

天文學譯叢

普通實用天文學

П. И. 波波夫

科學出版社

天文學譯叢

普通實用天文學

И. И. 波波夫 著

劉世楷 譯

科學出版社

1956

П. И. ПОНСВ
ОБЩЕДОСТУПНАЯ ПРАКТИЧЕСКАЯ
АСТРОНОМИЯ
ГОСТЕХИЗДАТ 1953

內 容 提 要

本書敘述天文學上確定方位和時間的簡易方法，這些方法多半不需要專門的器械；但著者也扼要地敘述了一些專門儀器，如經緯儀、六分儀等等，而特別提供了一些野外工作人員所可採用的器械及用法；書末並附有活動星圖及各種參考資料。

本書適用於旅行探勘人員、中學教師以及大中學校天文小組的參考。

爲了中國讀者應用的便利起見，書末參考資料已由譯者酌量增改。

普 通 實 用 天 文 學

翻譯者	劉	世	楷
校訂者	鄒	儀	新
出版者	科	學	出 版 社

北京東皇城根甲42號

北京市書刊出版業營業許可證出字第061號

印刷者	北	京	新	華	印	刷	廠
總經售	新	華	書	店			

1956年4月第一版	書號: 0415
1956年4月第一次印刷	字數: 117,000
(京) 0001—3,245	開本: 850 × 1168 1/32
	印張: 4 9/16 插頁: 5
定價: (10) 0.89 元	

三 版 序 言

在本書第三版裏，基本上保存了原書的一般結構和敘述的性質。本書詳細修改時，對書刊評論所指出和發現的缺點，都加以修正。同樣，在第二版裏關於前一年的一覽表也重新擬製，例如月的盈虧一覽表等等。

除此之外，本版書還按書刊評論所表示的願望，在附錄內增加了一些新的材料。例如簡式高度計的結構，根據北極星高度決定地理緯度、用日圓決定當地的緯度；插圖也有些更換和補充。

對指出本書缺點並給以寶貴意見的全體同志，表示感謝。希望各個應用本書的同志，提出繼續改善本書的意見，來函請寄：

Г. Москва, Орликов Пер., 3, Государственное издательство технико-теоретической литературы.

П. И. 波波夫 1953. 3. 18.

二 版 序 言

本書初版的任務，是使讀者熟悉天文學上確定方向的最簡單的方法，和爲了瞭解這些方法而應該知道的一些有關係的天空現象。

經驗證明，本書較之當時所預料，獲得更廣泛的應用。在我們偉大祖國所進行的社會主義建設的規模和速度，是空前未有的，在各個生產部門裏不僅已恢復了戰前水平，並且在許多部門已經向前推進得很遠了；這個建設的規模，對一切的應用科學——其中也有天文學，提出了新的要求。

爲了研究自然和我們遼遠的祖國的歷史，爲了運用祖國的自然財富等等的各種探測工作及旅行隊的組織，正在廣泛地展開着。以上一切的工作，都要求熟悉從地圖上確定方向的方法，要求熟悉確定時間的方法，這些方法不僅要用法簡單，而且要精確，使探測隊所獲得

的結果具有一定的科學意義。在另一些情況下，如果必得直接進行時間和位置的測定，以及重力的確定等工作時，那就必須對如何進行這些工作和與這些工作有關的辦法，具有明晰的概念。爲了這個目的，本書的某些部分就不得不有擴大及某些深入的地方，並且涉及一些應用的數學公式和某些技術方法。我國文化水平的顯著提高，促進了運用數學的可能性，但它的範圍並未超過中等學校的數學程度。

本書修改時，作者認爲它不僅適用於中等學校的教員們，也能成爲許多部門的參考書。

插圖的明顯性不夠，和面積狹小，乃是本書第一版的缺點之一。因此，某些插圖用新圖代替，個別的插圖並加以擴大。

目 錄

三版序言	1
二版序言	1
前言	1
第一章 確定方向的近似方法	7
§ 1. 根據太陽測定方向	8
§ 2. 根據月亮測定方向	14
§ 3. 根據恆星測定方向	20
第二章 天球座標和星圖	34
§ 4. 地平座標——天球座標的地平系統	34
§ 5. 地理座標	36
§ 6. 赤道座標——天球座標的赤道系統	39
第三章 時間的測量和鐘錶的校正	44
§ 7. 恆星時	44
§ 8. 太陽時	46
§ 9. 地方時、世界時、區時和法令時	54
§ 10. 測定時間的近似方法	59
§ 11. 鐘錶、時計及它們的校正。時間服務站	64
§ 12. 紀年和曆法	69
第四章 地理緯度和經度的測定, 日界線	73
§ 13. 緯度的測定	73
§ 14. 經度的測定	78
§ 15. 日界線(日期轉換線)	79
第五章 一年內天象的變化, 活動星圖及天文曆	81
§ 16. 一年內天空現象的變化	81
§ 17. 活動星圖	87
§ 18. 月亮和行星在不同時間的位置	91
§ 19. 天文年曆和日曆	93

第六章	一些測量用的天文儀器。測量高度的訂正	95
§ 20.	萬能儀.....	95
§ 21.	六分儀.....	99
§ 22.	測量值的訂正,地平俯角的影響.....	103
§ 23.	折射(蒙氣差).....	105
第七章	航空航海的天文定向法概述	109
§ 24.	根據兩個星球決定所在的位置.....	110
§ 25.	根據太陽決定所在的位置.....	114
結束語	116
文獻	116
附錄	118
附錄 I.	希臘字母表.....	118
附錄 II.	(肉眼能見的)行星.....	118
附錄 III.	星座一覽表.....	118
附錄 IV.	亮星名稱及其赤道座標值.....	121
附錄 V	中蘇主要城市的經緯度.....	123
附錄 VI.	化平均太陽時爲恆星時的表.....	125
附錄 VII.	化恆星時爲平均太陽時的表.....	126
附錄 VIII.	時數與度數的對照表.....	127
附錄 IX.	中國境內的民用陽影時間.....	128
附錄 X.	三角自然函數表.....	129
附錄 XI.	太陽的赤道座標值,恆星時及時差.....	130
附錄 XII.	最近幾年(1956 - 1959)的行星動態.....	131
附錄 XIII.	地平座標(h, A)與赤道座標(α, δ)間互換的公式.....	133
附錄 XIV.	吳耳夫的立體網圖解法.....	134
附錄 XV.	中國各地的地磁偏角.....	135
附錄 XVI.	活動星圖.....	136
附錄 XVII.	北極星時計.....	136
附錄 XVIII.	用日圖確定時計訂正值之觀測記錄的實例.....	136
附錄 XIX.	根據北極星高度決定位置的地理緯度.....	137
附錄 XX.	用日圖決定當地的緯度.....	137
附錄 XXI.	簡式高度計的結構.....	139

前 言

天文學是關於天體的科學，它是自然科學中最古老的科學。在它的全部歷史裏，在世界觀的發展中，在與宗教的鬥爭中，起着特殊的作用，按照馬克思的說法，它是“易變的宇宙意識”。現在它同樣的起着特殊的作用，作為辯證唯物論世界觀的科學之一。

天文學的發生和發展，是與人類的實踐活動相聯繫的。恩格斯在談論着關於自然科學各部門在不斷的發展中、並確定它們與生產有聯繫時指出：“首先天文學——因為它定時定曆，是游牧民族和農業民族早已絕對地需要的東西。”因此，從太古時候，天文現象就已成為測定時間的基礎。太古時候的人們不自覺的把視線轉向了天空，注意着這個或那個明亮的星球，注視着它們在地平線上的重複出現，並且極力設法推測季節的到來。晝與夜的交替、太陽在地平線不同的高度以及夜間天空形態的變化，都能協助太古時候的農民調整好田地上的工作。

在夜裏，人們走到陌生的地方，可以利用天空的星辰，來確定他們行路的方向。在古時天空星象曾為唯一的旅行指南，而現時它也是準確地確定測站位置、在地面上敷設路線的不同方法的唯一泉源，譬如：確定運河的方向、各種大地測量工作、時鐘的校正、準確地圖的編纂等等方法便是。

準確地測定星球位置的方法、確定時間和地球上經緯度位置的方法、測量儀器的構造和用法等等，這都是實用天文學的任務。實用天文學得到如此的稱呼，是因為它不同於借高等數學之助來研究空間天體的真實運動的理論天文學，它也不同於研究及敘述天體本質、和它們的物理狀況、它們的化學組成以及它們所發生的各種變化之天體物理學。

現時，實用天文學乃是以非常準確的數學根據及專門方法，去深深地開拓出的天文學中的一個部門。我們在實用天文學部門中，為本書所取的材料並不為專家所需要，他們不能在實用天文學專門課程中找到為他們所需要的知識。本書乃是希望熟悉最簡單的方法，或用易於瞭解的工具的觀測法，或是希望知道天文學確定方向的方法的廣大範圍讀者所需要，並同樣為希望獲得天文學實際應用的普通知識的人們所需要。

任何方法，甚至是最簡單的方法，如能很好地通曉，正確地應用，只有在瞭解了那個現象和同時觀察了那個現象的情況下，才有可能。因此，本書以充足的篇幅去闡明天文學本身的現象，這些現象是與實際的觀察和測量有關係的，並且同樣地闡明了在球面天文學中所必需的認識。

繼續向讀者闡明的只限於在實用天文學內所包括的那些問題，我們認為必須首先把關於圍繞着我們的宇宙的天體，地球在它們之間的位置（對我們作為觀測者來說），根據現代科學的概念，給讀者以普通簡明的敘述。

對於我們來說地球是很廣闊的。關於地球的大小可以按照它的半徑大小來判斷，地球半徑大約是 6370 公里，因此地球的體積超過萬萬萬立方公里。地球的形狀並不同於一個正球形，它的兩極向內縮，而赤道則有些凸出。但一般說來它的扁縮並不大：北極半徑短於赤道半徑的數目只有 21 公里，約合地球半徑的 $\frac{1}{300}$ （準確點是 $\frac{1}{298}$ ）。

子午線 1° 的弧長在赤道是 110.6 公里，在兩極則是 117.7 公里。蘇聯測量專家 Ф. Н. 克拉索夫斯基和他的同志們曾經最準確地確定了地球的形狀和面積。克拉索夫斯基獲得的結果（赤道半徑等於 6378245 公尺，北極半徑等於 6356863 公尺），對於蘇聯的測量學和繪圖學工作的發展，具有重大的意義。

月亮是距我們最近的天體，它距地球大約是 60 倍地球半徑，它的體積小於地球（月球半徑是 1740 公里）。月球是地球的衛星，它圍

繞着地球而迴轉，每 $27\frac{1}{3}$ 晝夜迴轉一週，同時又隨着地球繞太陽而運動。月球與地球一樣，本身是黑暗的，因此我們通常能看到的月球表面，只是它轉向地球而被太陽光所照射的那一部分。月球的位置與太陽比較，是處於從屬的地位，它改變着自己的面貌，發生所謂月相的變化(上弦、滿月、下弦、新月)，依次每 $29\frac{1}{2}$ 晝夜循環一次。

除地球之外，繞着太陽的還有八個行星，它們中間的兩個(所謂內行星)與地球比較，距太陽較近，而其餘的各個(外行星)則距太陽較遠(關於某些能憑肉眼看到的行星的材料，見本書附錄 II)。

距太陽最近的行星——水星——只有在黎明或傍晚的時候才能看見。按體積來說，它比地球約小 20 倍(見圖 1)。

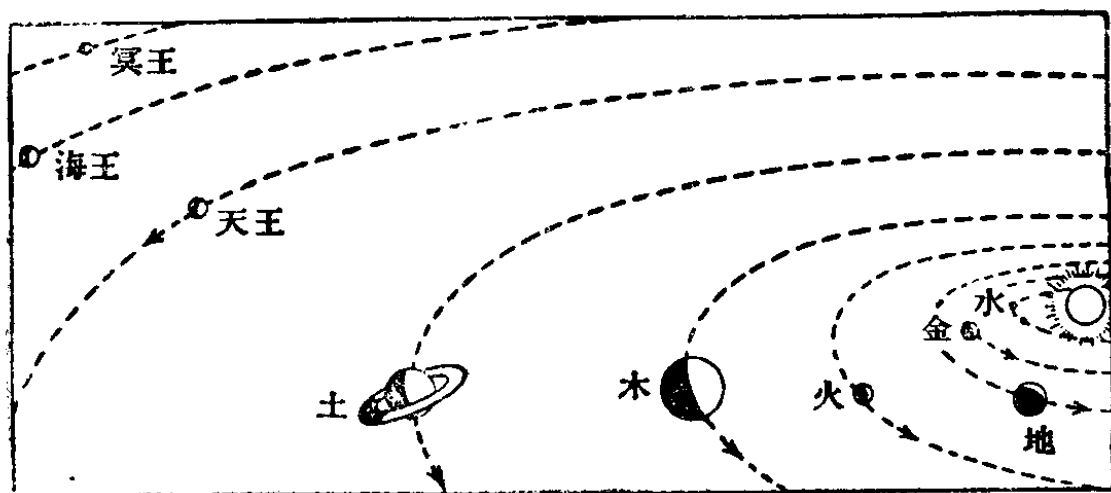


圖 1

隨水星之後——金星——它只稍小於地球。它圍繞太陽轉動時距離太陽有時是 $46\sim 48^\circ$ ，它在早上或晚上的天空中所發的光較其他各星球要亮得多。我們的地球圍繞太陽而轉動，在一年內平均距離太陽一億五千萬公里。地球在它軌道以外的最近的鄰居是火星，它的直徑差不多比地球直徑小二倍，它是天空中帶紅色的星球。與一切外行星一樣，火星能夠處於隔着地球與太陽相對的位置(天文上稱為衝)，這時候能夠通夜都看到它。

圍繞太陽轉動的各行星中最大的一個是木星(它的體積比地球的體積大 1300 倍)，它與太陽的距離比地球與太陽的距離遠 5 倍。木

星繞太陽一週，差不多是十二年，它在空中移動比前述各行星緩慢得多，看起來是一個發射着穩定光芒的亮星。距太陽再遠一點的行星是土星。它的面積比起木星來要小一些，最特別的是用天體望遠鏡能看到包圍它周圍的環狀物。土星在天空的移動比木星還要緩慢些，也沒有木星那樣亮，但是比起其他星球還算是較亮的。

以上這些行星雖然距太陽有那樣遠，都可以被肉眼看見。但是我們的太陽家屬還不限於這幾個。借天體望遠鏡的幫助，曾經發現一些肉眼所不能看到的更為遙遠的行星。這就是大行星天王星（它與太陽的距離比地球與太陽的距離遠 19 倍，體積比地球大 60 倍）和海王星（它與太陽的距離比地球與太陽的距離遠 30 倍，體積比地球差不多大 70 倍）。最後距離太陽最遠的行星是冥王星，它的面積比地球小一些，它圍繞太陽轉動一週的時間差不多是 250 年，它與太陽的距離比地球與太陽的距離遠 40 倍。

在太陽系的組成裏，還有幾萬個小行星，它們大體上在木星與火星之間的軌道上運動着（現在它們之中被發現了的已接近兩千個），此外還有許多彗星和隕星。

太陽乃是整個太陽系的中心體，它的體積比地球大一百三十萬倍，而它的質量佔太陽系內各星球質量總和的 99.86%。太陽是一個熾熱氣體的球體，它的表面溫度達 6000°。

但是在包圍着我們的宇宙裏面，並不只有一個太陽：在夜空裏閃耀着的大多數星球都是類似太陽的熾熱氣體的星球，不過它們都是距離我們非常遙遠罷了。一百多年以前，由於第一任普耳科沃天文台台長司徒魯威與其他天文家的工作而得到了星球距離的測量，他們發現：距我們最近的星球的光，達到我們這裏也需要 $4\frac{1}{3}$ 年。要知道光的傳播速率是每秒三十萬公里。有的星球從它那裏來的光，已經走過了幾十年，有的幾百年，甚至幾千年。這就是說我們觀察星空，所看到的一切星球，都是已經過去了的，有些是 10 年以前的，另一些是 100 年以前的，還有些是 1000 年以前的，如此等等。如果我

們從任何的一個星球來觀察太陽，那麼我們將太陽與任何一個小星球比較，將感覺不出太陽與別的小星球有甚麼不同的地方。

在星球中間也有像我們太陽那樣的別的星球，並且同樣的能找到成雙結對的繞着共同的中心而轉動的星球。我們又發現出變換着自己光亮的星球，它們的光亮一會減弱，一會加強，我們稱它為變星。研究星球的結果，得出這樣的結論：在太陽上、星球上和地球上，具有同樣的化學元素，受着同樣的規律的支配。

天空中星球的數目看起來好像無窮無盡，但是能被肉眼看見的星球早已統計出來了，它們在地平線以上同時出現的大約有3000個。一等星（最明亮的）將近20個，二等星（如北極星）將近50個。

恆星空間分佈的研究指出，包圍我們的恆星系統，其中約有一千五百億個星球，這就是所謂銀河系。它們具有確定的界限。銀河系星球的主要質量，在銀河平面集中。在星際空間中還能觀測到所謂銀河星雲，它們是由極其稀薄的氣體和宇宙塵所組成，其中有的發光，有的是黑暗的。整個銀河系在空間佔着巨大的地位：它的最大的直徑如果用光來通過它，差不多要十萬年。

在我們星系範圍以外是個甚麼情況呢？我們還能觀察到一些發光的星雲，它們之中有許多都具有螺旋形。看得出它們是由星球組成的。這種星雲距我們是如此的遙遠，甚至它們的光達到我們這裏，需要千百萬年。它們乃是類似我們銀河系的另外的星球系統。宇宙間已經有非常多的這種星球系統被發現。

人們借助於日益完善的觀測方法，深入地觀測宇宙空間的深處，他們在那裏找到了愈來愈多的物質組織。他們發現宇宙中的一切都處在運動和變化之中。太陽引導着地球和別的行星圍繞它而運動着，同時太陽本身還以每秒20公里的速度向着織女星而運動。一切星球的本身也同樣的在運動，但人們覺得它們彼此間在天空的位置是不變換的，這只是因為它們離我們太遠的緣故。與個別的星球在不同方向運動的同時，還發覺整個銀河系也在運動，而且太陽也參加了這個運動。總之，在空間的整個銀河系統是沿着不同的方向在運動。

研究天體發生的變化和它們之間的比較，得出了以下的結論：不同的星球和整個的星球系統，對我們顯示出它們的不同階段的發展。我們認為整個的宇宙是在時間和空間裏無窮發展着的物質過程。

人們在他的一生中，對於一切星球的變化和運動，是不易察覺出來的，並且就是在一世紀和一千年的過程中，也不易察覺出來，這是因為在星球世界裏的變化和運動的過程，是在令人難以想像的長時間內進行着的，而且星球本身又距離我們太遠。

正因為如此，所以人們還在太古的時候就開始區別出接近我們的太陽、月亮、行星、和無比遙遠的星球，人們稱這些佈滿天空的星球為不動的星球，或恆星。現在我們所看到的星球或星座的集團，與兩千多年以前古代希臘人所看到的是一樣。星球和星座相互間的位置看來好像是不變的，這個情況，給了我們根據星球就好像根據不動的標記來確定方向的可能。

第一章

確定方向的近似方法

確定所在地的方向——這就是說我們應當找出那一面是北方。找出北方之後，我們面對着北方而立(圖2)，那麼在右面就是東方，左面就是西方，後面就是南方。

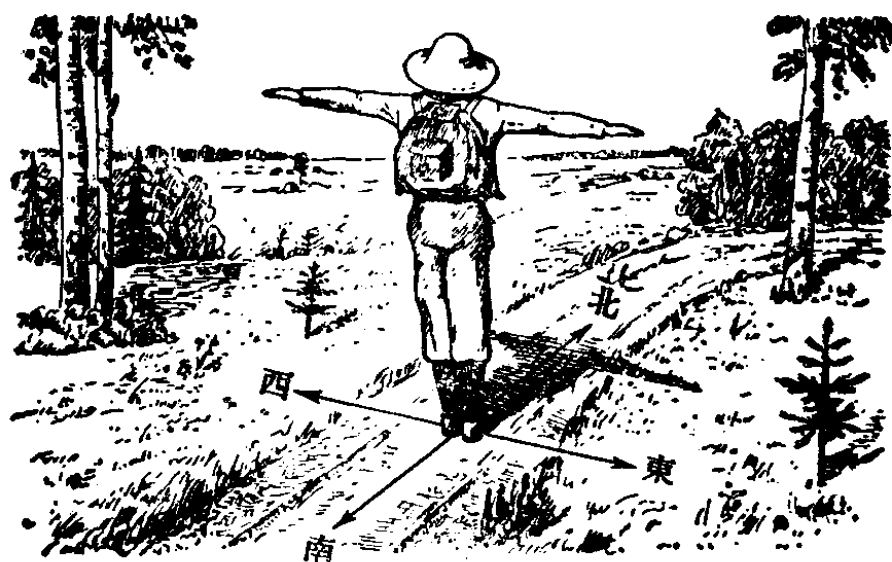


圖 2

如果我們攜有草圖或地圖，那麼在圖上就能指出北方：在草圖上通常標有箭頭，在地圖上則有經緯線，一條由南到北，一條由西到東。在某地區若沒有這樣的指示，確定北方就應當按照指南針或按照天空的星球：在白天根據太陽，在傍晚和夜裏根據月亮和星球。

通常認為：指南針上磁針的黑色尖端是指向地球的北極的。實際黑色尖端所指的不是地理上的北極，而是指向磁極，這磁極與地理上的北極是有一些距離的(磁極在北緯 70° ，西經 96° 處)。因此，一般指南針的黑色尖端是和準確的北方有偏差的，並且在不同的地方，這種偏差也各有不同。磁針靜止的方向與準確的北方之偏差角度，稱為磁針的偏角。在莫斯科磁偏角為東 7° ，也就是說磁針偏向真正

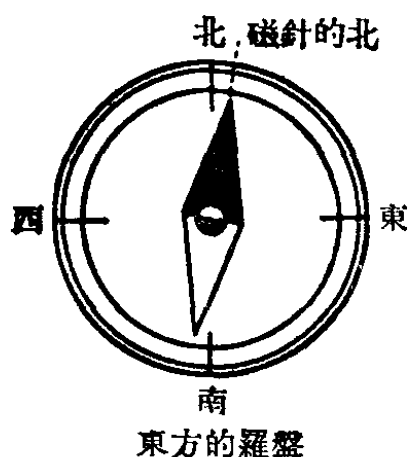


圖 3

北方的右方 7° (圖 3)。但是一個地方的磁偏角有時也有些改變,而在某些個別的地方,如在那裏的地下深處有鐵礦層的話,例如在庫爾斯克省,我們遠東和烏拉爾的一些地方,由於磁偏角太大,以至完全不能應用指南針。

在附錄 XV 裏(參看書末插圖)給出了中國各地的地磁偏角。

天空的星球給了我們更加準確地去確定地球上各地方的位置和方向的機會。

還在 1492 年,從事於陌生的海洋航行,而發現了美洲的哥倫布已經指出:應用指南針去決定正確的方向是不可靠的。他說:唯一的毫無錯誤的航海計算,就是天文學的計算;誰知道天象,誰就是幸運的。

觀察着天空星球的位置,我們就更加有把握地去確定方向,使我們能從迷途中走出來。首先我們來研究最簡單的、人人都瞭解的、根據天空星球測定方向的近似方法,這些方法是不需要專門的儀器與表冊的。

§ 1. 根據太陽測定方向

通常人們都說:太陽出在東方,落在西方。但是有觀察能力的人相信這種情況只是發生在一年的一定的日子裏,這日子就是白天與黑夜相等的時候,即是在 3 月 21 日春分和 9 月 23 日秋分的時候。在春天和秋天的時候,如果讓初昇的太陽在我們的右方,則我們將正朝着北方,如像飛行員所說:使太陽位在與飛機航線成直角之線的右方(意即使飛機右翼指向朝日)。使太陽在與飛機航線垂直之線的左方(即使飛機左翼指向朝日),則將去的方向是南方。正對着太陽的方向(太陽在航線的方向內),則將去東方。背着太陽(太陽在機尾),則是西方。在春天和秋天日落的時候,測定北方時,應使太陽在與飛機航線垂直之線的左方(即使飛機左翼指向落日);在測定南方時——

應使太陽在與飛機航線垂直之線的右方；在測定東方時——使太陽在機尾；測定西方時——使太陽在航線的方向內。

夏天快到時，日出日落的位置沿着地平線移動，一天天地接近於北方。這樣一直繼續到六月廿二日(夏至日)，在這一天白晝最長而夜間最短。因此，在夏天裏太陽是在北方和東方之間升起，在北方與西方之間落下(圖4)。以後，日出的位置又沿着地平線取返回的道路移動，一天一天的向着東方接近。日落的位置則返向西方。秋分那天，日出日落的位置又將從東西方向的另一側面，一天天地向南方接近。這樣一直繼續到十二月廿二日(冬至日)，這天將是白晝最短，夜間最長。太陽那時在南方與東方之間升起，在南方與西方之間落下。這以後，接着是春天的到來，太陽北行，日出日落的位置又接近於東方和西方。

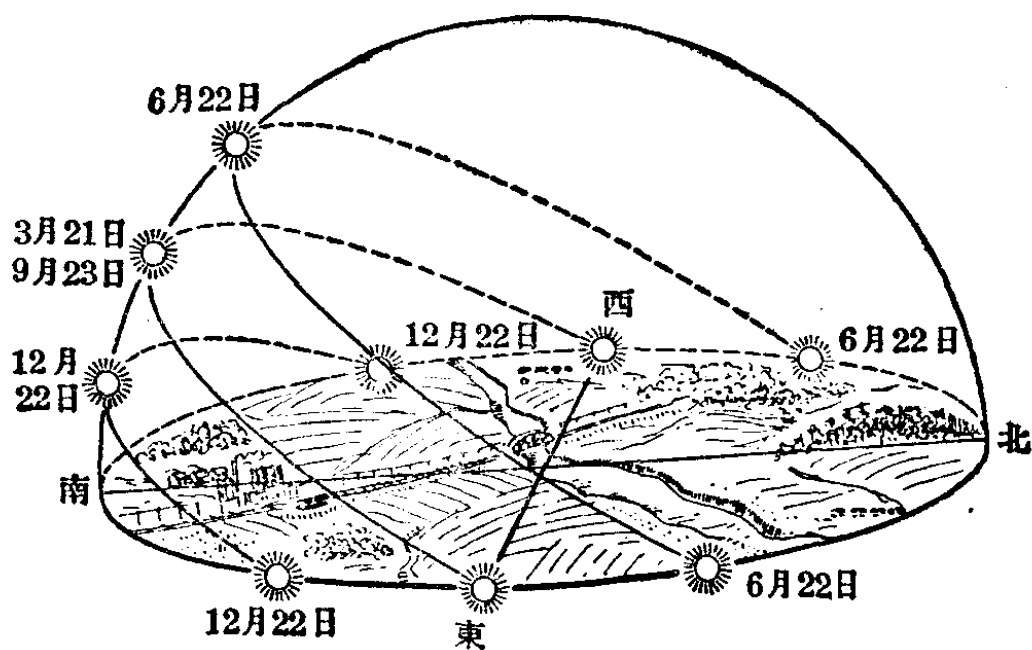


圖 4

日出日落的時間是變化着的：如在春分秋分的時候，太陽從地平升起，要經過6小時才達到日中(即經過四分之一晝夜)，日中以後又經過6小時才落下地平。夏天的太陽要升起得早些，落下得晚些；而在冬天則情形與夏天相反，太陽昇得晚些，落得早些。但是，在夏天日中前6小時，太陽在天空的位置大約在東方之上，日中以後6小時

則太陽位於西方之上。

日中的時候，太陽在天空佔據的位置是一天內太陽的最高位置，這時太陽恰好位於南方之上。這種情況是每天都有的，就是說在一年中的每一天，我們都能在日中時候毫無錯誤的確定南方，在這時我們只要面對太陽而立，便確定出南方了。我們感覺到在中午時候，一切直立着的物體的影子是最短的，因為這時太陽由地平上昇到了最高位置的緣故。這個最短的日中的影子，恰好指向北方。因此，連結南北兩點的水平直線就叫做南北線。

太陽在一晝夜裏沿着天空作一個整周的旋轉，而在一小時內則推進了全周的廿四分之一。全圓周通常分爲 360 份，或 360° ，全周的廿四分之一是 15° 。這就是說，在一小時內太陽被晝夜的旋轉推進了 15° 。

爲了給予天空度數的概念，我們指出：滿月和太陽的明顯的圓盤直徑大約是半度。又，很自然的伸直手掌，大拇指下半段與掌相觸，則食指與沿大拇指上半段的視線，所夾的角度約爲 15° 。

知道這一切，就能夠極近似的在白天不同的時刻，根據太陽去確定方向，並同樣的可以根據太陽在天空的位置去確定時間。

如果你有懷錶或手錶，那就能更好地根據太陽去認出方向。實際上鐘錶的圓盤面被劃分爲 12 小時，時針每一晝夜在圓盤上完成兩周的運動。即是當時針完成兩周運動的時候，太陽完成了一周的運動，也就是時針的轉動比太陽快一倍。

如果在日中的時候將錶面平放，使時針的尖端對着太陽，那麼時針所指方向就是南方。這時，時針應當指着錶面字盤上 12 的數字上。但因從 1930 年起，在蘇聯國內，民用時都比時區的時間（見第三章 § 9）撥快了一小時，所以在本時區平均子午線上的日中，並不接近 12 點，而接近 13 點（即普通鐘錶字盤上的午後 1 點）。在區內平均子午線以外之別的地方，其日中時刻與錶上 12 點的偏差大小，則依那地方經度的數目，和那地方對於平均子午線的遠近而各有不同。在日中前，或日中後的不論甚麼時候，都應當這樣放置錶面，使時針