外觀測工作

在縱圈上配置恆星之高度，須甚正確。以縱橫十字絲平分恆星，并動平面內之微動螺絲追隨之，迄其達十字絲交點爲止。

在儀器之三百尺以外建立木樁，用誌星向。

複作相同之觀測，每一觀測相隔之時間約十至十五分鐘，其樁誌以“A”“B”“C”等別之。

當恆星行至子午圈之別側，而其高度亦達同高度時，於是重行觀測之。（配置高度時務必注意，使其絕對相同）若儀器有縱圈刻劃盤，望遠鏡宜倒轉之。

同上述方法，定恆星之方向，其立木樁之次如下：“C”“B”“A”。

平分A•A, B•B, C•C三角度，按理應相合，否則求其平均數。

(三)計算工作

無。

例一： 應用天文實習

測子午圈

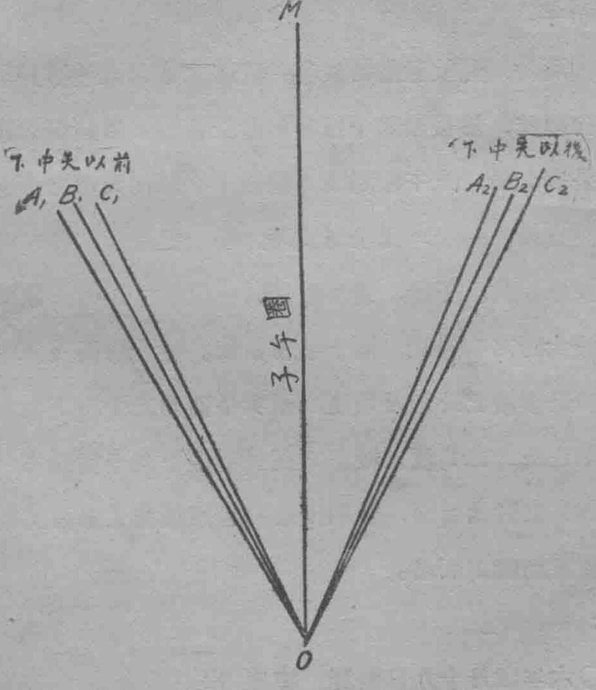
1. 方法：恆星之同高度法。
2. 目的：定子午圈。
3. 日期：中華民國六年四月一日。
4. 地點：美洲，Iowa 城。
5. 儀器：工程中星儀。
6. 測者：
7. 報告者：

觀測記錄

對向	視高度	第一次時刻	第二次時刻
A	20° 00′	7時 55分 (下午)	3時 10分 (上午)
B	19 00	8 07	2 58
C	18 00	8 20	2 45

角度	單	雙	(L) 雙÷2	L÷2	
$A_1 \odot A_2$	53° 30′ 00″	106° 59′ 30″	53° 29′ 45″	26° 44′ 52″	$= A_1 \odot M_A$
$B_1 \odot B_2$	50 54 00	101 47 30	50 53 45	25 26 52	$= B_1 \odot M_B$
$C_1 \odot C_2$	48 05 30	96 05 30	48 05 30	24 02 45	$= C_1 \odot M_C$

M 爲 M_A, M_B 及 M_C之平均直線



13－16 太陽在午前午後之同高度法

此種觀測乃測量午前太陽行至某高度時與標誌間之角度，於是復於午後待太陽行至與午前同高度時重行測太陽與標誌間之平面角。在此兩次觀測之間，太陽赤緯有相當之變化，故兩角之平均數尚非子午圈與標誌間之眞角度，另需相當之校正。子午圈南端與太陽二角之平均數間之角度爲：

$$\text{校正}=\frac{d}{\cos\phi\sin t} \tag{111}$$

d 爲赤緯時差乘兩次觀測間之小時數積，ϕ 爲緯度， t 爲時角，卽經過時間之折半。

作此觀測時，先放置儀器於某一直線之端，而遊標則對正 0°，縱十字絲對向標誌，然後緊固下板盤而鬆上板盤。目鏡裝以護目之有色玻璃，於是對太陽，上午觀測時，將橫十字絲切太陽之下邊緣，縱十字絲則切左邊緣，一切均完全無誤時，卽讀記時刻，務求精密，同時幷記高度及平面角。午後，儀器置於同一位置，作同一觀測，惟縱十字絲須切於太陽之右邊緣，橫十字絲如前。待太陽高度確等於上午之高度時，於是復讀記時刻及角度，兩次平面角之平均，再加以校正，卽爲標誌至正南方之角度，校正之正負號依下列事實而定，太陽向北行，其所處之位置爲西南，否則反是。若連續測太陽高度數次，其結果之精確程度將隨之而增。

例一：

一九〇六年四月十九日觀測，緯度 42° 18′ 北。

	上午觀測		下午觀測
對標誌	$00^\circ\ 00'$		$00^\circ\ 00'$
下及左邊緣 高度	$24^\circ\ 58'$	下及右邊緣 高度	$24^\circ\ 58'$
時角	$357^\circ\ 14'\ 15''$	時角	$162^\circ\ 28'\ 00$
時間	7時19分30秒	時間	4時12分15秒

經過時刻之折半 = 4時26分22秒

$t = 66^\circ\ 35'\ 30''$　　　赤緯增加 $= 52'' \times 4$時$\cdot 44$分

$\log \sin t = 9\cdot96270$　　　$= 230''\cdot9$

$\log \cos \phi = \underline{9\cdot86902}$

$9\cdot83172$　　　平均角度 $= 79^\circ\ 51'\ 08''$

$\log 230''\cdot9 = \underline{2\cdot36342}$　　　校正 $= \underline{\quad 5\ \ 40}$

$2\cdot53170$　　　眞角度 $= 79^\circ\ 45'\ 28''$ 東南

校正 $= 340\cdot2$　　　地平經度 $= 280^\circ\ 14'\ 32''$

13-17 太陽近正午法

若地方視時已知或可計算時太陽近正午之地平經度可以公式(30)定之。凡經度及鐘錶校正已知後，地方視時之計算甚爲易易。欲於日中求地平經度此法爲最便。暑天之太陽甚高，故不甚便利，若其高度小於五十度則無任何不便矣。計算地平經度之公式如下：

$$\sin Z = \sin t \sec h \cos \delta \tag{12}$$

凡經度及時間不甚正確，則絕不宜於應用此法，蓋其在 Z 內所生之影響甚大故也。

例一：

緯度 $= 42^\circ\ 41'$　　　經度 = 4時 44分 18秒 西

1910 年二月五日

	平面角	縱角		時刻
對標誌	0° 00′			(30秒快)
下及左邊緣	29 01	31° 49′		11時43分22秒
上及右邊緣	28 39	31 16		11 44 20
平均	28 50′	31° 32′·5		11 43 51
	天文折頓	1·6	校正	− 30
	h	=31 30·9	東方標準時	=11 43 21
				15 42
			地方平時	11 59 03
			時差	14 09·1
			地方視時	=11 44 53·9
			t	= 15 06·1
				= 3° 46′·5
δ	=−16° 02′ 32″·2		log sin t	= 8·81847
			log cos δ	= 9·98275
時差 =	14分9·07秒		log sec h	= 0·06930
			log sin Z	= 8·87052
			Z	= 4° 15′·4
			平面角	= 28° 50′
			地平經度	= 33° 05′·4 東南
				=326° 54′·6

13−18 正午之太陽法

此法之應用有相當之限制，即鐘錶準率須正確達 1秒以內，而太陽之赤緯又不能過高。開始觀測以前，地方視正午之時刻必須算出。若能於此時將縱十字絲指向太陽中心，透視線即位於子午圈內矣。顧事實不易實行，故地平之南方至標誌之角度均以下法求之。置A遊標於0°，對向標誌，緊固下止動，鬆上止動，午前十秒鐘，使縱十字絲稍位

於太陽影盤西邊綠之前。迄太陽經縱十字絲，即記取時刻，及遊標讀數。於是重置遊標，使透視線幾近於子午圈，然後重作類似之觀測，苟能迅速作第三次之觀測則更佳。

平均兩次之時刻卽等於太陽中心之時刻，此數可用下法審核，當縱橫十字絲平分太陽時亦讀記時刻一次，以之比較，可知其大概。由已知之平面角及鐘錶時刻可計太陽每秒鐘在地平經度內之運動。由第二次之鐘錶時刻及視正午時刻，計算第二次遊標讀數之校正，最後可得子午圈之角度。此法之精確與否乃視乎鐘錶之準率及經度是否精確而定。冬天應用較佳於夏季，因夏季之太陽較高也。

例一：

一九二五年正月一日，緯度 42° 22′，經度 71° 05″·6 西，透視線對向標誌時，A 遊標對正 0°；於是重置於右方之 42° 40′，而觀測太陽東西邊經縱十字絲之時刻爲 11時36分39秒 及 11時39分01秒。重移遊標至 45° 04′·5 處，其經過時刻爲 11時48分08秒 及 11時50分31秒，鐘錶慢 13秒，求標誌之眞地平經度。

地方視正午	12時	00分	00秒
時差		3	40·8
地方民用時	12	03	40·8
經度差		15	37·6
東方標準時	11	48	03·2
錶慢			13
時計上之視正午時刻	11時	47分	50 2秒

第一至第二次間之時刻	=	9分 30·5秒	570·5秒
第二次至正午	=		29·7
遊標讀數差	=	2° 24′·5	144′·5

第二次讀數 ($45°\ 04'{\cdot}5$) 之校正 (x)，用內插法求之

$$x : 144{\cdot}5 = 29{\cdot}7 : 570{\cdot}5$$

$$x = 7'{\cdot}5$$

子午圈之遊標讀數 $= 45°\ 04'{\cdot}5 + 7'{\cdot}5 = 45°\ 12'$

標誌地平經度 $= 45°\ 12'$ 東南

13－19　子午線之會聚

測量內各點間之角度均須根據子午線而定，惟各地常因經度之差，子午圈遂有顯著之會聚現象。赤道上之子午圈均爲平行，經度之差初無關係；北極上之會聚相同於經度差。由事實之證明，會聚常等於經度差與緯度之正弦的乘積。若兩地之緯度不同，應取其中數，本書末附表七載其值。

凡表內未載之數，可以下法求之。設距離 66,500 呎，緯度 40，先求 6000 之角度而十倍之，然後再加以 5000 之角度的十分之一，其結果爲 $549''{\cdot}3$。

例一：

設第一站至第二站之地平經度爲 $82°\ 15'\ 20''$(緯度 $40°$)，測量工作向西南進行，迄第二十一站，自此站至次站(二十站)之地平經度爲 $269°\ 10'\ 00''$。而第二十一站位於第一站之南 3100 呎，西 15,690 呎，故第二十一站至第二十站對於第一站子午圈之方向，應加以會聚之校正，應得 $269°\ 12'\ 09''{\cdot}7$。第一站及第二十一站之地平經度站爲 $6°\ 56'\ 49''{\cdot}7$。

第十四章

航海天文學

14-1 總論

船行海洋必須知方向及其所處之位置，否則未有不顚覆者也；故航海天文學之重要，甚於其他；東西各國均有專書。本書以地位及時間之限制，勢不能詳論，故僅作簡單之敍述而已。

定船身位置之方法與原理均同於以前各章所論及者，唯一之差別卽應用之儀器也，陸上可用中星儀及人造地平等，至於在船上可用之儀器僅六分儀一而已矣。其測量之角爲海平面至天體之角，故尙須加以海平俯角之校正。

在海洋定緯度

14-2 太陽之午時高度法

測量太陽下邊緣在午時之高度，其法盡同於10-2節。觀測之開始須於午時前若干分鐘而迄其達最高度，連續測其高度。凡測海平面以上之高度時，觀測者宜將太陽影下移，迄其下邊緣與橫線相切爲止。於是稍傾斜六分儀，而繞望遠鏡作左右之轉動；由是太陽影子描成一弧，若太陽下邊緣降落於橫線上任何一點之下，則所測之高度過大，指臂必須重行移動，迄太陽下邊緣達弧之最低點時而仍在橫線之上爲止，如圖七十三。下舉一例，卽此法之說明也。

例一：

觀測太陽下邊緣之高度爲 69° 21′ 30″，在北方，指差 = −1′ 10″。眼之高度 = 18 呎；太陽之赤緯 = +9° 00′ 26″北；近似緯度及經度 = 11° 30′ 南及 15° 00′ 西。應用公式(1)可計算緯度。若太陽在北，天頂距爲南，其理可反。天頂距及赤緯均爲北或南時則相加，否則相減，緯度之南北以其兩數之大者而定。

觀測之高度	69° 21′ 30″		表46	+ 11′ 28″
校正	+ 10 18		指差	− 1 10
眞高度	69° 31′ 48″			+ 10′ 18″
天頂距	20 28 12 南			
赤　緯	9 00 26			
緯　度	11° 27′ 46″ 北			

註：表 46 乃包含海平俯角，天文折頓，視差，半徑四項校正。此表須於航海書內查考。

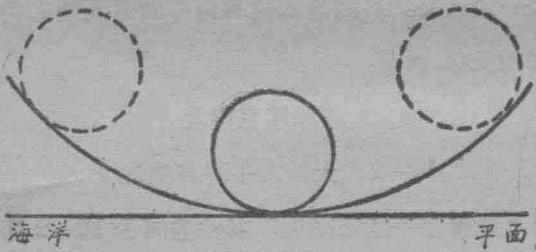


圖　七　十　三

14−3　非子午高度法

有時因限於某種事實，不能測午時太陽之高度，若時間已知，則測近午之高度亦能由之求緯度也。觀測時間距午時若不過二十五分鐘，其所需之校正自航海書表 26 及 27 內可查出；時間較長，應用公式(30_a)。

（註：航海書係指美國 Bowditch 所著的）

例一：

一九二五年一月一日向南觀測太陽之高度爲 $26^\circ 10' 30''$，記時錶時刻 15時30分10秒，記時錶快 15秒。眼之高度 = 18 呎，指差 = $0''$，赤緯 = $-23^\circ 00'\cdot 8$，時差爲 $-$3分39·3秒，由航海測算之緯度爲 $40^\circ 40'$ 北，經度爲 $50^\circ 02' 30''$。

記時錶	15時30分10秒
校　正	$-$　　15
格林維基民用時	15　29　55
時　差	$-$　3　39.3
格林維基視時	15　26　15.7
經　度	3　20　10
地方視時	12時06分05.7秒

表46	$+10' 19''$
指差	00
校正	$=10' 19''$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{表} & 26 \\ \text{緯度} & 41^\circ \\ \text{赤緯} & -23 \end{array}\right\} a = 1''.5$$

觀測高度	$26^\circ 10' 30''$
校　正	10　19
眞高度	26　20　49
at^2 =	54
h =	26　21　43
天頂距 =	63　38　17
赤　緯 =	23　00　48
緯　度 =	$40^\circ 37' 29''$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{表} & 27 \\ a & = 1''.5 \\ t & = 6.1\text{分} \end{array}\right\} at^2 = 54''$$

在海洋定經度

14−4　格林維基時與太陽高度法

測太陽之高度，計算地方時，於是以之與記格林維基時刻之記時錶比較，即可得經度也。惟上述記時錶之誤差必須知悉，而其每日得失率亦必訂定。關於時刻之誤差，可以無線電放送之時間信號核對之。解太陽時角之三角，船身之緯度，太陽之赤緯及高度均須預知，緯度以上節方法訂定，惟須加以校正，即自測緯度至測經度間之時間段內之變化。此謂之“航海測算”，因其不甚精確，故觀測之作，宜待太陽行至卯酉圈爲佳，公式則用(17)。

凡恆星及行星均可引用上法。

例一：　1925 年八月八日觀測太陽下邊緣之高度爲 32° 06′ 30″，時間爲 20時37分40秒(下午)，記時錶校正 −1分30秒，指差 +1′00′，眼之高度 12 呎。"航海測算"之緯度 44° 47′北，太陽格林維基時 20時內之赤緯爲 +16° 07′·9；每時變率 −0′·7。時差 −5分33·1秒(在 20時)，每時變率 +0·3秒。

計　　算

記時錶	20時 37分 40秒	赤緯	+16° 07′·9
校正	1　30	−0·7×0·6	−　·4
格林維基民用時	20　36　10	赤緯	16° 07′·5
時差	−　5　32·9		
格林維基視時	20時 30分 37·1秒	時差(20時)	−　5分33·1秒
		+0·3×0·6	+　·2
		時差	−　5　32·9

緯度	44° 47′	log sec	0·14888		
高度	32° 18′ 30″	log csc	0·01743	觀測高度	32° 06′ 30″
極距	73° 52′ 30″	log cos	9·83520	指差	+ 1′ 00
	2)150　58	log hav t	9·40060	表46	11　00
和之半	75° 29′			眞高度	=32° 18′ 30″

和之半 − 高度 = 43° 10′ 30″

t	4時 00分 48·7秒	(Bowditch 表 45)
地方視時	16　00　48·7	
格林維基視時	20　30　37·1	
經度	= 4時 29分 48·4秒	
	= 67° 27′·1 西	

在海洋定地平經度

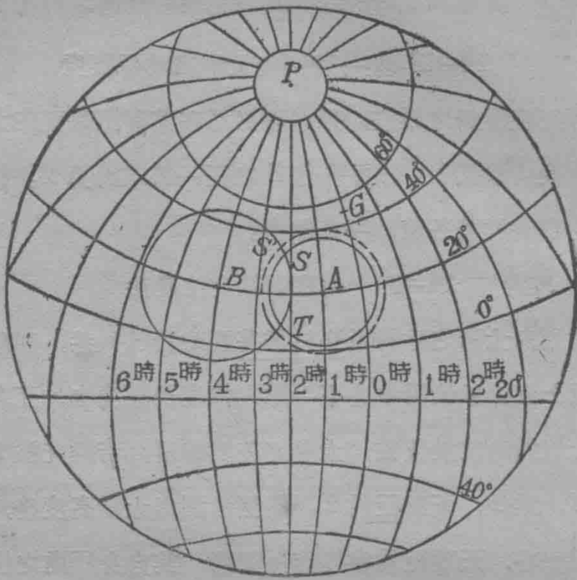
14-5　某一時刻內太陽之地平經度

如欲訂正羅盤針之誤差，則必需知悉在某觀測時刻內太陽之地平經度。t，ϕ 及 δ 求出後，即可用有 Z 之任一公式計算 Z。惟事實不必計算，另有專書詳載各値，一查卽得。

14-6　用塞滿線定位置法

某一時刻內太陽之赤緯及格林維基視時若已知悉，則此二座標卽係地球表面上直位於太陽中心下一點之緯度及經度也，而名該點爲副太陽點。若觀測者位於該點，太陽必在其頭頂；若離此點 1°，太陽之天頂距爲 1°，離 2°，天頂距爲 2°。觀測者測出太陽高度後，卽可以副太陽點爲圓中心，天頂距爲半徑作一圓圈，其自身所處之位置卽在圓周之上。其法先於球體上藉圓中心之座標，定出其所在，然後用兩脚規分定天頂距，最後作圓圈。觀測者必在此圓周上，因地球表面凡太陽高度相同之各點均位於此同一圓周也。故名爲位置圓，此圓之一部則謂爲塞滿線。

設格林維基視時 1時，太陽天頂距爲 20°，赤緯爲北 20°。"副太陽點"爲A，如圖七十四，觀測者必在以半徑 20°繞 A 心所作之圓周上。事後待格林維基視時 4時，重行觀測太陽，其天頂距爲 30°，觀測者又必位於以半徑 30° 繞 B 心所作之圓周上。若船之位置未嘗變易，則觀測者定在 S 或 T 點之上。實際上因距離甚大，也頗易決定何點爲是。太陽之方位亦能指示該點在圓周之何部。設作第一次觀測後，船身已有變動，則其所走之路程必須計入。假定船離太陽而前行，約 60 哩或

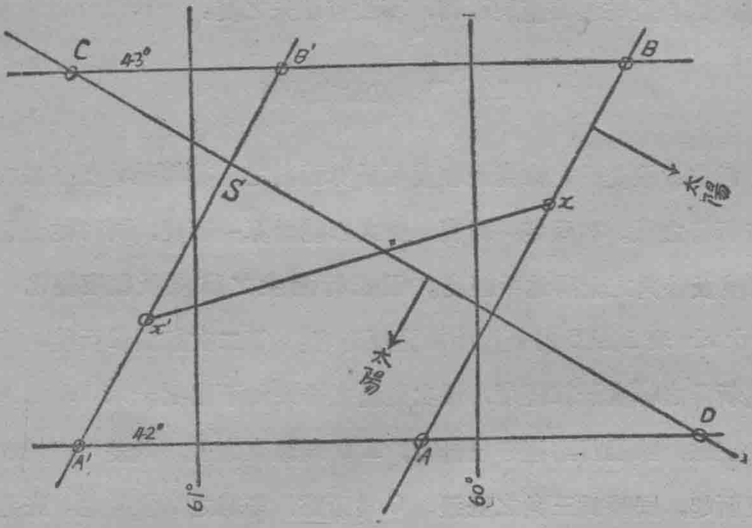


圖七十四

1°，若第一次觀測作於船身行入第二位置時，A點仍舊，惟半徑爲21°，即圖上之虛線圓周是也。船身在第二次觀測內之眞位置爲S′。若船旣不離亦不向太陽而行，則僅須計算半徑之增損而已。

此係塞滿之定船位置之原理也。顧事實鮮有用上圖七十四定位置，蓋半徑甚短，不便於應用。普通均僅用圓周上甚短之一部，因是其曲度亦不計，而逕視作一直線矣。因欲在海圖上作塞滿線，須假定二種緯度，眞緯度適在其間；由此已知之赤緯，高度及時刻卽能計算二種經度。兩點在位置線上之座標旣已得出，故卽可畫於圖上。約幾小時後，用同一方法作同一觀測及兩點間之直線。由船行而生之半徑變易，僅須移動第一位置線卽能補償，惟移動之方向須與船行方向相同，而

又須平行於原線，其移動之距離等於船行路程。下圖七十五AB線乃



圖七十五

上午九時觀測所得之位置線，假定之緯度爲 42° 及 43°。第二觀測作於午後二時。在此時間內船向西南 75° 行 67′ (每 1′ 等於 6080·2 呎)。爲作行程於圖上計，故AB線上任一點如 x 須向前移動，其方向當爲西南 75°，距離則爲 67′。於是第一觀測之新位置線爲 A′B′。下午之位置線亦位於同一緯度上，即CD直線是也。交點S爲第二觀測時船身之位置。因太陽之方位常與塞滿線之方位成直角，故知一緯度及一經度亦能作塞滿線。假定之緯度及經度作出後，經過其點而於太陽方向之垂直向內作一直線，即爲塞滿線，船身必在此線之上。此法應用較廣，以其有較大之便利也；蓋即作一次觀測亦能利用之沿一近似直線定出船之位置。設第一位置線得出後，知其經某危險點，於是航海者雖不

知其距離，然其方向已明悉，故得及早謀避免之途。反之，如爲欲達之點，則自是舵工亦應舵而轉，不致有疏失之虞。

14-7 位置之計算

兩位置線交點之緯度及經度可計算而得之，其精確程度亦甚於查圖表所得之數。初假定一緯度，由之卽能計算一經度，同時從表册查同緯度及時角之太陽地平經度。因船行而生之緯度及經度變化，自 Bowditch 表 1 及 2 內查得而加諸原有者。第二次觀測舉行後，卽以上述新得之緯度計算經度，兩次觀測之結果如下圖七十六。A′爲A點之校正點，卽船行路程亦已計及，A′B 爲經度之差，此差乃由於誤選緯度而起，同時爲三角之底邊，C 爲頂點，卽船之眞位置也。底邊角 A′及B相同於兩次觀測時太陽之方位角。自 C 作一直線垂直於 A′B 線，於是得二直三角形。從之得下列之關係：

$$\mathrm{Bd} = \mathrm{Cd}\cot Z_2$$

$$\mathrm{A'd} = \mathrm{Cd}\cot Z_1$$

或

$$\triangle p_2 = \triangle\phi\cot Z_2$$

$$\triangle p_1 = \triangle\phi\cot Z_1$$

$\triangle\phi$ 爲緯度誤差，$\triangle p$ 爲經距差。因欲化 Bd 及 A′d 爲經度差($\triangle\lambda$)，故須引用一因數 $\sec\phi$，

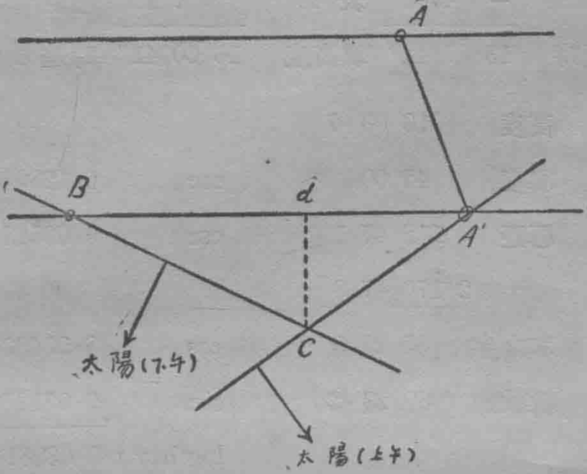
$$\left.\begin{aligned}\triangle\lambda_2 &= \triangle\phi\sec\phi\cot Z_2\\ \triangle\lambda_1 &= \triangle\phi\sec\phi\cot Z_1\end{aligned}\right\}\qquad(107)$$

$\triangle\phi$ 之係數名爲經度因數，可自 Bowditch 表 47 查得。求緯度校正

$\triangle\phi$ 時，$A'B = \triangle\lambda_1 + \triangle\lambda_2$ 爲已知數，因數 $\sec\phi\cot Z$ 算出或查表均可，故

$$\triangle\phi = \frac{A'B}{\sec\phi\cot Z_1 + \sec\phi\cot Z_2} \tag{108}$$

$\triangle\phi$ 求得後，乃應用公式 (107) 計算 $\triangle\lambda_1$ 及 $\triangle\lambda_2$。



圖七十六

若所有之觀測一作於上午，一作於下午，則分母爲諸因數之和，否則爲差。欲求良佳結果，二地平經度差不能小於30°。凡角度較小者，計算而得之位置較圖表爲精確。觀測得出之經度，其精確程度均視乎記時錶而定也。

例一：　用塞滿線法定船位

一九一〇年正月四日格林維基13時12分33秒，觀測太陽高度爲15°53′30″，指差 =0″，眼之高度 =36 呎緯度 42°北。格林維基 18時05分31秒，

重測太陽高度爲 17° 33′ 30″。指差＝0″，眼之高度＝36 呎，船行方向爲西北 89°，所走路程爲 45 哩。

第一次觀測

格林維基民用時	13時12分33秒	觀測高度	15° 53′ 30″	赤緯	−22° 47′ 04″
時差	− 4 51	表 46	7 11	極距	112 47 04
格林維基視時	13時07分42秒	眞高度	16° 00′ 41″	時差	4 51·2

高度	16° 00′·7		
緯度	42 00	sec	0·12893
極距	112 47·1	csc	0·03528
	2)170 47·8		
和之半	85 23·9	cos	8·90433
餘數	69 23′·2	sin	9·97127
		log hav t	9·03981
	t		2時 34分 40秒

太陽地平經度 36° 48′ 東南，地方視時　9　25　20

格林維基視時　13　07　42

經度 ＝ 3時 42分 22秒

＝ 55° 35′ 30″ 西

緯度	42° 00′	北	經度	55° 35′·5	西
行程	0·8	北	行程	1 00·7	西
正確緯度 ＝	42° 00′·8		正確經度 ＝	56° 36′·2	西

第二次觀測

格林維基民用時	18時05分31秒	觀測高度	17° 33′ 30″	赤緯	−22 45 50
時差	− 4 56·8	表46	7 31	極距	112 45 50
格林維基視時	18時00分35·2秒	眞高度	17 41 01	時差	4 56·8

高度	17° 41′·0		
緯度	42 00·8	sec	0·12902
極距	112 45·8	csc	0·03522
	)172 27·6		
和之半	96 13·8	cos	8·81790
餘數	68° 32′·8	sin	9·96882
		log hav t	8·95096

太陽方位 33° 30′ 西南　　t = 2時 19分 07秒

地平經度因數 2003　　地方視時　14 19 07

格林維基視時　18 00 35

經度 = 3時 41分 28秒

= 55° 22′

正確經度　56° 36′·2　　$19'\cdot4 \times 1\cdot80 = 34'\cdot9$ 第一次經度校正

第二經度　55 22　　$19'\cdot4 \times 2\cdot03 = 39\cdot3$ 第二次經度校正

相差　1° 14′·2 = 74′·2

第一次經度	56° 36′·2	第二次經度	55° 22′
校正	34·9	校正	39·3
	56° 01′·3		56° 01′·3

$\dfrac{74'\cdot2}{1\cdot80 + 2\cdot03} = 19'\cdot4$ 緯度校正

∴ 緯度 = 42° 20′·2 北　　經度 = 56° 01′·3 西

附錄

表一 平均天文折頓

視高度	天文折頓	視高度	天文折頓	視高度	天文折頓	視高度	天文折頓
0° 00′	33′ 51″	10° 00′	5′ 13″	20° 00′	2′ 36″	35° 00′	1′ 21″
30	28 11	30	4 59	30	2 32	36 00	1 18
1 00	23 51	11 00	4 46	21 00	2 28	37 00	1 16
30	20 33	30	4 34	30	2 24	38 00	1 13
2 00	17 55	12 00	4 22	22 00	2 20	40 00	1 08
30	15 49	30	4 12	30	2 17	42 00	1 03
3 00	14 07	13 00	4 02	23 00	2 14	44 00	0 59
30	12 42	30	3 54	30	2 11	46 00	55
4 00	11 31	14 00	3 45	24 00	2 08	48 00	51
30	10 32	30	3 37	30	2 05	50 00	48
5 00	9 40	15 00	3 30	25 00	2 02	52 00	45
30	8 56	30	3 23	26 00	1 57	54 00	41
6 00	8 19	16 00	3 17	27 00	1 52	56 00	38
30	7 45	30	3 10	28 00	1 47	58 00	36
7 00	7 15	17 00	3 05	29 00	1 43	60 00	33
30	6 49	30	2 59	30 00	1 39	65 00	27
8 00	6 26	18 00	2 54	31 00	1 35	70 00	21
30	6 05	30	2 49	32 00	1 31	75 00	15
9 00	5 46	19 00	2 44	33 00	1 28	80 00	10
30	5 29	30	2 40	34 00	1 24	85 00	05
10 00	5 13	20 00	2 36	35 00	1 21	90 00	00

氣壓 29·5 英吋　　氣温 50° 攝氏

表二　化恆星時爲平時表

平時=恆星時−C′

時		分				秒			
恆星時	平　時	恆星時	平　時	恆星時	平　時	恆星時	平　時	恆星時	平　時
時	時 分 秒	分	分 秒	分	分 秒	秒	秒	秒	秒
1	0 59 50.1704	1	0 59.8362	31	30 54.9214	1	0.9973	31	30.9154
2	1 59 40.3409	2	1 59.6723	32	31 54.7576	2	1.9945	32	31.9126
3	2 59 30.5113	3	2 59.5085	33	32 54.5937	3	2.9618	33	32.9099
4	3 59 20.6818	4	3 59.3447	34	33 54.4299	4	3.9891	34	33.9072
5	4 59 10.8522	5	4 59.1809	35	34 54.2661	5	4.9863	35	34.9044
6	5 59 01.0226	6	5 59.0170	36	35 54.1023	6	5.9836	36	35.9017
7	6 58 51.1931	7	6 58.8532	37	36 53.9384	7	6.9809	37	36.8990
8	7 58 41.3635	8	7 58.6894	38	37 53.7746	8	7.9782	38	37.8962
9	8 58 31.5340	9	8 58.5256	39	38 53.6108	9	8.9754	39	38.8935
10	9 58 21.7044	10	9 58.3617	40	39 53.4470	10	9.9727	40	39.8908
11	10 58 11.8748	11	10 58.1979	41	40 53.2831	11	10.9700	41	40.8881
12	11 58 02.0453	12	11 58.0341	42	41 53.1193	12	11.9672	42	41.8853
13	12 57 52.2157	13	12 57.8703	43	42 52.9555	13	12.9645	43	42.8826
14	13 57 42.3861	14	13 57.7064	44	43 52.7917	14	13.9618	44	43.8799
15	14 57 32.5566	15	14 57.5426	45	44 52.6278	15	14.9590	45	44.8771
16	15 57 22.7270	16	15 57.3788	46	45 52.4640	16	15.9563	46	45.8744
17	16 57 12.8975	17	16 57.2150	47	46 52.3002	17	16.9536	47	46.8717
18	17 57 03.0679	18	17 57.0511	48	47 52.1364	18	17.9509	48	47.8689
19	18 56 53.2383	19	18 56.8873	49	48 51.9725	19	18.9481	49	48.8662
20	19 56 43.4088	20	19 56.7235	50	49 51.8087	20	19.9454	50	49.8635
21	20 56 33.5792	21	20 56.5597	51	50 51.6449	21	20.9427	51	50.8607
22	21 56 23.7497	22	21 56.3958	52	51 51.4810	22	21.9399	52	51.8580
23	22 56 13.9201	23	22 56.2320	53	52 51.3172	23	22.9372	53	52.8553
24	23 56 04.0905	24	23 56.0682	54	53 51.1534	24	23.9345	54	53.8526
		25	24 55.9043	55	54 50.9896	25	24.9317	55	54.8498
		26	25 55.7405	56	55 50.8257	26	25.9290	56	55.8471
		27	26 55.5767	57	56 50.6619	27	26.9263	57	56.8444
		28	27 55.4129	58	57 50.4981	28	27.9235	58	57.8416
		29	28 55.2490	59	58 50.3343	29	28.9208	59	58.8389
		30	29 55.0852	60	59 50.1704	30	29.9181	60	59.8362

表二　化恆星時爲平時表

秒之小數									
恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時
秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒
0.01	0.00997	0.21	0.20943	0.41	0.40888	0.61	0.60833	0.81	0.80779
0.02	0.01995	0.22	0.21940	0.42	0.41885	0.62	0.61831	0.82	0.81776
0.03	0.02992	0.23	0.22937	0.43	0.42883	0.63	0.62828	0.83	0.82773
0.04	0.03989	0.24	0.23934	0.44	0.43880	0.64	0.63825	0.84	0.83771
0.05	0.04986	0.25	0.24932	0.45	0.44877	0.65	0.64823	0.85	0.84768
0.06	0.05984	0.26	0.25929	0.46	0.45874	0.66	0.65820	0.86	0.85765
0.07	0.06981	0.27	0.26926	0.47	0.46872	0.67	0.66817	0.87	0.86762
0.08	0.07978	0.28	0.27924	0.48	0.47869	0.68	0.67814	0.88	0.87760
0.09	0.08975	0.29	0.28921	0.49	0.48866	0.69	0.68812	0.89	0.88757
0.10	0.09973	0.30	0.29918	0.50	0.49863	0.70	0.69809	0.90	0.89754
0.11	0.10970	0.31	0.30915	0.51	0.50861	0.71	0.70806	0.91	0.90752
0.12	0.11967	0.32	0.31913	0.52	0.51858	0.72	0.71803	0.92	0.91749
0.13	0.12965	0.33	0.32910	0.53	0.52855	0.73	0.72801	0.93	0.92746
0.14	0.13962	0.34	0.33907	0.54	0.53853	0.74	0.73798	0.94	0.93743
0.15	0.14959	0.35	0.34904	0.55	0.54850	0.75	0.74795	0.95	0.94741
0.16	0.15956	0.36	0.35902	0.56	0.55847	0.76	0.75792	0.96	0.95738
0.17	0.16954	0.37	0.36899	0.57	0.56844	0.77	0.76790	0.97	0.96735
0.18	0.17951	0.38	0.37896	0.58	0.57842	0.78	0.77787	0.98	0.97732
0.19	0.18948	0.39	0.38894	0.59	0.58839	0.79	0.78784	0.99	0.98730
0.20	0.19945	0.40	0.39891	0.60	0.59836	0.80	0.79782	1.00	0.99727

表三　化平時爲恆星時表

平時＋C＝恆星時

時		分				秒			
平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時
時	時 分 秒	分	分 秒	分	分 秒	秒	秒	秒	秒
1	1 0 9.8565	1	1 0.1643	31	31 5.0925	1	1.0027	31	31.0849
2	2 0 19.7129	2	2 0.3285	32	32 5.2568	2	2.0055	32	32.0876
3	3 0 29.5694	3	3 0.4928	33	33 5.4211	3	3.0082	33	33.0904
4	4 0 39.4259	4	4 0.6571	34	34 5.5853	4	4.0110	34	34.0931
5	5 0 49.2824	5	5 0.8214	35	35 5.7496	5	5.0137	35	35.0958
6	6 0 59.1388	6	6 0.9856	36	36 5.9139	6	6.0164	36	36.0986
7	7 1 8.9953	7	7 1.1499	37	37 6.0782	7	7.0192	37	37.1013
8	8 1 18.8518	8	8 1.3142	38	38 6.2424	8	8.0219	38	38.1040
9	9 1 28.7083	9	9 1.4785	39	39 6.4067	9	9.0246	39	39.1068
10	10 1 38.5647	10	10 1.6427	40	40 6.5710	10	10.0274	40	40.1095
11	11 1 48.4212	11	11 1.8070	41	41 6.7353	11	11.0301	41	41.1123
12	12 1 58.2777	12	12 1.9713	42	42 6.8995	12	12.0329	42	42.1150
13	13 2 8.1342	13	13 2.1356	43	43 7.0638	13	13.0356	43	43.1177
14	14 2 17.9906	14	14 2.2998	44	44 7.2281	14	14.0383	44	44.1205
15	15 2 27.8471	15	15 2.4641	45	45 7.3924	15	15.0411	45	45.1232
16	16 2 37.7036	16	16 2.6284	46	46 7.5566	16	16.0438	46	46.1259
17	17 2 47.5600	17	17 2.7927	47	47 7.7209	17	17.0465	47	47.1287
18	18 2 57.4165	18	18 2.9569	48	48 7.8852	18	18.0493	48	48.1314
19	19 3 7.2730	19	19 3.1212	49	49 8.0495	19	19.0520	49	49.1342
20	20 3 17.1295	20	20 3.2855	50	50 8.2137	20	20.0548	50	50.1369
21	21 3 26.9859	21	21 3.4498	51	51 8.3780	21	21.0575	51	51.1396
22	22 3 36.8424	22	22 3.6140	52	52 8.5423	22	22.0602	52	52.1424
23	23 3 46.6989	23	23 3.7783	53	53 8.7066	23	23.0630	53	53.1451
24	24 3 56.5554	24	24 3.9426	54	54 8.8708	24	24.0657	54	54.1478
		25	25 4.1069	55	55 9.0351	25	25.0684	55	55.1506
		26	26 4.2711	56	56 9.1994	26	26.0712	56	56.1533
		27	27 4.4354	57	57 9.3636	27	27.0739	57	57.1561
		28	28 4.5997	58	58 9.5279	28	28.0767	58	58.1588
		29	29 4.7640	59	59 9.6922	29	29.0794	59	59.1615
		30	30 4.9282	60	60 9.8565	30	30.0821	60	60 1643

表三　化平時爲恆星時表

秒之小數									
平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時
秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒
0.01	0.01003	0.21	0.21057	0.41	0.41112	0.61	0.61167	0.81	0.81222
0.02	0.02005	0.22	0.22060	0.42	0.42115	0.62	0.62170	0.82	0.82225
0.03	0.03008	0.23	0.23063	0.43	0.43118	0.63	0.63172	0.83	0.83227
0.04	0.04011	0.24	0.24066	0.44	0.44120	0.64	0.64175	0.84	0.84230
0.05	0.05014	0.25	0.25068	0.45	0.45123	0.65	0.65178	0.85	0.85233
0.06	0.06016	0.26	0.26071	0.46	0.46126	0.66	0.66181	0.86	0.86235
0.07	0.07019	0.27	0.27074	0.47	0.47129	0.67	0.67183	0.87	0.87238
0.08	0.08022	0.28	0.28077	0.48	0.48131	0.68	0.68186	0.88	0.88241
0.09	0.09025	0.29	0.29079	0.49	0.49134	0.69	0.69189	0.89	0.89244
0.10	0.10027	0.30	0.30082	0.50	0.50137	0.70	0.70192	0.90	0.90246
0.11	0.11030	0.31	0.31085	0.51	0.51140	0.71	0.71194	0.91	0.91249
0.12	0.12033	0.32	0.32088	0.52	0.52142	0.72	0.72197	0.92	0.92252
0.13	0.13036	0.33	0.33090	0.53	0.53145	0.73	0.73200	0.93	0.93255
0.14	0.14038	0.34	0.34093	0.54	0.54148	0.74	0.74203	0.94	0.94257
0.15	0.15041	0.35	0.35096	0.55	0.55151	0.75	0.75205	0.95	0.95260
0.16	0.16044	0.36	0.36099	0.56	0.56153	0.76	0.76208	0.96	0.96263
0.17	0.17047	0.37	0.37101	0.57	0.57156	0.77	0.77211	0.97	0.97266
0.18	0.18049	0.38	0.38104	0.58	0.58159	0.78	0.78214	0.98	0.98268
0.19	0.19052	0.39	0.39107	0.59	0.59162	0.79	0.79216	0.99	0.99271
0.20	0.20055	0.40	0.40110	0.60	0.60164	0.80	0.80219	1.00	1.00274

表四　視差——半徑——海平俯角

(A) 太陽之視差

太陽高度	太陽視差
0°	9″
10	9
20	8
30	8
40	7
50	6
60	4
70	3
80	2
90	0

(B) 太陽之半徑

日期	半徑
正月 1	16′ 18″
二月 1	16 16
三月 1	16 10
四月 1	16 02
五月 1	15 54
六月 1	15 48
七月 1	15 46
八月 1	15 47
九月 1	15 53
十月 1	16 01
十一月 1	16 09
十二月 1	16 15

(C) 海平俯角

眼之高度	海平俯角
1呎	0′ 59″
2	1 23
3	1 42
4	1 58
5	2 11
6	2 24
7	2 36
8	2 46
9	2 56
10	3 06
11	3 15
12	3 24
13	3 32
14	3 40
15	3 48
16	3 55
17	4 02
18	4 09
19	4 16
20	4 23
21	4 29
22	4 36
23	4 42
24	4 48
25	4 54
26	5 00
27	5 06
28	5 11
29	5 17
30	5 22
35	5 48
40	6 12
45	6 36
50	6 56
55	7 16
60	7 35
65	7 54
70	8 12
75	8 29
80	8 46
85	9 02
90	9 18
95	9 33
100	9 48

表五 一九二六年北極星上中天之地方民用時

(經度 90° 西)

1926 年	上中天(民用時)	每日變率	1926 年	上中天(民用時)	每日變率
	時 分 秒	分 秒		時 分 秒	分 秒
正月 1	18 51 29	−3 57	七月 10	6 24 11	−3 55
正月 11	18 11 59	3 57	七月 20	5 45 03	3 55
正月 21	17 32 28	3 57	七月 30	5 05 55	3 55
正月 31	16 52 58	3 57	八月 9	4 26 46	3 55
二月 10	16 13 28	3 57	八月 19	3 47 37	3 55
二月 20	15 33 58	3 57	八月 29	3 08 27	3 55
三月 2	14 54 30	3 57	九月 8	2 29 16	3 55
三月 12	14 15 04	3 57	九月 18	1 50 04	3 55
三月 22	13 35 40	3 56	九月 28	1 10 50	3 55
四月 1	12 56 17	3 56	十月 8	0 31 35	3 56
四月 11	12 16 57	3 56	十月 17	23 52 18	3 56
四月 21	11 37 39	3 56	十月 27	23 12 59	3 56
五月 1	10 58 23	3 55	十一月 6	22 33 39	3 56
五月 11	10 19 09	3 55	十一月 16	21 54 17	3 56
五月 21	9 39 56	3 55	十一月 26	21 14 52	3 57
五月 31	9 00 45	3 55	十二月 6	20 35 26	3 57
六月 10	8 21 35	3 55	十二月 16	19 55 58	3 57
六月 20	7 42 26	3 55	十二月 26	19 16 30	3 57
六月 30	7 03 19	3 55	正月 5(1927)	18 37 00	3 57

(a)上中天與距角間之平時間段

緯度	時間段	緯度	時間段	緯度	時間段	緯度	時間段
°	時 分	°	時 分	°	時 分	°	時 分
10	5 58·2	35	5 56·0	48	5 54·2	58	5 52·1
15	5 57·8	40	5 55·4	50	5 53·8	60	5 51·5
20	5 57·4	42	5 55·1	52	5 53·4	62	5 50·8
25	5 57·0	44	5 54·8	54	5 53·0	64	5 50·1
30	5 56·5	46	5 54·5	56	5 52·6		

東距角在上中天之前，西距角則在後，其間之時間段如上表(a)所載。下中天在上中天之前或後 11時58·0分

A.　凡非 1926 年，則從表五查得之數，須加以下列之校正。

1930	加 1·6分
1931	加 3·0
1932	加 4·4 三月一日以前
1932	加 0·5 三月一日以後
1933	加 2·1
1934	加 3·7
1935	加 5·3

B.　凡非表載之日期，須自上表查得之數值內減去每日變率與經過日數之乘積。

經過日數	每日變率 3分57秒	3分56秒	3分55秒	經過日數	每日變率 3分57秒	3分56秒	3分55秒
1	3分57秒	3分56秒	3分55秒	6	23分42秒	23分36秒	23分30秒
2	7　54	7　52	7　50	7	27　39	27　32	27　25
3	11　51	11　48	11　45	8	31　36	31　28	31　20
4	15　48	15　44	15　40	9	35　33	35　24	35　15
5	19　45	19　40	19　35				

C.　凡非 90° 經度，每在此經度（90° 西）東 10° 須加 0·1分，西則減 0·1分

D.　求標準時刻時，凡觀測地之經度在此經度（90°）西者，每一度加四分於上表五查得之值，東則減。

表六 化近距角爲正距角

距角之地平經度 時間	1° 0′	1° 10′	1° 20′	1° 30′	1° 40′	1° 50′	2° 0′	2° 10′	距角之地平經度 時間
分	″	″	″	″	″	″	″	″	分
0※	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	※0
1	0·0	0·0	0·0	0·1	0·1	0·1	0·1	0·1	1
2	0·1	0·2	0·2	0·2	0·2	0·3	0·3	0·3	2
3	0·3	0·4	0·4	0·5	0·5	0·6	0·6	0·7	3
4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	1·0	1·1	1·2	4
5	0·9	1·0	1·1	1·3	1·4	1·6	1·7	1·9	5
6	1·2	1·4	1·6	1·8	2·1	2·3	2·5	2·7	6
7	1·7	2·0	2·2	2·5	2·8	3·1	3·4	3·7	7
8	2·2	2·6	2·9	3·3	3·7	4·0	4·4	4·8	8
9	2·8	3·2	3·7	4·2	4·6	5·1	5·6	6·0	9
10	3·4	4·0	4·6	5·1	5·7	6·3	6·9	7·4	10
11	4·1	4·8	5·5	6·2	6·9	7·6	8·3	9·0	11
12	4·9	5·8	6·6	7·4	8·2	9·0	9·9	10·7	12
13	5·8	6·8	7·7	8·7	9·7	10·6	11·6	12·6	13
14	6·7	7·8	19·0	10·1	11·2	12·3	13·4	14·6	14
15	7·7	9·0	10·3	11·6	12·8	14·1	15·4	16·7	15
16	8·8	10·2	11·7	13·2	14·6	16·1	17·5	19·0	16
17	9·9	11·5	13·2	14·9	16·9	18·2	19·8	21·5	17
18	11·1	12·9	14·8	16·7	18·5	20·4	22·2	24·1	18
19	12·4	14·4	16·5	18·6	20·6	22·7	24·7	26·8	19

※ 至距角之恆星時。

表七　赤緯線上每1000呎之會聚秒數

緯度	距離（東或西）								
φ	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
°	″	″	″	″	″	″	″	″	″
20	3.51	7.01	10.51	14.02	17.52	21.03	24.53	28.04	31.54
21	3.78	7.57	11.35	15.13	18.91	22.69	26.48	30.26	34.04
22	3.98	7.96	11.94	15.92	19.90	23.88	27.86	31.84	35.83
23	4.18	8.36	12.55	16.73	20.91	25.09	29.27	33.46	37.64
24	4.39	8.77	13.16	17.54	21.93	26.32	30.70	35.09	39.47
25	4.59	9.19	13.78	18.37	22.97	27.56	32.15	36.75	41.34
26	4.80	9.61	14.42	19.22	24.02	28.83	33.63	38.44	43.24
27	5.02	10.04	15.06	20.08	25.10	30.11	35.13	40.15	45.17
28	5.24	10.48	15.71	20.95	26.19	31.42	36.66	41.90	47.13
29	5.46	10.92	16.38	21.84	27.30	32.76	38.22	43.68	49.14
30	5.69	11.37	17.06	22.74	28.43	34.12	39.80	45.49	51.17
31	5.92	11.83	17.75	23.67	29.59	35.51	41.42	47.34	53.26
32	6.16	12.31	18.46	24.62	30.77	36.92	43.08	49.23	55.38
33	6.39	12.78	19.17	25.57	31.96	38.36	44.75	51.15	57.54
34	6.64	13.29	19.92	26.57	33.21	39.85	46.49	53.13	59.77
35	6.89	13.79	20.68	27.58	34.47	41.37	48.26	55.15	62.05
36	7.15	14.31	21.46	28.61	35.77	42.92	50.07	57.22	64.38
37	7.42	14.84	22.26	29.67	37.09	44.51	51.93	59.35	66.77
38	7.69	15.38	23.08	30.77	38.46	46.15	53.84	61.53	69.22
39	7.97	15.95	23.92	31.89	39.86	47.83	55.80	93.77	71.74
40	8.26	16.52	24.78	33.04	41.30	49.56	57.82	66.08	74.34
41	8.55	17.11	25.67	34.22	42.78	51.33	59.89	68.45	77.00
42	8.68	17.72	26.58	35.45	44.31	53.17	62.03	70.89	79.76
43	9.18	18.36	27.53	36.71	45.89	55.06	64.24	73.42	82.60
44	9.50	19.01	28.51	38.01	47.52	57.02	66.52	76.02	85.53
45	9.84	19.68	29.36	39.36	49.20	59.04	68.88	78.72	88.56
46	10.19	20.38	30.57	40.76	50.95	61.13	71.32	81.51	91.70
47	10.55	21.10	31.65	42.20	52.76	63.31	78.86	84.41	94.96
48	10.93	21.85	32.78	43.71	54.63	65.50	76.49	87.41	98.34
49	11.32	22.63	33.95	45.27	56.59	67.90	79.22	90.54	101.85
50	11.72	23.45	35.17	46.89	58.62	70.34	82.06	93.78	105.51

表八 從太陽高度內減去視差及天文折頓

視高度	溫度(攝氏)														視高度
	−10°		0°		+10°		+20°		+30°		+40°		+50°		
0°	36′	36″	35′	15″	34′	00″	32′	50″	31′	45″	30′	45″	29′	50″	0°
1	26	10	25	12	24	18	23	28	22	42	22	00	21	20	1
2	19	35	18	51	18	11	17	34	16	59	16	26	15	57	2
3	15	20	14	46	14	15	13	46	13	18	12	53	12	30	3
4	12	31	12	03	11	37	11	13	10	50	10	30	10	11	4
5	10	29	10	05	9	44	9	24	8	05	8	48	8	32	5
6	8	59	8	38	8	20	8	03	7	47	7	32	7	18	6
7	7	49	7	31	7	15	7	00	6	46	6	33	6	21	7
8	6	55	6	39	6	25	6	12	5	59	5	48	5	37	8
9	6	11	5	57	5	44	5	32	5	21	5	11	5	01	9
10	5	34	5	22	5	10	4	59	4	49	4	43	4	30	10
11	5	04	4	52	4	42	4	32	4	23	4	14	4	06	11
12	4	39	4	29	4	19	4	10	4	01	3	53	3	46	12
13	4	17	4	07	3	58	3	50	3	42	3	35	3	28	13
14	3	58	3	49	3	41	3	33	3	26	3	19	3	13	14
15	3	42	3	34	3	26	3	19	3	12	3	06	3	00	15
16	3	27	3	19	3	12	3	05	2	59	2	53	2	47	16
17	3	14	3	07	3	00	2	54	2	48	2	42	2	37	17
18	3	02	2	55	2	49	2	43	2	37	2	32	2	37	18
19	2	52	2	45	2	39	2	33	2	28	2	23	2	19	19
20	2	42	2	36	2	30	2	25	2	20	2	15	2	11	20
21	2	33	2	27	2	22	2	27	2	12	2	08	2	01	21
22	2	26	2	20	2	15	2	10	2	06	2	06	1	58	22
23	2	18	2	13	2	08	2	03	1	59	1	55	1	51	23
24	2	12	2	07	2	02	1	58	1	54	1	50	1	46	24
25	2	05	2	00	1	56	1	52	1	48	1	44	1	41	25
26	2	00	1	55	1	51	1	47	1	43	1	39	1	36	26
27	1	55	1	50	1	46	1	42	1	38	1	35	1	32	27
28	1	49	1	45	1	41	1	37	1	34	1	31	1	28	28
29	1	45	1	41	1	37	1	33	1	30	1	27	1	24	29
30	1	41	1	37	1	33	1	30	1	26	1	23	1	21	30
32	1	33	1	29	1	26	1	23	1	19	1	17	1	15	32
34	1	26	1	22	1	19	1	16	1	13	1	11	1	09	34
36	1	19	1	16	1	13	1	1	1	08	1	08	1	03	36
38	1	13	1	10	1	07	1	04	1	02	1	00	0	58	38
40	1	08	1	05	1	02	1	00	0	58	0	56	0	54	40
42	1	03	1	00	0	58	0	56	0	54	0	52	0	50	42
44	0	59	0	56	0	54	0	52	0	50	0	48	0	47	44
46	0	54	0	52	0	50	0	48	0	46	0	45	0	43	46
48	0	51	0	49	0	47	0	45	0	44	0	42	0	41	48
50	0	47	0	43	0	41	0	41	0	40	0	38	0	37	50
55	0	39	0	37	0	36	0	35	0	33	0	32	0	31	55
60	0	32	0	30	0	29	0	28	0	27	0	26	0	25	60
65	0	25	0	24	0	23	0	23	0	22	0	21	0	20	65
70	0	20	0	19	0	18	0	17	0	17	0	16	0	15	70
75	0	14	0	14	0	13	0	12	0	12	0	12	0	11	75
80	0	10	0	09	0	09	0	09	0	08	0	08	0	08	80
85	0	04	0	04	0	04	0	04	0	04	0	04	0	03	85
90	0	00	0	00	0	00	0	00	0	00	0	00	0	00	90

表九　從近子午圈之太陽高度定緯度 ($A = \cos\delta \cos\phi \operatorname{cosec}\zeta$)

ζ \ ϕ	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	ζ / ϕ
0	9.51	8.14	7.12	6.31	5.67	5.15	4.70	4.33	4.01	3.74	3.49	3.27	3.08	0
1	9.53	8.16	7.13	6.33	5.69	5.16	4.72	4.35	4.03	3.75	3.50	3.29	3.09	1
2	9.54	8.17	7.14	6.34	5.70	5.17	4.73	4.36	4.04	3.76	3.52	3.30	3.11	2
3	9.54	8.17	7.15	6.35	5.71	5.18	4.74	4.37	4.05	3.77	3.53	3.31	3.12	3
4	9.54	8.17	7.15	6.35	5.71	5.19	4.75	4.38	4.06	3.78	3.54	3.32	3.13	4
5	9.53	8.17	7.15	6.35	5.71	5.19	4.76	4.39	4.07	3.79	3.55	3.33	3.14	5
6	9.51	8.16	7.14	6.35	5.71	5.19	4.76	4.39	4.07	3.80	3.55	3.34	3.15	6
7	9.49	8.14	7.13	6.34	5.71	5.19	4.76	4.39	4.07	3.80	3.56	3.34	3.15	7
8	9.47	8.12	7.12	6.33	5.70	5.18	4.75	4.39	4.07	3.80	3.56	3.35	3.16	8
9	9.44	8.10	7.10	6.31	5.69	5.17	4.74	4.38	4.07	3.80	3.56	3.35	3.16	9
10	9.41	8.07	7.07	6.29	5.67	5.16	4.73	4.37	4.06	3.79	3.55	3.34	3.16	10
11	9.36	8.04	7.04	6.27	5.65	5.14	4.72	4.36	4.05	3.78	3.55	3.34	3.15	11
12	9.31	8.00	7.01	6.24	5.63	5.13	4.70	4.35	4.04	3.77	3.54	3.33	3.15	12
13	9.25	7.95	6.97	6.21	5.60	5.10	4.68	4.33	4.03	3.76	3.53	3.32	3.14	13
14	9.19	7.90	6.93	6.18	5.57	5.08	4.66	4.31	4.01	3.75	3.52	3.31	3.13	14
15	9.13	7.85	6.89	6.14	5.54	5.05	4.64	4.29	3.99	3.73	3.50	3.30	3.12	15
16	9.06	7.79	6.84	6.10	5.51	5.02	4.61	4.27	3.97	3.71	3.49	3.29	3.10	16
17	8.98	7.73	6.79	6.05	5.47	4.98	4.58	4.24	3.95	3.69	3.47	3.27	3.09	17
18	8.90	7.66	6.73	6.00	5.42	4.95	4.55	4.21	3.92	3.67	3.45	3.25	3.08	18
19	8.81	7.59	6.67	5.95	5.38	4.91	4.51	4.18	3.89	3.64	3.43	3.23	3.06	19
20	8.72	7.51	6.60	5.90	5.33	4.86	4.47	4.15	3.86	3.62	3.40	3.21	3.04	20
21	8.63	7.43	6.54	5.84	5.28	4.82	4.43	4.11	3.83	3.59	3.37	3.19	3.02	21
22	8.53	7.35	6.46	5.78	5.22	4.77	4.39	4.07	3.80	3.56	3.34	3.16	2.99	22
23	8.42	7.26	6.39	5.71	5.16	4.72	4.35	4.03	3.76	3.52	3.31	3.13	2.97	23
24	8.31	7.17	6.31	5.64	5.10	4.66	4.30	3.99	3.72	3.49	3.28	3.10	2.94	24
25	8.20	7.07	6.23	5.57	5.04	4.61	4.25	3.94	3.68	3.45	3.25	3.07	2.91	25
26	8.08	6.97	6.14	5.49	4.98	4.55	4.19	3.89	3.63	3.41	3.21	3.04	2.88	26
27	7.96	6.87	6.05	5.42	4.91	4.49	4.14	3.84	3.59	3.37	3.17	3.00	2.85	27
28	7.83	6.76	5.96	5.34	4.84	4.43	4.08	3.79	3.54	3.32	3.13	2.96	2.81	28
29	7.71	6.65	5.87	5.25	4.76	4.36	4.04	3.74	3.49	3.28	3.09	2.93	2.78	29
30		6.54	5.77	5.17	4.69	4.29	3.96	3.68	3.44	3.23	3.05	2.89	2.74	30
31			5.67	5.08	4.61	4.22	3.90	3.62	3.18	3.00	2.85	2.85	2.70	31
32				4.99	4.53	4.15	3.83	3.56	3.33	3.13	2.96	2.80	2.66	32
33					4.45	4.07	3.77	3.50	3.28	3.08	2.91	2.76	2.62	33
34						4.00	3.70	3.44	3.22	3.03	2.86	2.71	2.58	34
35							3.63	3.38	3.16	2.97	2.81	2.66	2.54	35
36								3.31	3.10	2.92	2.76	2.62	2.40	36
37									3.04	2.86	2.70	2.57	2.44	37
38										2.80	2.65	2.52	2.40	38
39											2.60	2.46	2.35	39
40												2.41	2.30	40
41													2.25	41

表九（續）

φ \ ζ	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	ζ / φ
0	2.90	2.75	2.61	2.48	2.36									0
1	2.92	2.76	2.62	2.49	2.37	2.26								1
2	2.94	2.78	2.64	2.51	2.39	2.28	2.18							2
3	2.95	2.79	2.65	2.52	2.40	2.29	2.19	2.10						3
4	2.96	2.80	2.66	2.53	2.41	2.30	2.20	2.11	2.02					4
5	2.97	2.81	2.67	2.54	2.42	2.32	2.21	2.12	2.03	1.95				5
6	2.98	2.82	2.68	2.55	2.43	2.33	2.22	2.13	2.04	1.96	1.89			6
7	2.98	2.82	2.69	2.56	2.44	2.33	2.23	2.23	2.05	1.97	1.90	1.83		7
8	2.99	2.83	2.69	2.56	2.45	2.34	2.24	2.15	2.06	1.98	1.96	1.84	1.77	8
9	2.99	2.83	2.70	2.57	2.45	2.35	2.25	2.15	2.06	1.99	1.92	1.84	1.78	9
10	2.99	2.84	2.70	2.57	2.46	2.35	2.25	2.16	2.07	2.00	1.92	1.85	1.79	10
11	2.99	2.83	2.70	2.57	2.46	2.35	2.25	2.16	2.08	2.00	1.93	1.86	1.79	11
12	2.98	2.83	2.70	2.57	2.46	2.35	2.26	2.17	2.08	2.00	1.93	1.86	1.80	12
13	2.98	2.82	2.69	2.57	2.46	2.35	2.26	2.17	2.08	2.00	1.93	1.86	1.80	13
14	2.97	2.81	2.69	2.56	2.46	2.35	2.25	2.17	2.08	2.01	1.93	1.87	1.90	14
15	2.96	2.81	2.68	2.56	2.45	2.35	2.25	2.16	2.08	2.00	1.93	1.87	1.80	15
16	2.95	2.80	2.67	2.55	2.44	2.34	2.25	2.16	2.08	2.00	1.93	1.87	1.80	16
17	2.94	2.79	2.66	2.54	2.43	2.33	2.24	2.15	2.07	2.00	1.93	1.86	1.80	17
18	2.92	2.78	2.65	2.53	2.42	2.33	2.23	2.15	2.06	2.00	1.93	1.86	1.80	18
19	2.90	2.76	2.64	2.52	2.41	2.32	2.22	2.14	2.06	1.99	1.92	1.85	1.80	19
20	2.89	2.75	2.62	2.51	2.40	2.30	2.21	2.13	2.05	1.98	1.92	1.85	1.79	20
21	2.87	2.73	2.61	2.49	2.39	2.29	2.20	2.12	2.04	1.97	1.91	1.84	1.79	21
22	2.84	2.71	2.59	2.48	2.37	2.28	2.19	2.11	2.03	1.96	1.90	1.84	1.78	22
23	2.82	2.69	2.57	2.46	2.36	2.26	2.18	2.10	2.02	1.95	1.89	1.83	1.77	23
24	2.80	2.66	2.55	2.44	2.34	2.25	2.16	2.08	2.01	1.94	1.88	1.82	1.76	24
25	2.77	2.64	2.52	2.42	2.32	2.23	2.14	2.07	2.00	1.93	1.87	1.81	1.75	25
26	2.74	2.61	2.50	2.39	2.30	2.21	2.13	2.05	1.98	1.91	1.85	1.79	1.74	26
27	2.71	2.59	2.47	2.37	2.27	2.19	2.11	2.03	1.96	1.90	1.84	1.78	1.73	27
28	2.68	2.56	2.44	2.34	2.25	2.17	2.09	2.01	1.95	1.88	1.82	1.77	1.71	28
29	2.65	2.53	2.42	2.32	2.23	2.14	2.06	1.99	1.93	1.86	1.80	1.75	1.70	29
30	2.61	2.49	2.39	2.29	2.20	2.12	2.04	1.97	1.91	1.84	1.79	1.78	1.68	30
31	2.58	2.46	2.36	2.26	2.17	2.09	2.02	1.95	1.88	1.82	1.77	1.71	1.66	31
32	2.54	2.43	2.32	2.23	2.14	2.06	1.99	1.92	1.86	1.80	1.75	1.69	1.65	32
33	2.50	2.39	2.29	2.20	2.11	2.04	1.97	1.90	1.84	1.78	1.73	1.67	1.63	33
34	2.46	2.35	2.25	2.17	2.08	2.01	1.94	1.87	1.81	1.76	1.70	1.65	1.61	34
35	2.42	2.31	2.22	2.13	2.05	1.98	1.91	1.85	1.79	1.73	1.68	1.63	1.59	35
36	2.38	2.27	2.18	2.10	2.02	1.95	1.88	1.82	1.76	1.71	1.66	1.61	1.56	36
37	2.33	2.23	2.14	2.06	1.98	1.91	1.85	1.79	1.73	1.68	1.63	1.58	1.54	37
38	2.29	2.19	2.10	2.02	1.95	1.88	1.82	1.76	1.70	1.65	1.60	1.56	1.52	38
39	2.24	2.15	2.05	1.98	1.91	1.85	1.78	1.73	1.67	1.63	1.58	1.54	1.49	39
40	2.20	2.10	2.02	1.94	1.88	1.81	1.75	1.70	1.64	1.60	1.55	1.51	1.47	40
42	2.10	2.01	1.94	1.86	1.80	1.74	1.68	1.63	1.58	1.54	1.49	1.45	1.42	42
44			1.85	1.78	1.72	1.66	1.61	1.56	1.51	1.47	1.43	1.40	1.36	44
46					1.64	1.58	1.53	1.49	1.45	1.41	1.37	1.34	1.30	46
48							1.46	1.41	1.38	1.34	1.31	1.27	1.24	48
50									1.30	1.27	1.24	1.21	1.18	50

表　九　(續)

ζ \ φ	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	ζ / φ
9	1.72													9
10	1.72	1.66												10
11	1.73	1.67	1.62											11
12	1.73	1.68	1.62	1.57										12
13	1.74	1.68	1.63	1.58	1.53									13
14	1.74	1.68	1.63	1.58	1.53	1.48								14
15	1.74	1.69	1.63	1.58	1.53	1.49	1.44							15
16	1.74	1.69	1.63	1.58	1.53	1.49	1.45	1.41						16
17	1.74	1.69	1.64	1.59	1.53	1.49	1.45	1.41	1.37					17
18	1 74	1.69	1.63	1.59	1.53	1.49	1.45	1.41	1.37	1.33				18
19	1.74	1.68	1.63	1.58	1.53	1.49	1.45	1.41	1.37	1.33	1.30			19
20	1.73	1.63	1.63	1.58	1.53	1.49	1.45	1.41	1.37	1.33	1.30	1.27		20
21	1.73	1.68	1.63	1.58	1.53	1.49	1.45	1.41	1.37	1.33	1.30	1.27	1.24	21
22	1.72	1.67	1.62	1.58	1.53	1.49	1.45	1.41	1.37	1.33	1.30	1.27	1.24	22
23	1.72	1.66	1.62	1.57	1.53	1.48	1.44	1.41	1.37	1.33	1.30	1.27	1.24	23
24	1.71	1.66	1.61	1.57	1.52	1.48	1.44	1.41	1.37	1.33	1.30	1.27	1.24	24
25	1.70	1.65	1.60	1.56	1.51	1.47	1.43	1.40	1.36	1.33	1.30	1.26	1.23	25
26	1.69	1.64	1.59	1.55	1.51	1.47	1.43	1.39	1.36	1.32	1.29	1.26	1.23	26
27	1.68	1.63	1.58	1.54	1.50	1.46	1.42	1.38	1.35	1.32	1.29	1.26	1.23	27
28	1.66	1.62	1.57	1.53	1.49	1.45	1.41	1.38	1.34	1.32	1.28	1.25	1.22	28
29	1.65	1.60	1.56	1.52	1.48	1.44	1.40	1.37	1.34	1.31	1.27	1.24	1.22	29
30	1.63	1.59	1.55	1.50	1.43	1.43	1.39	1.36	1.33	1.30	1.27	1.24	1.21	30
31	1.62	1.57	1.53	1.49	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.29	1.26	1.23	1.20	31
32	1.60	1.56	1.52	1.48	1.44	1.40	1.37	1.34	1.31	1.28	1.25	1.22	1.19	32
33	1.58	1.54	1.50	1.46	1.42	1.39	1.36	1.33	1.30	1.27	1.24	1.21	1.18	33
34	1.56	1.52	1.48	1.45	1.41	1.38	1.34	1.31	1.28	1.25	1.23	1.20	1.18	34
35	1.54	1.50	1.47	1.43	1.39	1.36	1.33	1.30	1.27	1.24	1.21	1.19	1.16	35
36	1.52	1.48	1.45	1.41	1.38	1.34	1.31	1.28	1.26	1.23	1.20	1.18	1.15	36
37	1.50	1.46	1.43	1.39	1.36	1.33	1.30	1.27	1.24	1.21	1.19	1.17	1.14	37
38	1.48	1.44	1.41	1.37	1.34	1.31	1.28	1.25	1.23	1.20	1.17	1.15	1.13	38
39	1.46	1.42	1.38	1.35	1.32	1.29	1.26	1.24	1.21	1.18	1.16	1.14	1.11	39
40	1.43	1.40	1.36	1.33	1.30	1.27	1.24	1.22	1.19	1.17	1.14	1.12	1.10	40
42	1.38	1.35	1.32	1.29	1.26	1.23	1.20	1.18	1.16	1.13	1.11	1.09	1.07	42
44	1.33	1.30	1.27	1.24	1.21	1.19	1.16	1.14	1.12	1.09	1.07	1.05	1.04	44
46	1.27	1.24	1.22	1.19	1.16	1.14	1.12	1.10	1.07	1.05	1.04	1.02	1.00	46
48	1.21	1.19	1.16	1.14	1.11	1.09	1.07	1.05	1.03	1.01	.99	.98	.96	48
50	1.15	1.13	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	.98	.97	.95	.94	.92	50
55	1.00	.98	.96	.94	.92	.91	.89	.88	.86	.85	.84	.82	.81	55
60						.76	.75	.74	.73	.72	.71	.70	.69	60
65											.58	.57	.57	65

表 九 (續)

ζ \ ϕ	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	ζ / ϕ
22	1.21													22
23	1.21	1.18												23
24	1.21	1.18	1.15											24
25	1.20	1.18	1.15	1.12										25
26	1.20	1.17	1.15	1.12	1.10									26
27	1.20	1.17	1.14	1.12	1.10	1.07								27
28	1.19	1.17	1.14	1.12	1.09	1.07	1.05							28
29	1.19	1.16	1.14	1.11	1.09	1.07	1.04	1.02						29
30	1.18	1.16	1.13	1.11	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00					30
31	1.18	1.15	1.13	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98				31
32	1.17	1.14	1.12	1.10	1.07	1.05	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95			32
33	1.16	1.14	1.11	1.09	1.07	1.05	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95	0.93		33
34	1.15	1.13	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98	0.96	0.96	0.93	0.91	34
35	1.14	1.12	1.10	1.07	1.05	1.03	1.01	0.99	0.98	0.96	0.94	0.92	0.91	35
36	1.13	1.11	1.09	1.07	1.05	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	36
37	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90	37
38	1.11	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	0.99	0.97	0.95	0.94	0.92	0.90	0.89	38
39	1.09	1.07	1.05	1.03	1.01	1.00	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90	0.88	39
40	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	40
42	1.05	1.03	1.01	0.99	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87	0.86	42
44	1.02	1.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.88	0.86	0.85	0.84	44
46	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.88	0.86	0.85	0.84	0.82	0.81	46
48	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	48
50	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	50
55	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	55
60	0.68	0.67	0.67	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60	60
65	0.56	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	65
70			0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	70

ζ \ ϕ	58°	59°	60°	61°	62°	63°	65°	67°	69°	71°	73°	78°	83°	ζ / ϕ
35	0.89													35
36	0.88	0.87												36
37	0.88	0.86	0.85											37
38	0.87	0.86	0.84	0.82										38
39	0.87	0.85	0.84	0.82	0.81									39
40	0.86	0.84	0.83	0.82	0.80	0.79								40
42	0.84	0.83	0.82	0.80	0.79	0.78	0.75							42
44	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.76	0.74	0.72						44
46	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.72	0.70	0.69					46
48	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65				48
50	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.67	0.65	0.63	0.62			50
55	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.64	0.62	0.61	0.60	0.58	0.57	0.54		55
60	0.59	0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.49	0.46	60
65	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.40	65
70	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.35	0.34	70

表　十　$\left(m = \dfrac{2\sin^2 \frac{1}{2}\tau}{\sin 1''}\right)$

τ	0分	1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分
秒	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0	0.00	1.96	7.85	17.67	31.42	49 09	70 68	96 20	125.65
1	0.00	2.03	7.98	17.87	31.68	49.41	71.07	96.66	125.17
2	0.00	2.10	8.12	18.07	31.94	49.74	71.47	97.12	126.70
3	0.00	2.16	8.25	18.27	32.27	50.07	71.69	97.58	127.22
4	0.01	2.23	8.39	18 47	32.47	50.40	72.26	98.04	127.75
5	0.01	2.31	8.52	18.67	32.74	50.73	72.66	98.50	128.28
6	0.02	2 38	8.66	18.87	33.01	51.07	73.06	98.97	128.81
7	0.02	2.45	8.80	19.07	33.27	51.40	73.46	99.43	129.34
8	0.03	2.52	8.94	19.28	33.54	51.74	7 .86	99.90	129.87
9	0.04	2.60	9.08	19.48	33.81	52.07	74.26	100.37	130.40
10	0.05	2.67	9.22	19.69	34.00	52.41	74.66	100.84	130.94
11	0.06	2.75	9.36	19.90	34.36	52.75	75.06	101.31	131.47
12	0.08	2.83	9.50	20.11	34.64	53.09	75.47	101.78	132.01
13	0.09	2.91	9.64	20.32	34.91	53.43	75.88	102.25	132.55
14	0.11	2.99	9.79	20.53	35.19	53.77	76.29	102.72	133.09
15	0.12	3.07	9.94	20.74	35.46	54.11	76.69	103.20	133.63
16	0.14	3.15	10.09	20 95	35.74	54.46	77.10	103.67	134.17
17	0.16	3.23	10.24	21.16	36.04	54.80	77.51	104.15	134.71
18	0.18	3.32	10.39	21.38	36.30	55.15	77.93	104.63	135.25
19	0.21	3.40	10.54	21.60	36.58	55.50	78.34	105.10	135.80
20	0.22	3.49	10.69	21.82	36.87	55.84	78.75	105.58	136.34
21	0.24	3.58	10.84	22.03	37.15	56.19	79.16	106.06	136.88
22	0.26	3.67	11.00	22.25	37.44	56.55	79.58	106 55	137.43
23	0.28	3.76	11.15	22.47	37.72	56.90	80.00	107.03	137.98
24	0.32	3.85	11.31	22.70	38.01	57.25	80.42	107.51	138.53
25	0.34	3.94	11.47	22.92	38 30	57.60	80.84	107.99	139.08
26	0.37	4.03	11.63	23.14	38.59	57.96	81.26	108.48	139.63
27	0.41	4.12	11.79	23.37	38.88	58.32	81.68	108.97	140.18
28	0.43	4.22	11.95	23.60	39.17	58.68	82.10	109.46	140.74
29	0.46	4.32	12.11	23.92	39.46	59.03	82.52	109.95	141.29
30	0.49	4 42	12.27	24.05	39.76	59.40	82.95	110.44	141.85
31	0.52	4.52	12.43	24.28	40.05	59.75	83.38	110.93	142.40
32	0.56	4 62	12.60	24.51	40.35	60.11	83.81	111.43	142.96
33	0.59	4.72	12.76	24.74	40.65	60.47	84.23	111.92	143.52
34	0.63	4.82	12.93	24.98	40.95	60.84	84.66	112.41	144.08
35	0.67	4.92	13.10	25.21	41.25	61.20	85.09	112.90	144.64
36	0.71	5.03	13.27	25.45	41.55	61.57	85.52	113.40	145.20
37	0.75	5.13	13.44	25.68	41.85	61.94	85.95	113.90	145.76
38	0.79	5.24	13.62	25.92	42.15	62.31	86.39	114.40	146.33
39	0.83	5.34	13.79	26.16	42.45	62.68	86.82	114.90	146.89
40	0.87	5.45	13.96	26.40	42.76	63.05	87.26	115.40	147.46
41	0.91	5.56	14.13	26.64	43.06	63.42	87.70	115.90	148.03
42	0.96	5.67	14.31	26.88	43.37	63.79	88.14	116.40	148.60
43	1.01	5.78	14.49	27.12	43.68	64.16	88.57	116.90	149.17
44	1.06	5.96	14.67	27.37	43 99	64.54	89.01	117.41	149.71
45	1.10	6.01	14.85	27.61	44.30	64.91	89.45	117.92	150.31
46	1.15	6.13	15.03	27.86	44.61	65.29	89.89	118.43	150.88
47	1.20	6.24	15 21	28.10	44.92	65.67	90.33	118.94	151.45
48	1.26	6.36	15.39	28.35	45.24	66.05	90.78	119.45	152.03
49	1.31	6.48	15.57	28.60	45.55	66.43	91.23	119.96	152.61
50	1.36	6.60	15.76	28.85	45.87	66.81	91.68	120.47	153.19
51	1.42	6.72	15.95	29.10	46.18	67.19	92.12	120.98	153.77
52	1.48	6.84	16.14	29.36	46.50	67.58	92.57	121.49	154.35
53	1.53	6.94	16.32	29.61	46.82	67.96	93.02	122.01	154.93
54	1.59	7.09	16.51	29.86	47.14	68.35	93.47	122.53	155.51
55	1.65	7.21	16.70	30.12	47.46	68.73	93.92	123.05	156.01
56	1 71	7.34	16.89	30.38	47.79	69.12	94.38	123.57	156.67
57	1.77	7.46	17.08	30.64	48.11	69.51	94.83	124.09	157 25
58	1.83	7.60	17.28	30.90	48.43	69.90	95.29	124.61	157.84
59	1.89	7.72	17.47	31.16	48.76	70.29	95.74	125.13	157.43

表 十 (續)

τ	9分	10分	11分	12分	13分	14分	15分	16分
秒	″	″	″	″	″	″	″	″
0	159.02	196.32	237.54	282.68	331.74	384.74	441.63	502.46
1	159.61	196.97	238.26	283.47	332.59	385.65	442.62	503.50
2	160.20	197.63	238.98	284.26	333.44	386.56	443.56	504.55
3	160.80	198.28	239.70	285.04	334.09	387.48	444.58	505.60
4	161.39	198.94	240.42	285.83	335.15	388.40	445.56	506.65
5	161.98	199.60	241.14	286.62	336.00	389.32	446.55	507.70
6	162.58	200.26	241.87	287.41	336.86	390.24	447.54	508.76
7	163.17	200.92	242.60	288.60	337.72	391.16	448.53	509.81
8	163.77	201.59	243.33	289.00	338.58	392.59	449.51	510.86
9	164.37	202.25	244.06	289.70	339.44	393.01	450.50	511.92
10	164.97	202.92	244.79	290.58	340.30	393.94	451.50	512.98
11	165.57	203.58	245.52	291.38	341.16	394.86	452.49	514.03
12	166.17	204.25	245.25	292.18	342.02	395.79	453.48	515.09
13	166.77	204.92	246.98	292.98	342.88	396.72	454.48	516.15
14	167.35	205.59	247.72	293.78	343.75	397.65	455.47	517 21
15	167.97	206.26	248.45	294.58	344.62	398.58	456.47	518.67
16	168.58	206.93	249.19	295.38	345.49	399.52	457.47	519.34
17	169.19	207.60	249.93	296.18	346.30	400.45	458.47	520.40
18	169.80	208.27	250.67	296.99	347.23	401.38	459.47	521.47
19	170.41	208.94	251.41	297.79	348.10	402.32	460.47	522.53
20	171.02	209.62	252.15	298.60	348.97	403.26	461.47	523.60
21	171.63	210.30	252.89	299.40	349.84	404.20	462.48	524.67
22	172.24	210.98	253.63	300.21	350.71	405.14	463.48	525.74
23	172.85	211.66	254.37	301.02	351.58	406.08	464 48	526.81
24	173.47	212.34	255.12	301.83	352.46	407.02	465.49	527.89
25	174.08	213.02	255.87	302.64	353.34	407.96	466.50	528.96
26	174.70	213.70	256.62	303.46	354.22	408.90	467.51	530.03
27	175.32	214.38	257.37	304.27	355.10	409.84	468.52	531.11
28	175.94	215.07	258.12	305.09	355.98	410.79	469.53	532.18
29	176.56	215.75	258.87	305.90	356.86	411.73	470.54	533.26
30	177.18	216.44	259.62	306.72	357.74	412.68	471.55	534.33
31	177 80	217.12	260.37	307.54	358.62	413.63	472.57	535.41
32	178.43	217.81	261.12	308.36	359.51	414.59	473.58	536.50
33	179.05	218.50	261.88	309.18	360.39	415.54	473.60	537.58
34	179.68	219.19	262.64	310.00	361.28	416.49	475.62	538.67
35	180.30	219.88	263.39	310.82	362.17	417.44	476.64	539.75
36	180.93	220.58	264.15	311.65	363.07	418.40	477.65	540.83
37	181.56	221.27	264.91	312.47	363.96	419.35	478.67	541.91
38	182.19	221.97	265.68	313.30	364.85	420.31	479.70	543.00
39	182.82	222.66	266.44	314.12	365.75	421.27	480.72	544.09
40	183.46	223.36	267.20	314.95	366.64	422.23	481.74	545.18
41	184.09	224.06	267.96	315.78	367.53	423.19	482.77	546.27
42	184.72	224.76	268.73	316.61	368.42	424.15	483.79	547.36
43	185.35	225.46	269.49	317.44	369.31	425.11	484.82	548.45
44	185.99	226.16	270.26	318.27	370.21	426.07	485.85	549.55
45	186.63	226.86	271.02	319.10	371.11	427.04	486.88	550.64
46	187.27	227.57	271.79	319.94	372.01	428.01	487.91	551.73
47	187.91	228.27	272.56	320.78	372.92	428.97	488.94	552.83
48	188.55	228.98	273.34	321.62	373.82	429.93	489.97	553.93
49	189.19	229.58	274.11	322.45	374.72	430.90	491 01	555 03
50	189.83	230.39	274.88	323.29	375.62	431.87	492.05	556.13
51	190.47	231.10	275.65	324.13	376.52	432.84	493.08	557.24
52	191.12	231.81	276.43	324.97	377.43	433.82	494.12	558 34
53	191.76	232.52	277.20	352.81	378.34	434.79	495.15	559.44
54	192.41	233.24	277.98	326.66	379.26	435.76	496.19	560.55
55	193.06	233.95	278.76	327.50	380.17	436.73	497 23	561.65
56	193.71	234.67	279.55	328.35	381.08	437.71	498.29	562.76
57	194.36	235.38	280.33	329.19	381.99	438.69	499.32	563.87
58	195.01	236.10	281.12	330.04	382.90	439.67	500.37	564.98
59	195.66	236.82	281.90	330.89	383.82	440.65	501.41	566.08

天文學名詞索引

應用天文學勘誤表

頁數	行	字	誤	正
29	8	2	測。	測者，
32	6	8	垂直	垂直線
70	11	19	年	日
94	10	23	在	
94	11	2	或赤	或在赤
99	17	末	(弧1′－.0002909)	(弧1′＝.0002909)
112	5	末	＋30	＋30°
127	16	15	採	授
166	10	右	時角＝30分43秒	時角＝39分43秒
167	末	增加		$h_{子}=h+Am$(77)
169	末7		$R'=(R_0+R_0A)(IR)$	$R'=(R_0+B_0A)$
175	16	12	蒙氣差	天文折頓
178	7	末	蒙氣差	天文折頓
180	20	17	『恆星一上經過格林維基子午圈』	『恆星一經過格林維基上子午圈』
185	末	末	上經	經……上子午圈
188	8	6	達	緯
194	3	9	時間段	時
195	13	2	sinZ	sinS
202	圖中	增加		“z”
230	17	6	恆星時	標準時
230	18	1	恆星時	標準時
231	10	20	20′	20°
244	5	9	極距星	拱極星
本書各章內均須改正者			蒙氣差	天文折頓