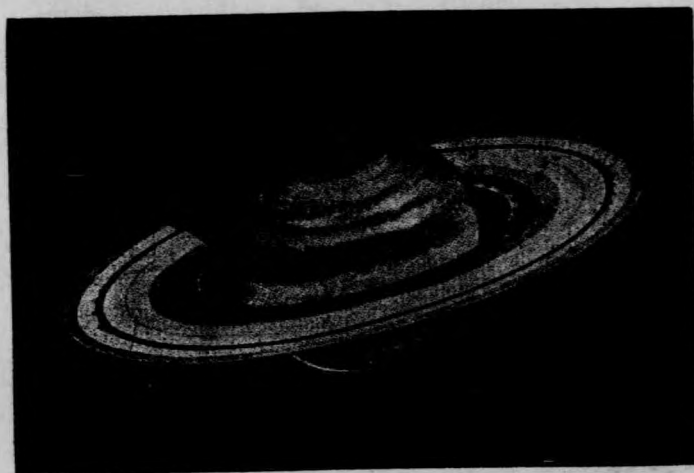


自然科學小叢書

天文學概論

陳遵媯著

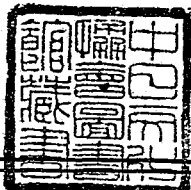
王雲五 周昌壽主編



商務印書館發行

MG  
P1  
12

15273



自然科學小叢書

天文學概論

陳遵媯著

王雲五 周昌壽 主編



3 1773 7534 6

商務印書館發行

## 序言

本書編著的主旨，是以供中等學生課外閱讀及失學青年自修研究之用。所以本書不是爲天文專家而寫；不過有系統的敘述天文學上的一般常識而已。凡研究其他科學的人，或從事於普通教育的人，都可以作爲一種參考書用。

本書的敘述，注重近代天體物理學的事實；二十世紀以來的發展，最近天文家研究的結果，都有加以簡單的說明。但是未解決的問題，省略去也不少。

關於通俗天文學的中文書籍，有下列幾本，可以供有志研究天文者的參考。

普通天文學

張雲

國立中山大學出版

宇宙壯觀

陳遵媯

商務印書館

天文學論叢

張鈺哲

商務印書館

序言

還有中國天文學會出版的宇宙月刊，登載天文學的新智識，亦堪供閱讀。英文本則以羅素等 (Russell, Dugan, Stewart) 所著的 "Astronomy" 一書，最爲詳細，也可以作爲參考。

民國二十六年一月一日，著者識於南京紫金山天文臺。

# 目錄

## 第一編 緒論.....一

### 第一章 天文學的意義和分類.....一

意義——天體——分類

### 第二章 天文學和氣象學的區別及其功用.....六

區別——功用

### 第三章 天文學的發達小史.....九

太古時代——希臘天文學——蒙古天文學——地動說——刻卜爾三定律——加里尼——

萬有引力——恆星智識的進步——星雲假說——天體物理學的興起

### 第四章 座標.....一九

天球——地平座標——赤道座標——黃道座標——相對座標

第五章 天文儀器……………二七

折光遠鏡——返光遠鏡——赤道儀——子午儀——天文鐘——分光儀——光度計

第二編 太陽系……………四五

第六章 地球……………四五

概說——形狀和大小——質量——內部構造——大氣——經度和緯度——緯度變移——

自轉——歲差和章動——公轉——光行差

第七章 太陽……………六八

距離——大小和質量——黑子——自轉——溫度和熱量——光球——反變層——色

球——日珥——譜斑——日冕

第八章 太陰——月亮……………八九

距離——大小和質量——月面——蒙氣和溫度——白道——位相——公轉——自轉

——天平動——掩星——對於地球的影響

第九章 月食和日食……………一〇六

月食——日食——日全食——食數——沙羅周期

第十章 天文學的實用……………一一〇

恆星時——太陽時——地方時和標準時——日界線——民用時——年——太陰曆——

太陽曆——改曆——紀日法——方位的測定——時的測定——經度的測定——緯度的

測定

第十一章 行星……………一四五

行星系——視運動——距離——軌道——水星——金星——火星——小行星——木星

——土星——天王星——海王星——冥王星——黃道光

第十二章 彗星和流星……………一八六

彗星——周期彗星——彗星族和彗星羣——流星——流星羣——彗星和流星的關係——

隕石

第三編 恆星宇宙……………二〇六

第十三章 恆星……………二〇六

星座——二十八宿——星名——星圖——星表——光譜——表面溫度——距離——星  
等——星暈——直徑——視線運動——自行——星流

第十四章 雙星和變星……………二三八

雙星——分光雙星——變星——新星——長期變星——不規則變星——短期變星——  
食變星

第十五章 星團和星雲……………二五一

星團——球狀星團——星雲——行星狀星雲——瀾漫星雲——旋渦星雲——  
河外星雲的本質——島宇宙——光的吸收層

第十六章 宇宙論……………二七八

恆星的分布——恆星密度和恆星比——銀河系——旋渦星雲的起原——恆星演化論——  
太陽系的起原——愛因斯坦的宇宙論

附錄——名詞索引 專名索引 星圖四幅



# 天文學概論

## 第一編 緒論

### 第一章 天文學的意義和分類

【意義】什麼叫做天文學 (Astronomy)？簡單的說：『天文學是研究天體 (Heavenly bodies) 的學問。』牠是自然科學的一種。牠所研究的，是天體的運動和天體的物理學性質；所以詳細的說，天文學所研究的，是

- (1) 天體的視運動、真運動和支配這些運動的定律；
- (2) 天體的形狀、容量、質量、表面的形態、性質、構成物理狀態；
- (3) 天體彼此間的引力作用和輻射的關係；



(4) 天體的過去歷史和未來的發達進化。

【天體】 什麼叫做天體？這就是普通叫做星 (Star)，若是詳細的說，天體是：

(1) 太陽 (Sun)——恆星的一個。

(2) 月亮 (Moon)——地球的衛星。

(3) 行星 (Planets)——水星 (Mercury)、金星 (Venus)、地球 (Earth)、火星 (Mars)、木星 (Jupiter)、土星 (Saturn)、天王星 (Uranus)、海王星 (Neptune)、冥王星 (Pluto)。

(4) 小行星 (Asteroids)

(5) 衛星 (Satellites)

(6) 彗星 (Comets)

(7) 流星 (Shooting stars)

(8) 恆星 (Fixed stars)——雙星 (Double stars)、變星 (Variable stars)、星團 (Star cluster)、星雲 (Nebula)

等的總稱。除恆星以外的天體，都叫做太陽系 (Solar system)。

【分類】 天文學所研究的對象是天體，而研究的目的各有不同；現在為研究便利起見，把牠分做三大類。

(一) 星象學 (Astrometry) 研究天體的彼此關係、位置、距離、大小、表面狀態、真運動和視運動等。這類發達非常的早，所以又叫做舊天文學 (Old Astronomy)。普通又可以分做四類。

(1) 球面天文學 (Spherical Astronomy) 是假設天體的運動都在天穹 (Vault of heaven) 的上面，以研究牠的位置、運動和其他種種的現象。例如日食、月食以及行星凌日等現象，都屬於這類所研究的範圍，這是一切天文學的基礎。

(2) 實用天文學 (Practical Astronomy) 是說明觀測天體所用儀器的理論和使用的方法，以及誤差消去法等等。在天體物理學沒有發達以前，這類應用非常廣大。

(3) 天體軌道學 (Theoretical Astronomy) 是推算天體的將來或過去的位置，編製天文年曆或航海通書。

(4) 天體力學 (Celestial Mechanics) 是以力學的智識來研究天體的運動。

(11) 天體物理學 (Astronomical Physics or Astrophysics) 研究天體的物理性質，就是研究天體的光度、光譜的特性、溫度、輻射、內部構造和豪氣表面內部的現狀等等；更進一步，求牠的原理，由原理可以知道天體的運動狀態。這是天文學中最近所發達的，所以又叫做新天文學。通常又分做三類。

(1) 天體攝影學 (Astrophotography) 是研究攝取天體的方法和由照片研究天體表面模樣和天空的狀態，再由這種底片，可以計算天體的位置。

(2) 天體光度學 (Astrophotometry) 以測定各種天體放射光綫的強弱為目的。

(3) 天體分光學 (Astrospectroscopy) 用分光儀求天體的光譜，以研究天體運動的速度、溫度、壓力和成分等等。

(12) 宇宙原始論 (Cosmogony) 研究宇宙是怎樣的開始？牠的開始的狀態和自從開始到現在的經過以及將來如何終結的問題。最近又分做宇宙構造 (Structure of universe) 和星

體演化 (Evolution of stars) 二種。

其他還有就天文學上的事實和原理等，按一定系統而敘述者，叫做敘述天文學 (Descriptive Astronomy)，是研究天文學的入門。

## 第二章 天文學和氣象學的區別及其功用

【區別】天文學和各種科學都有相當的關係；關係最密切者，從前是數學，現在可以說是物理學。至於天文學和氣象學的關係，實際上不如數學和物理學的關係那樣密切；但是普通却把天文學和氣象學，認做一種科學，其實不然。

天文學和氣象學 (Meteorology) 的區別到底是什麼？極通俗，極簡單的說：

天文學是研究高於雲彩的各種現象的學問；

氣象學是研究雲彩和牠的下面所發生的現象的學問。

若更詳細的學術的說：

天文學是研究宇宙間天體的運行和性質的學問；

氣象學是討論地球周圍空氣的狀態而攻究其中所發生的現象的學問。

【功用】 我們人類無時不生活於空氣裏頭，不斷的受天氣變化所支配，所以氣象學對於人類的關係非常密切。但是天文學也有還大的功用。牠的功用，簡單的說，可以分做十段。

(1) 觀測天象可以決定農時。例如某一個明亮的天體，繼日沒而即上昇時，宜從事於農作，或且某一定地方，某星座於夜半達最高空中的時期，常為雨季的開始等等。

(2) 定時間的單位。就是觀測太陽完全恢復同樣位置所需要的時間，定為一年。

(3) 確定時刻。就是觀測天體，以校正鐘錶的時刻。

(4) 觀測天體，可以決定遠離兩個地點間的距離。

(5) 幫助航行的安全。就是於船上施行簡單的天體觀測，可以使船按正確的航路而前進，決不至於出乎航路之外，以至於發生危險。

(6) 幫助大地測量學的工作。例如測定經緯度，決定地點的位置，以便地圖的繪畫等等。

(7) 幫助地理學的研究。例如天文學的振子觀測，可以發見有用的鑛床。

(8) 幫助地球物理學的研究。如測定地球的平均密度和地球內部的構造等等。

(9) 調查地球上人類歷史的時候，天文學可以給與確定的年代；就是對於社會科學，有所幫助。

(10) 幫助哲學問題的解答，並有莫大的貢獻。

以上所說的，不過舉其大概。就科學全體來說，天文學還有莫大的功勞。就是天文學的研究，可以增進科學家以研究爲目的的心理，而消滅其功利的觀念。牠還可以調劑科學家的思想，這和宗教道德之調劑普通社會上人類的心理一樣。我們已經知道科學的產生，以天文學爲最早，要使科學能够長久保持牠的地位永垂不替者，亦必藉天文學調劑的功勞。所以天文學的功用，非常的大。



## 第二章 天文學的發達小史

【太古時代】 天文學是最古的科學；無論如何野蠻未開化的民族，對於天文學都有多少的智識。他們知道由天體可以知道時刻和方位；還知道季節的變化。他們遊牧於山野以及播種於田間，都以太陽和星爲重要的指導者。

世界上有悠久歷史的民族，都有他們的相當天文學的智識。我國歷代都以編曆爲帝王的事業。堯舜時代，以觀測天體的運行爲重要的政務。可惜我國的天文學，僅限於實用，尤注重於曆法；對於理論方面，毫無發展進步。

古代天文學的特色，是以天體的運行，占個人和國家的命運，就是向占星術方面進展。我國古代書籍，常常載有『牛犯大星則將軍死』以及『彗孛犯織女則后族亂』等，都是認爲大事變的前兆。所以我國古代對於日食和彗星的記錄非常的多，都是占星術資料的紀載。西洋亦是如此，巴

比倫的占星術，對於希臘天文學的勃興是有莫大的幫助。

【希臘天文學】希臘於紀元前三世紀左右，已經知道地球是圓形，對於日月食發生的理由，雖然不甚完全知道，但是已經略知推算的方法了。亞里斯塔卡（Aristarchus，前365年左）已經主張地球自轉和公轉，但是一般都不能加以承認。當時最著名的天文家叫做希巴爾卡（Hipparchus，前190—125年左右）。他測定一千八百個恆星的位置，作三角術的基礎，以經度和緯度定地上的位置，由觀測算定一年的精確長度，規定水金火木土五大行星環繞太陽一周的公轉周期，又測定黃赤交角的數值。黃赤交角是地球赤道平面和地球公轉軌道平面的交角。他又發見地球和太陽的距離隨季節而變化。又概算太陽的距離，發見春分點的移動，就是所謂歲差的現象。

當時埃拉托斯塞尼斯（Eratosthenes，前276—196年）由正午太陽高度隨緯度而變化的事實，算出地球周圍的長度。亞里斯多德（Aristotle，前385—322年）由出帆的船，先沒船體，後沒船帆的事實，證明地是一個球形。他認地球的自轉，但否認公轉。他認爲地球若是公轉於太陽

的周圍，則軌道上相對的點就是春和秋，或夏和冬，從地球所看的恆星方向一定有變化；就是恆星有視差。他努力觀測，不能發見這個視差，結果遂否認公轉。

約在希巴爾卡斯三世紀以後，托雷密 (Ptolemy) 紀元後 140 年左右) 是希臘後期的代表的天文家，他所活動的時期是公元 127 年到 151 年之間。他和希巴爾卡斯一樣，不是一個觀測家，但是搜集當時的一切天文學的智識，編成一部有系統的天文書，叫做托雷密天文集 (Almagest)。他以球形的地球為宇宙的中心，想像宇宙的直徑是比地球大的多。他不贊成地球的自轉學說，以為天球每日由東向西迴轉一周。他又作三角法的數表，對於測知各地方各時刻的太陽高度和日的長短，非常的便利。他由從前的日月食記錄加上自己的觀測，作為預報日月食的基礎。他增補希巴爾卡斯的恆星表，記載恆星在星座中的位置，分布的狀態和光度等等。托雷密天文集通行全歐，直到十六世紀為止。

【蒙古天文學】托雷密以後，希臘的天文學就傳到阿剌伯；對於太陰運行的理論，漸有詳細的研究，恆星表的製造也漸漸完成。現在恆星的專名中，還有很多都是阿剌伯的名字。1258 年蒙

古旭烈兀陷巴格達德 (Bagdad) 以後，對於阿刺伯天文家非常優待，結果用精巧的儀器，觀測星辰，作成新恆星表，叫做伊兒汗表。1420年于魯伯 (Ulugh Begh) 建天文臺於撒馬兒罕，作行星的新表和有名的恆星表；這表是以後數世紀間歐洲天文學的基礎。1419年他被殺以後，蒙古天文學又移到歐洲。

【地動說】哥白尼 (Copernicus, 1473—1543) 認知日月星辰東出西沒的現象，是由於地球自轉的原故；更進而知地球和水金火木土五星相同，亦公轉於太陽的周圍。這是最初提唱太陽中心說的一人，其名之垂於不朽亦由於此。當時因為羅馬法王的勢力非常的強大，所以哥氏不能正式發表；後來他托朋友出版的時候，他的朋友在序文裏面，武斷的說：『我自己不相信地球的運動，不過假定地球環繞太陽周圍而運行，對於研究行星的運動，可以簡單加以說明；我不過為說明的便利起見，採用這個假說，而地球仍然不動。』這種序文的話，實際不是哥氏的真意。

【刻白爾三定律】地動學說雖然能够把太陽行星安放到適當的位置，而行星如何的繞着太陽行走，仍是一個困難的問題。過了許久的研究，到了十七世紀初年，纔有人將行星運行法則簡

單說明，使他能够和天象相合；這法則就是刻白爾 (John Kepler, 1571—1630) 的行星三定律。他是根據丹麥天文家第谷 (Tycho Brahe, 1546—1601) 所觀測的記錄，加以整理纔發見這個大定律。他說：(一) 行星所走的軌道是一個橢圓的形狀，太陽的位置，就在橢圓軌道的一個焦點上；(二) 連結行星和太陽的直線，在相等時間內所拂過的面積是相等；(三) 各行星軌道半徑的立方和行星循行軌道的周期的平方成比例。這種發見便打破從來以行星限於等速圓運動的觀念，誠堪令人佩服萬分。但是這三種定律只能使人知道其然而不曉得行星爲什麼必定要按着這三定律而走動；於是當時的天文研究，就更進一步在那裏討論這個所以然的問題。

【加里尼】 1610 年加里尼 (Galileo Galilei, 1564—1642) 用凹透鏡和凸透鏡合成一個三十三倍的遠鏡，這和現代的雙眼鏡一樣。他用這個遠鏡發見恆星的數目增加甚多；觀測太陽，發見他的黑子，由黑子的移動，知道太陽的自轉；觀測太陽，發見牠的表面上噴火口、山脈、平野等現象。又發見木星的四個衛星和他們的公轉，金星的盈虧現象，和土星兩側的奇怪附屬物（他不知道是環）等。他也是主張地動學說的一人。

【萬有引力】 集合哥白尼、第谷、刻卜爾、加里尼等的研究，作成天文學及物理學的基礎原理，解決行星所以必要按着三定律而走動的問題，便是鼎鼎大名的奈端 (Isaac Newton, 1642—1727)。他最大的功績，就是萬有引力定律的發見。他說宇宙裏面，任何兩物體之間，總有引力存在；這引力的大小，和該兩物體的質量的乘積成正比，而和兩物體間的距離的平方成反比例。研究行星的行動，從這定律作出發點，則刻卜爾所發見的三定律，可以完全按照數學的步驟，一一導引出來；換句話說，萬有引力的原理，可以把刻卜爾的三定律完全包括在裏面。天體力學的研究，也就在此時期開始了。

萬有引力定律，不但可以說明行星運行的所以然；許多天文學上的問題，用萬有引力來研究，大都可以得到相當的解決。如同潮汐的漲落，地球的形狀，物體的下墜，彗星的來去等，全可藉萬有引力的道理，加以解釋。除了說明天空現象的功用以外，萬有引力定律並能探出從未經見的天體的存在；海王星的發見，便是萬有引力定律的大成功。自從雙星發見以後，可以知道萬有引力不但支配太陽系裏的行動，簡直可以普及到無遠弗屆的星辰。

奈端除了發見萬有引力定律之外，還用凹面鏡作返光遠鏡；發明微積分學，以解決複雜的現象，困難的問題。他從地球赤道隆起帶的日月引力的結果，說明歲差的現象，希巴爾卡斯以來的謎遂得以解決。他又以玻璃稜鏡對着暗室內穿過小孔的日光，是為最初得見太陽的光譜；他由這裏取出七個純色，證明這些光的混合，纔成爲白色。他又研究石鹼球等所現的薄膜顏色，是爲普通光學及分光學的基礎。

【恆星智識的進步】關於太陽系的問題，到了奈端的時代，大部分已經解決了；但是對於恆星的知識，當時非常的薄弱。天文家所已知的重要事實，如（一）恆星不是固定不動，他們有自行（Proper motion），就是恆星的位置漸漸變化或以長久周期而復返。（二）恆星的距離非常的遙遠，是沒有方法去測定的。（三）有的恆星是周期的變化他的光度。這些知識，到了布拉德利（James Bradley, 1692—1762）和威廉·候失勒（William Herschel, 1738—1822）時代，始有進步。

用遠鏡觀測恆星的精確位置是從布拉德利開始，他觀測 3222 個的恆星的精確位置。1813

年白塞爾 (Friedrich Wilhelm Bessel, 1784—1846) 把他的結果，爲有系統的改算過，作爲 1750 年天球上恆星位置的標準。把他的結果和現代所觀測的相比較，就可以知道其間恆星位置的變化。布氏最努力的工作是測定恆星的距離；要知道恆星的距離，當然非發見視差 (Parallax) 不可。從地球軌道的兩端看同一個恆星的位置變化的角距離，叫做視差。布氏知道視差是微小的角度，所以用非常精密的觀測，希望發見恆星的視差；他的計劃和所用的方法，都是正當的，可惜當時遠鏡的精確程度，不能觀測  $5''$  以下的角，所以沒有多大的成功。但是在他努力觀測的時間，發見星的光行差 (Aberration of light) 和地球的章動 (Nutation of the earth axis)。光行差是和地球運行方向成某角度方向的星體所來的光，略有方向變化的現象；這和我們坐在行走的車中看見直下的雨成爲斜下的現象一樣。章動是太陽軌道上位置變化所發生的歲差周期的變化。這些和恆星的觀測位置，都有直接的影響。

1781 年 3 月 13 日發見天王星的威廉·侯失勒，曾自製返光鏡 430 具，其中以直徑 4 英尺爲最大。他曾將天空選定 3400 個規定視野 (Gauge-field)，計算其中恆星的總數；並研究



裏面雙星、星雲和星團等的分布情形。他發見 806 個雙星和 2500 個星雲；又有系統的觀測重要恆星的光度。他對於太陽亦非常的注意，特別注重黑子的研究。他年八十七歲死了以後，其子約翰·侯失勒（John Herschel, 1792—1871）繼續研究天文；他曾自製直徑 18 英寸的遠鏡，再將其父所觀測的雙星重新測定一遍。他由於兩次觀測位置的變化，確定雙星的互相迴轉現象，可以推定他的軌道；發見新雙星 3000 對和其他星雲星團頗多。1834 年至 1838 年間，約翰又到好望角，計算南天 2299 個規定星野的恆星數，研究墨氏臘尼雲（Magellanic clouds），又新測定 2000 對之雙星和 2000 個左右的星雲。

【星雲假說】奈端以後，能够繼續他的學說，努力於天體力學的人，要算法蘭西人拉普拉斯（Marquis de Laplace, 1749—1827）。他對於太陽系生成的步驟，曾經創了一種著名的學說。他說太陽系的全部，是由於星雲蛻化而成的。這個星雲在盤古分天地的時代，是非常的龐大；而且有自轉，他的方向和太陽系現在種種轉動的方向相同。當星雲熱度消散的時候，體積就逐漸的縮小，而轉動的速率也隨着增加；等到轉動增快到某種程度的時候，星雲的邊緣，便脫下一環來，這環經

過破碎和凝聚之後，就成了一個行星。星雲本體仍然繼續冷縮，以便第二第三等等行星，照樣的誕生出來。冷縮剩餘的星雲，就是我們所看到的太陽。這就是叫做星雲假說 (Nebular hypothesis)。但是後來天文的發見和力學的研究，處處的暴現出來這演化論的缺點；所以此說難免漸歸淘汰而遜位於近代的演化論了。

【天體物理學的興起】 十九世紀以後，遠鏡的口徑漸漸的增大，所以天文學的觀測更加精密；不獨如此，因為攝影器和分光儀等新儀器的應用，近代的天文研究，遂有長足的進步，是為天體物理學興起的時期。

## 第四章 座標

【天球】我們所看見星體分布的天空是一個球狀，叫做天球 (Celestial sphere)；理論上的天球是一個以觀測者眼睛為中心，以無限大的長為半徑的球。因為半徑是無限大，所以中心位置雖然移動有限的距離，天球還是不變；換一句話說，就是從地球上相離有限距離的兩點所看天球上星體方向都是一樣的。遇到必要的時候，天球中心可以移動；有時以地球中心或太陽中心為天球的中心。

天球上的位置，只用方向來決定，和距離沒有關係。天球上兩星彼此間的距離，是以兩星各別和天球中心相連結的兩半徑間所成的角度表明牠；這叫做角距 (Angular distance)。太陽和月亮的視直徑 (Apparent diameter) 也是用角度來表示，大約是  $31'$ 。我們可以說月亮的直徑大概是半度，但是不能說牠是五寸或一尺；因為用普通的長度單位來表示，是毫無意義的。

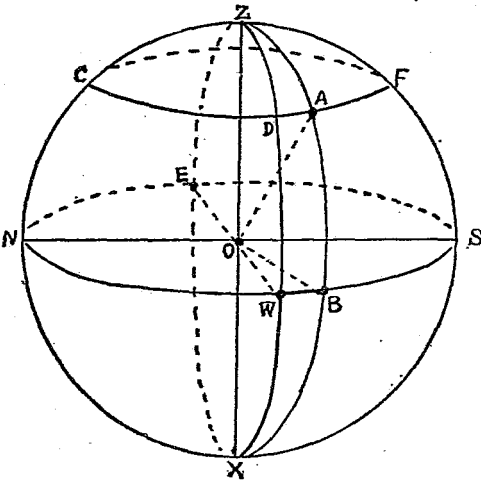
要定地球上星體的位置非用種種的座標不可；天文學上所常用的座標有三種，就是地平座標，赤道座標和黃道座標。每一個座標都要先定互相垂直的三軸，叫做X, Y, Z軸。

【地平座標】設於某一個地點定鉛垂線，作為Z軸的方向；這樣，則含X Y的平面叫做地平

(Horizon) Z軸和天球相交於兩點，在我們

的頭上的一點，叫做天頂(Senith)，脚下的一點，叫做天底(Nadir)。我們在海洋上所看見的地平，和水平線大概相一致；而在陸地上，因為有種種東西的防礙，所以不甚明瞭。

天球上通過天頂和天底的大圈(Great circle)，叫做地平經圈(Vertical circle)，和地平是互相垂直的。又在地球上和地平平行的



第一圖 地平座標

(Parallels of altitude) 於地平面上，以南北方向的線爲 X 軸，東西方向的線爲 Y 軸。

於第一圖上假設 O 爲觀測者的位置，則 N W S E 是地平，Z 是天頂，X 是天底，Z A B X 是地平經圈，A F O D 是地平緯圈。

現在假設有一個星在於 A 點，而通過 A 星的地平經圈和地平相交於 B 點；則  $\angle A O B$  角叫做 A 星的地平緯度 (Altitude)，俗稱爲高度。 $\angle O Z A$  角叫做天頂距 (Zenith distance)，和地平緯度是互爲餘角，就是兩角相加等於九十度。

於地平上，S 爲南，E 爲東，N 爲北，W 爲西。角  $\angle O A$  叫做 A 星的地平經度 (Azimuth)；是以南爲起點，向西計算，一周爲三百六十度。

我們若然知道一個星體的地平緯度（或天頂距）和地平經度，就可以確定牠在天球上的位置。用這種方法，決定星體的位置，叫做地平座標 (Horizontal coordinates)。

地平座標是最容易知道的，這是牠的長處；但是缺點頗多。第一，觀測者的位置不同的時候，鉛垂線的方向就不同，就有各不相同的地平座標。第二，星體的地平經度和地平緯度是隨着時刻而

變化。所以我們若不把時刻和地點記載出來，則地平座標是毫無價值，這是非常的不便利。所以非想一個和時間沒有關係的座標。

在第一圖上， $NZSX$  叫做天球子午圈 (Celestial meridian)， $EZWVX$  叫做卯酉圈 (Prime vertical)。

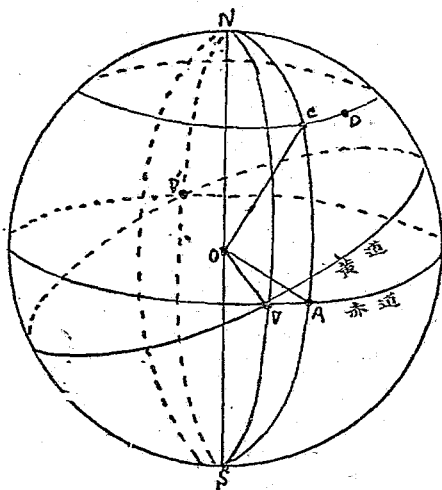
【赤道座標】 設以地球中心爲天球的中心。將地球自轉的軸向兩端延長，和天球所交的点，叫做天極 (Celestial poles)，在北的叫做北極 (North pole)，在南的叫做南極 (South pole)。以這個地軸的延長爲座標的  $Z$  軸，含  $X$  軸的平面是和地軸相垂直，就是等於地球赤道面的延長平面。這個平面和天球相交的地方，叫做天球赤道 (Celestial equator)。

天球上，通過兩極和赤道相垂直的大圈，叫做時圈 (Hour circle)，又天球上和赤道相平行的小圈，叫做赤緯圈 (Parallels of declination)。通過天頂和南北極的時圈可以決定南北方向，是和子午圈相一致。

延長地球軌道的平面，和天球相交的大圈，叫做黃道 (Ecliptic)，我們從地球看過去，太陽每

年在天球上行走一周的徑路，就是叫做黃道。黃道和赤道的交點有兩個，太陽從赤道南向北行走所通過的一點，叫做春分點 (Vernal equinox)，他一點叫做秋分點 (Autumnal equinox)。黃道面和赤道面相交，大概成爲  $23^{\circ} 27'$  的角度，這叫做黃赤交角 (Obliquity of the ecliptic)。於春分點和秋分點的中央，黃道上最近於北極的一點，叫做夏至點 (Summer solstice)，於秋分點和春分點的中央，黃道最南的一點，叫做冬至點 (Winter solstice)。

通過春分點 V 的時圈  $NVS$  (如第二圖) 是表示一切時圈的基點。設通過星 C 的時圈交赤道於 A 點，則角  $\angle VOA$  叫做星 C 的赤經 (Right ascension)。赤經自從 V 點向東計算從  $0^{\circ}$ 。



第二圖 赤道座標

至  $360^\circ$ 。而一周角  $COA$  叫做星  $C$  的赤緯 (Declination)，北半球星體的赤緯爲正 (+)，南半球爲負 (-)，都是從  $0^\circ$  到  $90^\circ$  止；就是赤道上星體的赤緯爲  $0^\circ$ ，北極的赤緯爲  $+90^\circ$ ，南極爲  $-90^\circ$ 。

普通又有用時 (h) 分 (m) 秒 (s) 表示赤經，例如說星  $C$  的赤經爲  $1^h$ ，赤緯爲  $+40^\circ$  等。時和度的關係如下：

$$1^h = 15^\circ$$

$$1^m = 15'$$

$$1^s = 15''$$

$$360^\circ = 24^h$$

通過某星的時圈和天球子午圈所成的角，叫做時角 (Hour angle)，是從子午圈向西計算。太陽恰從東天出來時候的時角是  $18$  時，於正午爲  $24$  時，就是  $0$  時。

以赤經赤緯決定星體的方法，叫做赤道座標 (Equator coordinate)。恆星的赤經赤緯差



不多沒有什麼變化，所以用這個座標表示和時間沒有關係的位置甚爲適宜。恆星表都用這種座標。春分點中天的時候爲0時，我們將鐘表調整，使和地球一自轉爲24時相合，則赤經2時的星，於鐘表上2時中心，觀測甚爲便利。天文家用時來表示赤經，也就是這個理由。

【黃道座標】和赤道座標相似，但以黃道面替代赤道面，這樣座標叫做黃道座標 (Ecliptic coordinates)。自黃道面中心引該面的垂線，和天球相交於兩點，叫做黃道的極；這極和天極相距各約 23° 27'。

通過黃道兩極的大圈叫做黃經圈 (Circle of longitude)，和黃道相平行的小圈叫做黃緯圈 (Parallel of latitude)。在黃道上，自春分點起，由西向東計算的角度，叫做黃經 (Celestial longitude)；通過星體的黃經圈上，星體距離黃道的角度，叫做黃緯 (Celestial latitude)。黃道座標是以星體的黃經和黃緯表示牠的位置。研究行星對於太陽的運動時候，多用這種座標。太陽差不多只有黃經有變化，但黃經黃緯不能由直接觀測而求得，要先得赤經赤緯，然後再改算爲黃經黃緯。

其他，還有以銀河平面為基準的銀河座標 (Galactic coordinates)，這是研究恆星分布時候所常用的座標。

【相對座標】表示兩個接近天體互相關係底時候，或且相對的表示日月中心和邊緣一部分底位置底時候，就用相對座標 (Relative coordinates)。這個時候，是以大的星或中心為基點。設於第二圖上，C 為大星，D 為小星，則連結 C 和 D 的大圓弧，就是角  $\angle COD$  叫做角距； $\angle D$  和赤經線  $\angle C$  所成的角叫做方位角 (Position angle)，是以北為 0 度，向東、南、西方向計算至 360 度。相對座標是以角距和方位角表示兩星的彼此關係。

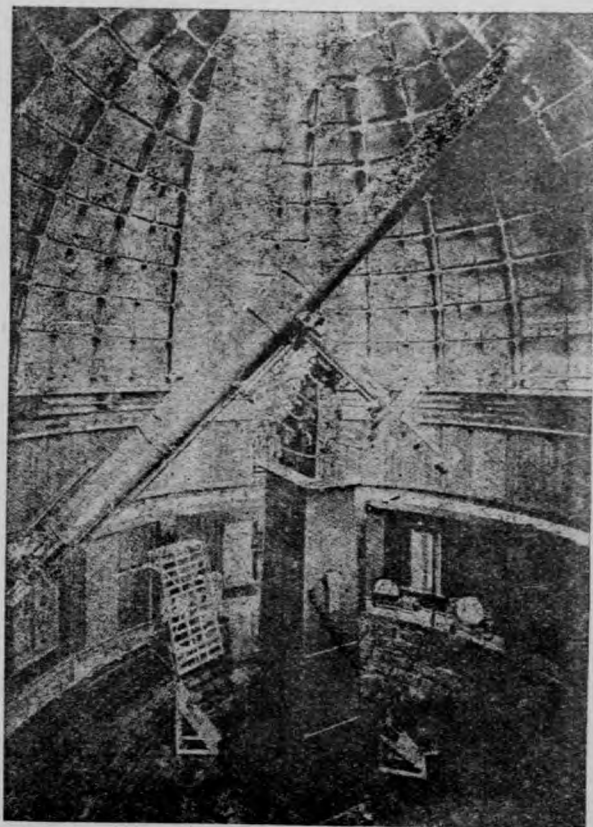
## 第五章 天文儀器

天文學上所用的儀器，自然以遠鏡爲主，而遠鏡又有折光遠鏡 (Refracting telescope) 和返光遠鏡 (Reflecting telescope) 的區別。

【折光遠鏡】折光遠鏡是以物鏡 (Objective) 和目鏡 (Eyepiece) 爲主要的部分；天文學上所用的，是爲凸透鏡，或用他們合成的消色透鏡 (Achromatic lens)。

物鏡的目的有兩種，一個是務必多量集合對象（例如星體）所來的光，一個是作對象的像。物鏡的面積愈大，所集合的光量愈多；我們普通說遠鏡的大小，就是指物鏡口徑的大小而言。像太陽和月亮等光亮的天體，當然沒有大物鏡的必要，但是弱光的恆星和星雲等，則大有關係；遠鏡越大，就是物鏡愈大，所見的星數越多，因爲微暗的星光也可以看見的原故。

星光經過物鏡所作出的像，擴大映到我們的眼睛，這是目鏡的功用。目鏡普通是由兩個凸透



第三圖 世界最大的折光遠鏡

美國葉凱士天文臺 (Yerkes Observatory) 的 40 英寸折光鏡

鏡合成的，合成的方法又有兩種。一種叫做正目鏡 (Positive eyepiece)，是兩個平凸透鏡的凸

面彼此相對中間嵌有金屬管；這種沒有消色，但視野平視，星像的位置在透鏡的稍前面一點。一種叫做負目鏡 (Negative eyepiece)，兩個平凸透鏡的凸面都向着物鏡的方向；這種業已消色，但視野不像上種的平視，邊緣略有灣曲，星像是在兩個透鏡的中間。

【返光遠鏡】

將具有拋物線體的



第四圖 世界最大的返光遠鏡

美國威爾遜山 (Mt. Wilson) 天文臺的 100 英寸返光遠鏡

反射鏡面，代替折光遠鏡的物鏡，就成爲返光遠鏡。因爲物鏡要消色，所以非磨四個球面不可；而反射鏡則只要一而，所以比較便利。鏡的材料，從前用銅錫的合金，現在用玻璃而表面則鍍薄銀；最近幾年又發見不用鍍銀而鍍鋁，更爲便利。

返光鏡所作的像，在於鏡的前面，所以要在前面的地方，再裝一個小返光鏡，使像反射到目鏡，再由目鏡而擴大之。這種裝置有兩種的方法。一個叫做奈端式遠鏡，這個方法是將一個平面鏡斜放在焦點的前面，使返光所成的像變爲側面的像。一個叫做蓋養林式遠鏡 (Casegrainian telescope)，他的方法是於鏡管的上端附近，放一個凸面鏡，將他返光所成的像，通過大返光鏡中央的小孔而觀測之；若穿小孔甚爲困難，就在鏡的前面斜放一個小平面鏡，將光送到側面。這種方法的便利，是用種種凸面鏡可以變化像的大小。將小返光鏡放在前面，自然有一點妨礙大返光鏡所集的光，這是沒有方法可以避免的。小返光鏡是用細針金結在前面，所以用返光遠鏡所攝取輝星的像，常常成爲放射的形狀。

肉眼對於黃色和綠色感覺較強，照相則以青色和紫色感光較強；所以肉眼觀測用的遠鏡，常

常不適合於照相用的要另爲裝置一鏡和肉眼觀測的遠鏡相平行。有時於普通遠鏡上，加上一枚透鏡，或且放上僅能吸收青色和紫色等短波長的光的薄膜，作爲照相之用。返光遠鏡用肉眼觀測時候，可把目鏡裝上；用爲照相的時候，就把底片放在焦點的位置，有時放在焦點的附近。

肉眼所看物像的視角直徑就是在眼睛所挾的角和用遠鏡所看的視角直徑的比，叫做遠鏡放大率 (Magnifying Power)。例如若將視角直徑 1' 的行星 30 倍起來，則視角直徑爲 30'，就和月亮一樣大。放大率的計算公式，是

$$M = \frac{F}{f}。$$

式中， $F$  是物鏡的焦距， $f$  是目鏡的焦距。

普通遠鏡都多預備幾個目鏡，以備變更放大率之用；小遠鏡預備兩三個，大遠鏡往往有預備十幾個之多。遠鏡的放大率有一定的限制，超過這限制以上，就沒有效力。亮的星所用的放大率可以比暗的星大一點；像彗星和星雲的微光，反以放大率小的方面，看得清楚。設物鏡直徑以公分表

之，則放大率以公分數目的 20 倍爲最妥，若就英寸數目來說，則以 50 倍爲最適宜，就是口徑 3 英寸的遠鏡，放大率以 150 倍爲限度，28 英寸的，以 1400 倍爲限度，40 英寸的，以 2000 倍爲限度。

理想上光源雖然是一個點，但是因爲光的擴散，所以通過透鏡所成的像不是一個點。我們若用大放大率看好物鏡所成的星像，則於一個圓像的周圍有幾個同心圓，他的濃度則各方向都是一律。圓像的大小和物鏡的大小成爲反比例；實驗的結果，得

$$d = \frac{4'' \cdot 5}{a}$$

a 是物鏡的直徑，以英寸爲單位，就是遠鏡的口徑；d 是像的直徑，以秒 (") 爲單位。所以 3 英寸遠鏡所看見星像的直徑是 1''.5, 10 英寸是 0''.45, 40 英寸則在 0''.11 以下。所以要分別兩個以接近的星體，非用大遠鏡不可。

要知道遠鏡的好壞，最簡單的方法，就是把星像充分的放大起來。遠鏡不好，則圓像偏於一方，



他的周圍的同心圓，亦不規則。看適當的雙星，也可以知道他的好壞。

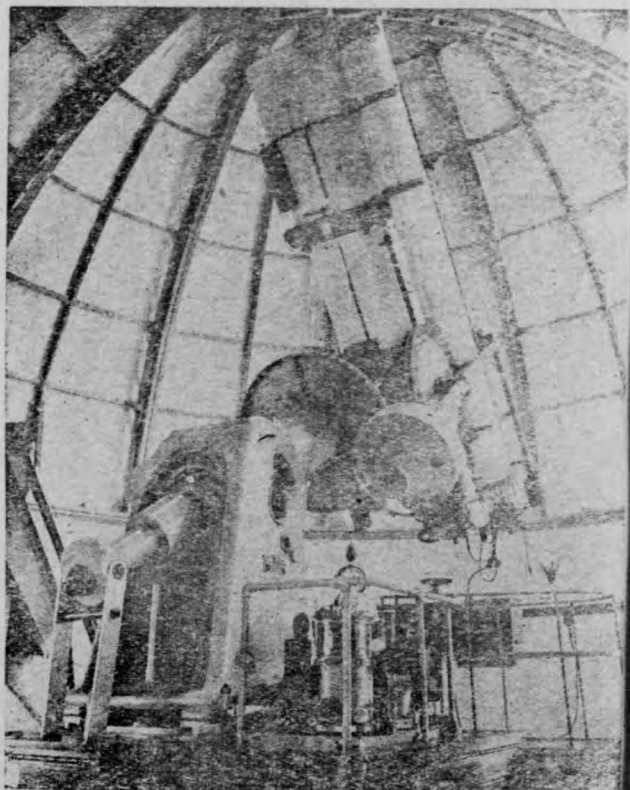
折光遠鏡爲妨免物鏡的球面像差 (Spherical aberration) 起見，非使其焦點距爲物鏡直徑的 15 倍不可；這個數目叫做焦點比 (Focal ratio)。世界最大的 40 英寸折光鏡的焦點比約爲 20。小遠鏡的焦點比，亦有在 10 以下。返光遠鏡的焦點比在 4 以上就可以的。世界最大的 100 英寸返光鏡的焦點比約爲 5。換一句話說，一樣口徑的時候，折光遠鏡比返光遠鏡約長 3 倍。

若就折光遠鏡和返光遠鏡的優劣來說，折光遠鏡的物鏡非透明和等質不可，並且要磨四面，要比一樣口徑的返光鏡長 3 倍，同時放置遠鏡的圓頂室當然也要廣大，所以費用甚鉅。返光遠鏡最少要用兩個鏡，所以減少光量頗多；但是一鏡可以眼視和照相並用，攝取光譜，也以返光鏡爲優良。因此種種關係，所以現在的折光鏡仍只限於 40 英寸；而返光鏡則漸漸增大，美國最近 200 英寸的製造已經快要完成。現今雖然大遠鏡都用返光，但是 20 英寸左右的遠鏡，仍以折光遠鏡爲便宜，並且對於位置的精密觀測，亦甚適宜。

【赤道儀】大遠鏡的裝置 (Mounting) 方法，多用赤道儀 (Equatorial) 式；他的目的，是可以按赤經赤緯，容易使遠鏡向目的的方向，並且利用轉儀鐘 (Driving clock) 使遠鏡向一定的天體。赤道儀的形式雖有種種，但都以極軸 (Polar axis) 和赤緯軸 (Declination axis) 爲主。極軸是向於南北極的軸，就是和地軸相平行的軸；赤緯軸是和極軸相直交，可以向赤道上任何方向的軸。遠鏡是和赤緯軸相直交，在他的周圍和極軸的周圍，都可以自由迴轉；可以用螺絲使他停止迴轉，若以齒車和轉儀鐘相連結，則遠鏡可以隨天體的周日運動而迴轉。

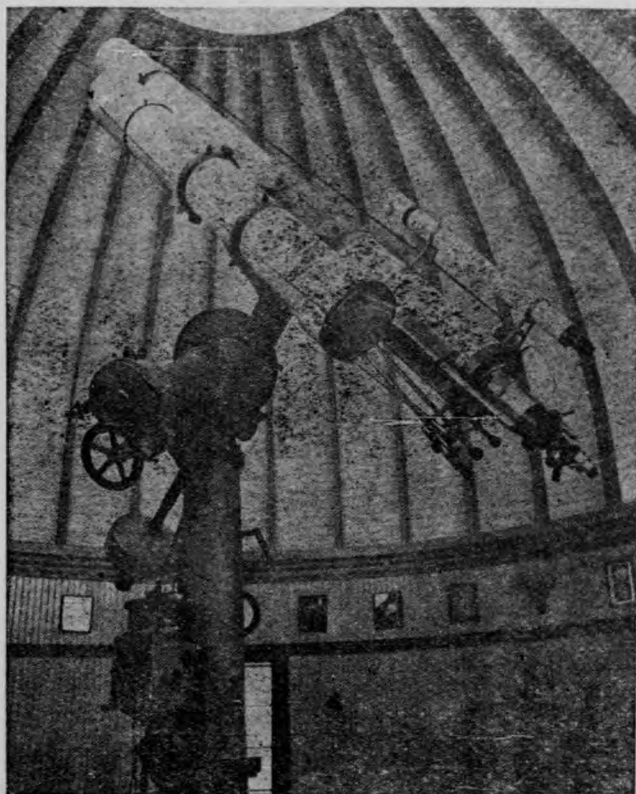
普通赤道儀多附有尋星鏡 (Finder)，這是和遠鏡相平行的小遠鏡；這個小遠鏡雖然比主遠鏡小，但是他的視野却比主遠鏡廣大。所以當觀測的時候，先用尋星鏡去找尋目的星，把他放在鏡的中央，然後再由主遠鏡觀測之。照相用的遠鏡，又附有導遠鏡 (Guiding telescope)，這是一個口徑小而焦點距長的遠鏡，鏡面上有十字絲，照相時把一個星作爲導星 (Guiding star)，使他永在十字絲之交點上，如斯纔可得到天體的直相，纔可爲長時間的照相。導遠鏡普通是向着恆星，就是以恆星爲導星，而照彗星的時候則向着他的頭部的中心。

赤道儀因爲  
是用以觀測全天  
各部分的星體，所  
以要放在一個圓  
頂室內；圓頂是用  
軌道可以自由旋  
轉，而圓頂的一方，  
有一窗口，遠鏡就  
從此窗口觀天。我  
國南京紫金山天  
文臺有三個赤道  
儀式的遠鏡，所以



第五圖 南京紫金山天文臺的口徑 60 公厘返光鏡赤道儀

有三個圓頂室。最大的圓頂室，內放最大的 24 英寸返光遠鏡，其次是放 8 英寸折光遠鏡，最小的內放 4 英寸羅 (Ross) 氏變星攝影機。最大圓頂的旋轉開關和觀測升降機都是使用電力，其他兩個圓頂則用人



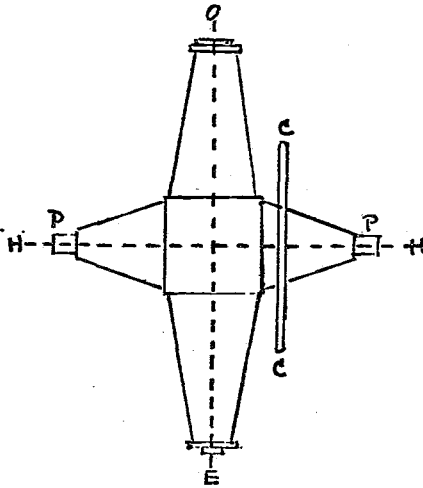
第六圖 南京紫金山天文臺的口徑 200 公厘折光鏡赤道儀

力推動之。

【子午儀】天文臺中，除了赤道儀之外，還有一個重要的儀器，叫做子午儀 (Meridian cir-  
cle)；這是測定地球上位置，就是精密觀測星體赤經赤緯的儀器。這是遠鏡僅能在子午圈內上下  
迴轉，以之觀測星體的地平緯度，就是高度，和通過子午圈的時刻。

子午儀的構造，簡單的說，是一個遠鏡固定在一個水平軸上面，並且和他直交；水平軸兩端的心軸，放在V字形的上面。水平軸的兩側，又有分度環固定在上面，和遠鏡同時迴轉。臺的上面有兩個或四個的顯微鏡，用以讀分度環的度數。

遠鏡的視野內，張有蜘蛛的絲，



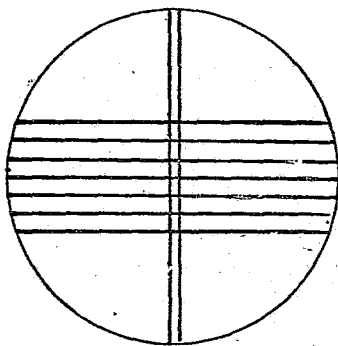
第七圖 子午儀的移動部分

O. 是物鏡 E. 是目鏡 C. 是環  
H. 是水平軸 P 是心軸

橫兩條，縱五條以上；當觀測星體通過子午圈時刻的時候，將遠鏡的方向放妥，要使星體正好通過兩條橫線的中間，然後再看星體橫切縱絲的時刻。測定這種時刻的方法，以前用耳目法（Eye and ear method），最爲輕便。就是耳聽鐘錶走動的聲音，數其秒數；同時眼看星體橫切縱絲的時刻，記到十分之一秒數。這種方法的人差（Personal

equation）非常的大；人是隨觀測者的僻性而不同，所記的時刻或且太早，或且太晚。其後所常用的方法，是將電流連於鐘錶，再通於記時儀（Chronograph），觀測者看星體通過縱絲的時候，立即敲鑰匙；電流既通，遂和鐘錶的每秒或每兩秒的自動信號同時現於記時儀上面。普通的記時儀，是用一支筆，因鐘錶構造隨着連續迴轉的圓筒和

電流的開關而移動；鐘錶的每二秒的記號（計時錶則每一秒）和觀測者所送的記號同現於紙上。自記時儀求時刻則用指尺，普通可以知道到一百分之一秒。近來有一個更進步的方法，就是於視

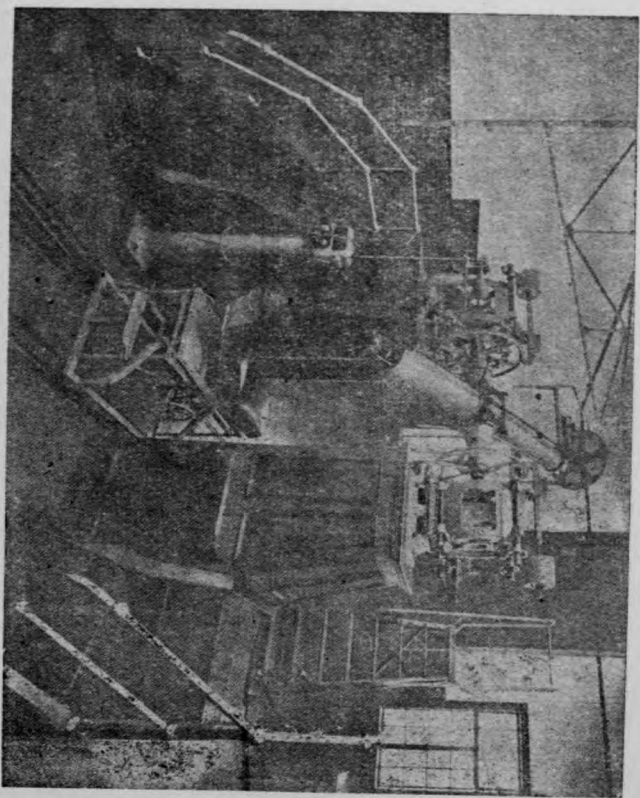


第八圖 子午儀遠鏡中的視野

野之中，張一條縱絲，可以用細螺旋自由移動之；觀測者將此動絲和星相合，然後自動的通電流現記號於記時儀上面。視野內星體的速度，隨赤緯而變化，他們的關係已經知道，所以用機械的裝置可以將星的速度和動絲的速度連合起來。這樣，觀測者只要把絲正確橫切星體的中心就可以了。這種觀測法進步的結果，差不多可以說沒有人差，但仍不能說完全沒有，因為人類總有個人僻性存在的原故。

測定高度的時候，在二條橫絲中，取他一條，等分星像就可以；還有觀測的時候，使遠鏡絲毫不動，另外用橫絲的測微器，比較更好。定環的起點，就是定高度  $90^\circ$  的點的方法，是將遠鏡倒立，在他的下面放一個水銀盤，我們從遠鏡上端看中心的絲和他的反射像重合的地方，就是環的起點。觀測高度的時候，還要注意遠鏡的筒因為重量所發生彎曲的現象。

用子午儀觀測星體的高度和測定時刻的最重要的條件，是遠鏡要在子午圈的上面。要遠鏡正在子午圈上，就是正指南北方向，第一、水平軸和遠鏡的視軸要真正直交。第二、水平軸要正確保持水平的位置。第三、還要正指東西方向。這些要件，按儀器的調節，只能得到大概的正確，要完全適



第九圖 185公厘子午儀



合條件，絕不可能；所以實際所用的方法，關於調節方面，不過到某程度為止，於可能範圍內，力求正確，然後將觀測所得的結果，再加以修正。

英國格林尼治天文臺 (Greenwich Observatory) 的大子午儀是全地球上經度的起點；他的遠鏡口徑是 8 英寸，焦點距  $1\frac{1}{2}$  英尺，環的直徑 6 英尺，水平軸的長也是 6 英尺。南京紫金山天文臺的子午儀，遠鏡是 4 英寸，就是 135 公厘，焦點距 2050 公厘，環的直徑 600 公厘，水平軸長 1080 公厘。

將子午儀的精密刻度環取消以後，就叫做中星儀 (Transit instrument)，專用以觀測天體通過子午圈的時刻。觀測的方法和子午儀完全相同；不過有形式較小，可以搬運的便利。最近所用的搬運中星儀是係中折形式，就是鏡在水平軸的中央，使光反射於心軸的一方。這種形式，觀測固然便利，但要加上水平軸彎曲的差；要同時取消這差和視軸的差，可以於星體通過子午圈的略前，觀測一次，立刻把水平軸兩端左右方向相換，再觀測該星體，將兩次的結果，相加而平均之。

【天文鐘】鐘錶在天文觀測上，亦是一個極重要的儀器；天文學上所用的鐘錶有兩種，一個

叫做天文鐘 (Astronomical clock)，一個叫做計時鐘 (Chronometer)。天文鐘是按擺子的擺動，來調節鐘錶的行動；並附有自動的每秒斷絕電流的裝置，可用電線的連絡報時刻於別的屋子之內。擺子常常受溫度和氣壓的影響而發生變化。爲防止溫度變化起見，擺子的棒和儀器的主要部分，是用鎳和鋼鐵的合金來製造；這種合金，叫做因瓦 (Invar)，他的膨脹係數只有鋼鐵的百分之一。極精密的標準鐘，爲保持一年中溫度都是一定起見，放在備有調節氣溫裝置的室內。爲避免氣壓的影響起見，把鐘放在密閉的玻璃器裏頭，並使器的內部爲真空。這樣的標準鐘，通常叫做母鐘，裝在地下室之內；再用電線和子鐘相接，而子鐘的數目，隨便多少都可以，他所放的地點，也是任何地方，都沒有關係。

計時錶和普通的小錶相同，是按螺旋的振動而調節動力，裝在箱內，和外部的動搖，沒有直接的關係。天文鐘和計時錶的好壞，是以每天快慢的速度是否一樣爲標準；這每天快慢的量，叫做每日行 (Daily rate)。最精確的鐘錶，每日行爲一秒之百分之一，乃至百分之二。普通天文鐘的每日行是在十分之一秒內外，計時錶的每日行，可以不到三分之一秒。

天文臺所用的最精巧的標準鐘除了二三年擦油一次外對於時針向不去更動但是每天在一定時間，要校正一次，把他的每日行登記在簿上。所以時針所示的時刻，雖然和真正時刻有甚大的差別，都可以按簡單加減方法而知道的。又每遇到晴夜，則觀測幾個恆星通過子午圈的時刻，以訂正標準鐘的誤差。

【分光儀】天體物理學所用的儀器以分光儀 (Spectroscope) 為主。攝取天體的分光照相的方法有兩種：一個是在物鏡的前面，放一個大的稜鏡，用這種儀器，就可以攝取星的各種光譜。決定多數星體的光譜，就用這個方法；為這種目的所用的稜鏡，叫做物端稜鏡 (Objective prism)。還有一個，是以精密測定波長和視線速度為目的，在焦點外面，併用幾個小稜鏡；於焦點地方，設一小孔使星像在於其上。作星體光譜的時候，將小孔的方向亦經方向相合，增減鐘錶構造，可以使星像往復於其上；這樣則於天體光譜的上下，現有已知元素的光譜。這已知元素的光譜叫做比較光譜 (Comparison spectrum)，普通用鐵鈦等的弧光光譜作為比較光譜。

【光度計】天體物理學上，觀測星體的分光是用分光儀；觀測星體的光度則用光度計

(Photometer) 這些都是近代天文臺所必需的儀器。從前所用的光度計，是一種叫做劈狀光度計 (Wedge photometer)，是用一個薄劈狀黑色玻璃插入星像的前面，到了星光完全看不見的時候，看劈的深淺，就可以知道星體光度的強弱。現今所最常用的是應用光電作用的光電光度計 (Photo-electric photometer)，這種光度計不獨限於可以看見的光線，赤外線和紫外線也可以應用牠來測定的；同時還可以測定熱線的強度。

近來常常從照相的底片量出星像的光度；例如所照得恆星的像的大小和濃度，是和實光度有一定的關係，應用這種結果，就可以決定星的光度。但是底片所感的光和肉眼所看的光的波長是不相同，例如底片上所照得青色的星是大且濃，赤色的星則小而薄，所以星等有攝影星等 (Photographic magnitude) 和目視星等 (Visual magnitude) 的區別，兩種的差叫做色指數 (Color index)。

此外還有特種目的所用的儀器，現在姑且不談，等到文中必要的時候，再加以說明。

## 第二編 太陽系

### 第六章 地球

【概說】地球是九大行星的一個，我們住在地球的表面上，所以有種種關於其他天體的智識，都是從地球觀測的結果，不是真正的現象。地球既是一個天體，觀測者又在地球的上面，所以研究地球可以說是研究一切天文學的基礎。現在先就地球的重要常識，大概加以說明：

- (1) 地球是一個扁平迴轉橢圓體，赤道直徑是 12757 公里或 7927 英里，極直徑 12714 公里或 7900 英里，平均直徑 12742 公里或 7918 英里。
- (2) 地球質量是  $6 \times 10^{24}$  噸，平均密度大概為水的 5.5 倍。
- (3) 地球每天從西向東自轉一次。

(4) 地球每年環繞太陽的周圍公轉一次。牠和太陽的平均距離是 149500000 公里，或 92900000 英里。公轉方向是由西向東。牠在軌道上的運行速度是每秒約 30 公里或 18.5 英里。

【形狀和大小】地球的形狀，從種種觀測和實驗，已經證明是一個橢圓體，毫無異議的。至於牠的大小問題，最初所發表最精密的數值是白塞爾由歐洲各地三角測量所得的結果。後來克拉克(Clarke)得一個改正的數值；德國赫麥特(Hennert)和美國海福爾德(Hayford)等又參考各國的重力觀測，求得精確的數值。1924 年大地測量學和地球物理學的國際聯盟開會決議採用海氏數值；但 1911 年的國際天文協會決議採用赫氏的赤道半徑和海氏的扁率。現在把四個人所得的數值列表在下面。

計算者	<u>白塞爾</u>	<u>克拉克</u>	<u>赫麥特</u>	<u>海福爾德</u>
發表年	1841 年	1880 年	1907 年	1909 年
赤道半徑(a)	6377397 公尺	6378249 公尺	6378200 公尺	6378388 公尺

極半徑 (b)	9356079	9356515	9356818	9356909
扁率 $\left(\frac{a-b}{a}\right)$	1/299.15	1/293.47	1/298.30	1/296.96
$\frac{1}{4}$ 子午圈弧長	10000856 公尺	10001867 公尺	10002067 公尺	10002286 公尺

【質量】最初計劃測定地球質量的人，是英國天文家馬斯開林 (Maskelyne)，是在 1774 年時代。他所用的方法是計劃求出蘇格蘭一個山的質量和地球質量的比；他觀測恆星，決定山的兩邊的鉛垂線方向的差異。鉛垂線的方向，因為山的質量的原故，異向山的方面傾斜；由這傾斜的角度，就可以求出山和地球引力的比。若用穿孔法測量決定山的質量，就可以間接算出地球的質量。但是山的質量不能精確決定，所以用這個方法不能得到良好的結果，現今已經不用這個方法。

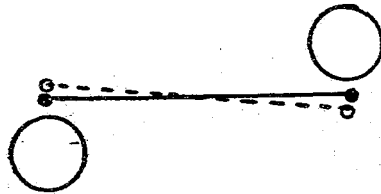
第二方法是用扭轉天秤 (Torsion balance)，這是卡文提什 (Cavendish) 所設計，1894 年羅斯 (Boys) 曾用最精巧的裝置來實驗這個方法。他用石英細線，將一個輕棒吊起來，成為水平位置；在棒的兩端附有金屬的小球。略動小球，使牠移動，失了平衡的位置，就發生振動，可以測定牠的周期。另外用兩個重鉛球，放在兩個小球的橫側；這樣，則小球因為大球引力的原故，就向大球接

近。我們由固定在棒上的鏡的方向，就可以精密測定牠的移動。由這種實驗可以知道引力常數  $f$ ；一方面再由落體或擺子的實驗，可以精密求得重力常數  $g$ ，兩者的關係是：

$$g = \frac{fE}{R^2}。$$

式中  $R$  是地球的半徑，由此式就可以求出地球的質量  $E$ 。這種方法所得的地球質量為  $5.997 \times 10^{24}$  公斤 (kilogram)；由此計算地球的比重為  $5.515$ ，就是地球的質量為一樣大小的水球的質量的五倍半。地球表面岩石的比重，約為  $2.8$ ，所以我們可以推想地球內部有重的物體。

第三方法是用普通的天秤，在盤的一方，掛一個長線，線的下端附有一個小球，先在他盤上放置適當的銅碼，使秤平衡。然後再把大鉛球 ( $W$ ) 拿到小球 ( $w$ ) 的正下面。結果， $w$  因為  $W$  的引力作用，天秤就傾斜於一方。再在他盤上放  $w'$ ，使天秤平衡。根據奈端的法則，就得：



第十圖 測定引力常數的扭轉天秤從吊絲方向下看的圖



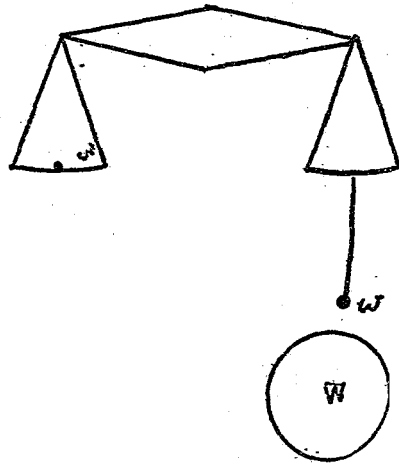
$$\frac{r^2 W E}{R^2} = \frac{r^2 W}{r^2}$$

式中， $r$  是  $w$  和  $W$  兩球心的距離。從這式就可以求地球質量  $E$  的數值。這個方法所得的結果，沒有第二方法的精密，而原理則非常的簡單。武德 (Woodward) 集合多數的結果，求得  $E$  值為  $5.97 \times 10^{27}$  克，比重  $5.515$ 。

【內部構造】 地球內部的物質，因為上層

重量，所生的壓力是漸漸增加的原故，應該是被壓縮的；在地下深 1000 英里的地方，1 平方英寸所受的壓力，約為 1000 萬磅。但是這樣還不能說明地球內部密度的增加；所以就想像地球中心的附近，應當是由像鐵鎳等大密度的物質所構成的。

我們研究地震波的傳播狀態，就可以知道地球內部的密度分布的情形。重大的地震波，是沿



第十一圖 用普通天秤測地球質量的裝置

着地球表面而傳播的；但是形成初期微動的縱波和橫波，是在地球內部差不多成爲直線狀的傳播。這等的速度，和地球內部的彈性和剛性有關係；由各地速度的研究，漸漸可以推定內部的狀態。這樣推定的結果，各層厚度的構造物質是：

- (1) 地殼（普通的岩石）……………60 公里（ 37 英里）
- (2) 鐵鎂砂的化合物……………1600 公里（ 994 英里）
- (3) 鐵和(2)的岩石的混合物……………1400 公里（ 869 英里）
- (4) 鐵和鎳的中心核……………3400 公里（ 2113 英里）

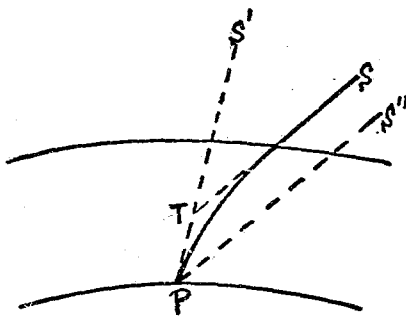
中心的壓力，1 平方英寸達 5000 萬磅，密度應當達水的 10 倍。中心核裏頭，當有白金、金、銀、銅、鉛等甚多，但是仍不能和鐵、鎳相比較；這是可以從隕石和太陽的組成推想而知道的。

【大氣】 地球的周圍，有大氣 (Atmosphere) 的層；牠的高度，可以由流星和極光 (Aurora) 的觀測決定之。流星是宇宙塵因爲地球引力作用，向地球落下，和大氣相摩擦而發光的現象；所以看見流星的天空，一定有大氣的存在，觀測結果，流星的最高高度是 150 公里 (100 英里)，極光是

太陽所放射的電子集於大氣上層所放電的現象，所以看見極光的天空，一定有大氣的存在。根據斯托麥 (Störmer) 的實測，極光高度多達 300 公里以上，亦有達到 1000 公里 (620 英里)，這大概是大氣的 界限。

大氣的組成，是隨高度而變化。距地面 80 公里以上似乎沒有氮氣，只有氦氣；在 200 公里以上似乎沒有氫，有一種比氫更輕的氣體；有人把牠叫做地氫 (Geo-coronium)。

大氣中的種種現象，是屬於氣象學的問題，本書姑且不說；但就天文學上重要的事情來講，自天體所發出來的光線，通過大氣中間，就發生屈折現象。於第十二圖中，光線自 S 星方向而來，向 T 前進，因為大氣的屈折作用，向地球中心方向彎曲，達到地面上一點 P。假設我們在 P 點看這個天體，並不是在真正的方向，就是我們所看見的位置，不是在 S'' 的方向。



第十二圖 星光因為大氣所生的屈折作用

是在P點的切線 $PN$ 的方向。結果，光線因為大氣的屈折作用，發生角 $\angle NPO$ 的差誤，這個差叫做蒙氣差(Atmospheric refraction)。這個角度，隨天體的方向而不同，就是在天頂的時候為零，離天頂的角距越大，牠的角度也越大，在地平線上的時候為最大。這種屈折，又隨氣壓和氣溫的變化而不一樣；在平均氣壓和平均氣溫的時候，地平線上的屈折角度約為 $34''$ ，高度 $10^\circ$ 為 $2'45''$ 。則為 $1'$ 。日月的視直徑為 $32''$ ，所以日月恰在地平線下的時候，我們看去是恰在地平線的上面。一般天體的出沒時刻，常受這種的影響。又因為蒙氣差愈近地平線愈大，所以當日月出沒的時候，太陽和月亮略呈扁平的形狀。

天體的光線通過大氣中，就發生屈折，同時當然分散成光譜；但是這個影響，僅在地平線附近，纔可以看見。用遠鏡所看的星像，上邊青綠色，下邊赤色。極近地平線的時候，青色的光，差不多全部被吸收，上邊只能看見綠色；太陽恰正上昇的瞬間或完全下沒的瞬間，我們所看見的綠色閃光，就是這個的原故。

大氣裏頭有不規則的氣流，所以星光發生動搖，顏色也有變化，叫做閃光(Flash)。風雨以後

天空晴朗的時候，閃光非常的顯著；冬天閃光較甚於夏天。月亮和行星在天球上占有若干面積，這面積上一部分所來的光綫，因為受了他部分光綫的影響，所以不覺得有閃光的現象。我們由閃光的多少，就可以區別出來某一個星是行星還是恆星。閃光利害的時候，用遠鏡所看見的星像不甚明顯，月面和行星的表面可以看見光的波浪；這樣時候，天空雖然非常晴朗，也不能為精密的觀測。

大氣裏頭，又有浮游的極細微物質使星光散亂；這種作用，根據累利 (Rayleigh) 法則，是和波長的四乘成反比例，愈是青光，所受影響愈甚。日月近地平綫時候看為赤色，就是這個原故；中午時候，天空呈蒼藍的顏色，也是這個的結果。天體的光度和光譜都受這個的影響；光譜還有為大氣裏頭氣體的選擇吸收 (Selective absorption)。

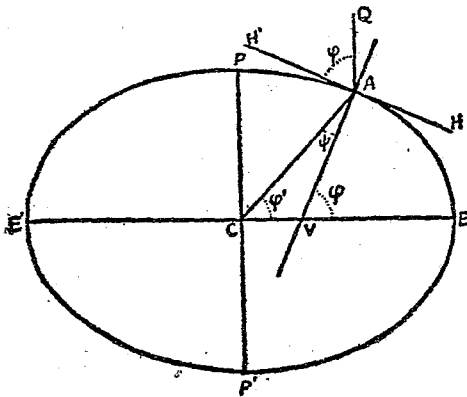
太陽沒有出來以前和已經下去以後，空中的光亮，是因為大氣上層的細末物質為太陽光所照耀而反射的原故；這種現象叫做晨昏朦影 (Twilight)。太陽在地平綫下 18 度以內，纔有這種的現象，所以牠的時間隨緯度和季節而不同；在溫帶地方，大概有一小時半乃至二小時之久。

【經度和緯度】 地球表面的一地點和地軸所含的平面，叫做該地點的子午面 (Meridian)。

Plane) 子午面和地球表面相交的綫，叫做子午圈 (Meridian)。通過英國格林尼治天文臺第一子午儀遠鏡中央蜘蛛絲的子午面，是爲全地球上經度 (Longitude) 的基準。某地的子午面和格林尼治子午面所成的角，叫做該地的經度；這個角是從格林尼治算起，東西各 180 度。

鉛垂綫和南北綫可以決定一個地點的子午面。鉛垂綫一般是和地軸相交，但是南北相距各地點的鉛垂綫和地軸相交的點是不相同；所以緯度就發生了三種的不同。

(1) 天文緯度 (Astronomical Latitude) 這是某地的鉛垂綫和赤道面所成的角，就是天頂的赤緯，或北極的距離。地球若是一個沒有自轉的等質天體，則各地的鉛垂綫常向於地球的中心；但是地球是一個橢圓體，內部物質的分布狀態又有種種不同，並且還有自



第十三圖 緯度的種類

轉，所以鉛垂線的方向常不能通過地心，這種偏斜的結果，叫做局部誤差 (Stationary error) 爪哇地方的這種誤差達  $65'$ ，最爲顯著。

(2) 地理緯度 (Geographical latitude) 這是大地平均面 (Geoid) 的法線和赤道面所成的角，如第十三圖的  $\angle AVE$ ，通常用  $\phi$  來表示牠。這種緯度就是把天文緯度加以局部誤差的訂正的結果；繪製地圖是用這種緯度。

(3) 地心緯度 (Geocentric latitude) 這是連結地球中心和某地點的直線和赤道面所成的角，如第十三圖的  $\angle ACE$ ，通常用  $\psi$  來表示牠。地理緯度和地心緯度的差，以緯度  $45'$  附近爲最大，達  $11.6'$ 。遇有特別考慮地球中心的必要時候，纔用這種的緯度。

沿着子午圈，測地球的表面，得知緯度一度的長度是隨着緯度而不同；這是因爲地球扁平的原故。天文緯度一度的長度是：

赤道上

110.55 公里 (68.71 英里)

緯度  $45'$  地方

111.12 公里 (69.06 英里)

緯度 90° 地方 (極)

111.68 公里 (69.41 英里)

【緯度變移】地軸和地球表面相交於兩點，就是北極和南極；因為地軸的位置不是固定不動，所以兩極的位置，在地球表面上發生周期的移動的現象。兩極既有移動，所以經度和緯度就發生變化；緯度的變化測定容易，通常叫做緯度變移 (Variation of latitude)。

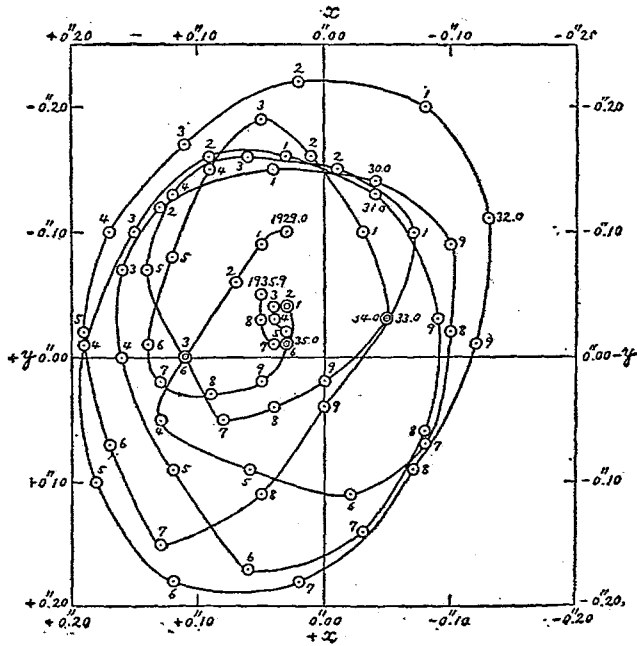
1838 年叩斯特納 (Kustner) 整理 1834 年到 1835 年他在柏林所觀測的結果，發表柏林天文臺的緯度有一點的變移。1830 年美國哈佛 (Harvard) 天文臺昌德勒 (Chandler) 也由觀測的結果，證明這種的事實。根據昌德勒的研究，緯度變移，約有 14 個月的周期。這種周期，決不是單一的變化，最少是兩個周期結合而成的。兩個主要周期是 427 天和 365 天，前者的變移較大，後者的變移時時不同；兩個相合的時候，變移最大，反對的時候，變移最小，這些是約以 7 年的周期而循環。

這種變移，大為天文家所重視，所以國際上就有共同觀測的舉行，就是 1900 年以來以國際測地學協會為主宰，在世界上選擇六個地方，緯度約為 33°，經度務必相隔較遠，設立六個觀測所，



以同樣儀器同樣觀測室同一方法共同觀測。這六所的配置，是蘇聯、日本、意大利各一所，美國三所；現在蘇聯一所和美國二所已經停止工作，其他三所仍然繼續觀測。

緯度變移的原因是彈性體的力學的複雜問題。像地球的物體回轉的時候，理論上，可以證明牠的軸是發生周期的變移；這就發生  $2\pi T$  天的周期變移。是於  $365$  天的周期，而且



第十四圖 最近7年間北極的移動

是根據季節的變化，地球上的物質移動的結果，也未可知。

第十四圖所示是最近7年間北極移動的情形。中心是假想的平均北極， $0^{\circ}, 1'$  的長度約為 3.0303 公尺，極的移動約在 18.1818 公尺四方之內。圖中， $+\theta$  是示格林尼治的方向， $-\theta$  示經度  $180^{\circ}$  的方向， $+\gamma$  是西經  $90^{\circ}$  的方向。設某地的平均緯度為  $\varphi_0$ ，經度為  $\lambda$ ，而經度以西為  $+$ ，則任何時候的緯度  $\varphi_0$  為

$$\varphi = \varphi_0 + x \cos \lambda + y \sin \lambda + z$$

式中  $z$  叫做木村項或  $z$  項，是以一年周期而增減，原因不明。這  $z$  項和地軸的運動沒有關係，按多數觀測的平均結果，知道冬季緯度約大  $0^{\circ}.01'$ ，夏天則小這個數值；這是日人木村榮所發見，所以叫做木村項。

【自轉】地球的自轉，有種種力學的證明，第一是佛科氏擺 (Foucault's pendulum)，第二是從赤道向極進行，重力發生變化的事實。1851 年法國物理學家佛科從巴黎一個圓頂樓上，用長約 60 公尺 (200 英尺) 的針金，吊直徑約 30 公分的鐵球，使牠能夠自由向各方向振動。這

個擺子最初向一方向振動，牠所振動的痕跡記錄在臺上；而擺子振動的平面，最初漸漸回轉於轉針的方向， $33$ 小時以後，回復原來位置，又復繼續回轉。擺子振動的平面，在空間常取同一的方向，所以建築物的臺於 $33$ 小時向時針反對方向一回轉。若將擺子放在北極的地方，因為地球自轉的原故，振動面應該 $24$ 小時一回轉；在赤道地方，振動面常常平行，不發生變化。通常一回轉的時間等於緯度正弦除 $24$ 小時的數值。此種實驗曾經反覆施行多次，現今僅用 $3$ 公尺長的擺，就可以充分知道這個現象。

第二證明是赤道表面的重力比極的地方小。地球赤道半徑比極半徑大 $21.5$ 公里，所以赤道部的重力自然比極地方小；但是除了這個結果之外，還有更小的事實，並且和地球自轉所生遠心力的數值相一致。

還有從高的地方落下物體，不是一直下落，是稍偏於東方；貿易風的方向和颶風回轉的方向，南北半球是不一樣，這些都是自轉的原故。

地球自轉的速度是不是有變化，這是天文學上一個重要的問題。第一、假設地球的質量是一

定，若收縮則自轉速度增加，膨脹則減少。第二、多數流星落在地球上的結果，地球的質量增加，自轉速度漸漸減少。第三、潮汐波是由東向西前進，遂使地球的自轉遲慢；哲夫利 (Jefferys) 推定因為這種原故的結果，一天的長，於十二萬年增加一秒。

以上所說的是長期的慢慢變化，其他還有是短期的不規則變化。月亮以及其他天體的位置常常和計算的結果略有不相同；這樣小變化，都可以由地球自轉的不規則性來說明牠。根據布朗 (Brown) 所推算，1898 年左右發生最大的變化，一天的長約變長 0.003 秒；1918 年左右又略變短；這些變化是忽然而起的，似乎繼續一二年。從前也常常有這樣的現象，變化的原因，現在還沒有知道。

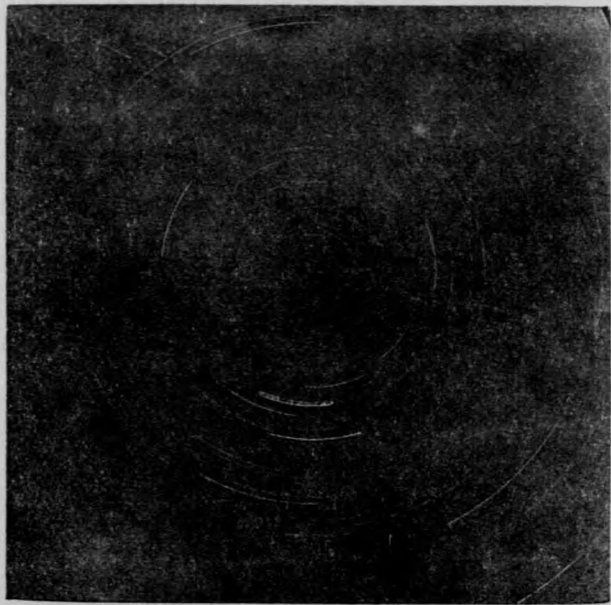
地球自轉的結果，就發生日月星辰東出西沒的現象。看北方的天空，一切星辰，都是以北極星附近一點為中心，向着時針反對方向為圓運動；這個圓的中心是延長地軸和天球相交的一點，叫做天極。天球北極在北極星附近，但和北極星不是一致。一切星辰好像是以地軸就是以連結天球南北極的直線為軸，每天回轉一次，這叫做周日運動 (Diurnal motion)。我們向北極方向，攝影

幾個小時以後，就可以得到周日運動的圓弧，如第十五圖所示。

【歲差和章動】地

球不是完全的球體，是一個迴轉橢圓體，赤道部分特別隆起，叫做赤道隆起帶 (Equatorial bulge)。

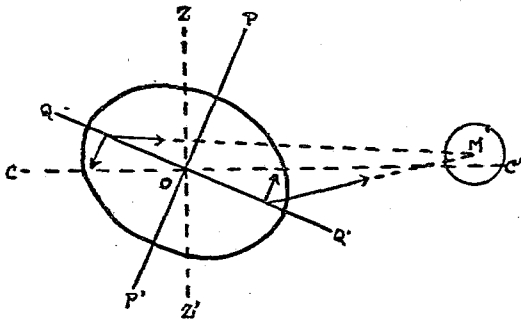
太陽和月亮平常不在赤道面上，所以對於這個隆起部分發生一種的偶力，結果使赤道面發生緩慢



第十五圖 星體的周日運動

用南京紫金山天文臺 8 英寸赤道儀所攝，露光時間 2 小時，中央最亮的弧線，就是北極星的周日運動。

的變動；而地球赤道的位置，因為這個原故，也漸漸發生變動。黃道的位置沒有變動，所以發生黃道和赤道的交點，就是春分點的移動。這種現象叫做歲差 (Precession)。這個數值是按春分點在黃道上所移動的角度來測定。黃道上春分點移動的方向，自北面看過去，和時針的方向相同，和太陽在黃道上所運行的方向相反。春分點移動的速度，一年約  $50''$ ，每  $72$  年約移動  $1^\circ$ 。所以約在二千年前春分點在白羊座，已經大概移動  $30^\circ$ 。現在在雙魚座裏頭；秋分點、夏至點、冬至點也大概移動了  $30^\circ$ 。我國以冬至點為黃經的起見，戰國時代 (B. C. 360 年左右) 冬至點在牛宿的初度 (人馬座  $\beta$  星)，現今在箕宿裏頭。歲差在天文學史上是古代已知的一個現象；我國東晉時代 (紀元後 317—420 年) 虞喜已經發見牠，希臘則係希巴爾卡



第十六圖 歲差的說明

O. 為地心, P. P'. 為地軸, Q. Q'. 為赤道面, C. C'. 為黃道面, Z. Z'. 為黃道面的垂線, M. 為月亮。

斯所發見。

假設地球沒有自轉，則月亮的偶力要使地球赤道面和月亮軌道面相一致；而太陽的偶力要使牠和黃道面相一致。但是地球是每天自轉一次，所以自轉的角運動量和這些偶力相合，使地球自轉軸向着和偶力成垂直的方向而迴轉。結果，天球北極的位置是在以黃極爲中心所畫成的圓周上移動，牠的方向和時針相反；這個小圓周的半徑，就是黃赤交角的平均數，約爲 $23^{\circ} 27'$ ，天極迴轉一周的時間約要 26000 年。現在的北極星（小熊座  $\alpha$  星），離北極  $1^{\circ} 5'$ ，在 2100 年左右則最近北極，相距僅約  $0^{\circ} 27'$ ，以後又漸漸遠離了，數百年以後，自然不能再稱爲北極星。天龍座  $\alpha$  星，現在離北極  $25^{\circ}$ ，但在 4600 年前是在北極附近；5600 年後仙王座  $\alpha$  星在北極星的位置，12000 年後織女星變爲北極星。這樣，北極星是隨時代而變更，26000 年以後，再恢復原來的位。在極的附近，不一定有一個的星，有的時代，沒有相當的星；現今在南極附近就沒有一個可以稱做南極星的天體。

月亮每月在赤道面上兩次，在這個瞬間沒有歲差力；但是離赤道面愈遠，這力愈強；太陽的歲

差力，在春分和秋分時候是消失沒有，而以夏至和冬至時候為最大。月亮質量雖小，因為近於地球的原故，所以牠的歲差力約為太陽的二倍半。行星的歲差力作用非常的少，和日月的力相比，可以省略不論。黃赤交角不受歲差的影響。

因為春分點位置的變動，赤經和赤緯亦有歲差；普通把春分點移動的歲差叫做總歲差 (General Precession)。天文學上現在所用的數值，是按紐科姆 (Newcomb) 公式來推算，他的公式是：

黃赤交角

$$23^{\circ} 27' 8''.26 - 0''.4684 (t - 1900)$$

總歲差

$$50''.2564 + 0''.000222 (t - 1900)$$

赤經歲差

$$46.0850 + 0.000279 (t - 1900)$$

赤緯歲差

$$20.0468 - 0.000007 (t - 1900)$$

式中的  $t$ ，是西曆紀元的數。

日月的歲差力是隨着距離赤道面的位置而變化，所以歲差又有周期的變化；換一句話說，地



軸的變動，非常的複雜。除了歲差之外，還有很多的變動。這些變動叫做章動。章動可以分爲無數的周期變動，其中最重要的就是以月亮交點周期 18.6 年爲周期的變動。黃赤交角因爲這種原故，增減  $9''.2$ ，春分點也因爲這個原故，在黃道上前後移動  $17''.2$ 。其他還有以半年和半月爲周期的變動。這個章動是 1743 年英國天文家布拉德利所發見。

【公轉】太陽在天球上的位置，除了周日運動之外，在恆星間，還是不絕的移動。我們不能在白晝和太陽同時看見恆星，但在夜午中天的恆星的位置，恰和太陽的位置正相反；由這恆星的變動，就可以知道太陽對於恆星間的運行。結果，得知太陽在恆星中間，是一年回轉天球一次，牠的徑路叫做黃道。黃道在天球上的大圈，決定一個平面，這黃道面就是地球公轉太陽周圍的軌道面。太陽在黃道上的運行，不過是地球公轉的反映現象。

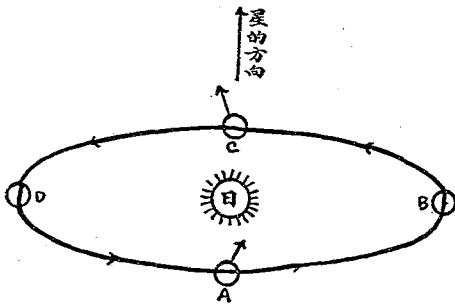
地球的軌道是橢圓，所以地球和太陽的距離是不一律。地球軌道上最近太陽的點叫做近日點 (Perihelion)，每年一月一日左右，地球經過這點；最遠的點叫做遠日點 (Aphelion)，每年七月一日左右，地球經過這點。一月一日左右的太陽比七月一日左右的太陽，約近 501 萬公里 (280

萬英里。地球公轉的速度平均每秒 30 公里 (18.5 英里)；在近日點時候，速度大，遠日點時候速度小。

地球公轉的結果所發生的現象有三種，這也就是地球公轉的證據。第一個現象，是變動所生的周年視差 (Annual Parallax)。第二個現象，是用分光儀測定恆星的視線速度 (Radial Velocity)，就可以求得地球公轉的速度。第三就是所謂光行差的現象。

【光行差】 光行差是光的速度和地球公轉速度的關係所發生的現象；就是因為地球有公轉的原故，我們在地球上，是隨着牠的公轉而轉動，所以所看見的星辰方向就發生了變動。這種現象和我們坐在前進的車中，從車窗所看直下的雨變為斜下的一樣。

在第十七圖上，設有垂直於軌道面的星，在 A 的位置看



第十七圖 光行差的說明

牠是向地球前行的方向傾斜，在C的位置看牠則反向左方傾斜；在B的位置向於後方，D的位置則向於前方傾斜。這種傾斜的角度，叫做光行差常數（Aberration constant），牠的數值是 $20''.47$ 。就是：

$$\frac{\text{地球公轉速度}}{\text{光的速度}} = \frac{30 \text{ km/sec}}{3.0 \times 10^8 \text{ km/sec}} = 1.0 \times 10^{-4} = \tan 20''.47$$

地球除了公轉以外，還有其他的運動，也會發生光行差的現象。地球公轉所發生的光行差是以一年為周期而變動；觀測者在地球表面上面，因為自轉的原故，就發生以一日為周期的光行差，叫做周日光行差（Diurnal aberration）。這種光行差，在極的地方為零，赤道地方最大，達 $0''.31$ 。太陽系公共運動所生的光行差，各恆星都是一定不變。

## 第七章 太陽

太陽是一個最近我們的恆星，牠是太陽系的主人翁。牠的距離比別的恆星近了很多，所以對於地球的影響非常顯著。太陽不是一個特別的天體，不過是宇宙間無數恆星的一個，所以牠的光輝、溫度、質量、密度以及化學的成分等等，都和其他恆星相類似。我們研究太陽就是研究無數恆星的前提。太陽的周圍有行星環繞着牠而運行；其他恆星或且也有行星，亦未可知，不過現在還沒有發見而已。

【距離】要知道太陽和地球的距離，非先知道太陽的視差不可。天文家常常利用第 40 號小行星 (Eros) 的距離測定，來間接的求出太陽的距離；有時利用金星和水星來間接計算太陽的視差。還有利用光的速度來測定太陽的距離，就是（一）用光行差常數算定地球公轉速度的方法。（二）利用木星的衛星交食的方法。（三）用分光儀計算地球公轉速度的方法。由各種方法所求

得太陽的赤輻視差 (Equatorial parallax) 就是太陽對於地球赤道部分半徑所張的角度爲

$$8''.803 \pm 0''.001$$

我們利用海福爾德的地球赤道半徑的數值，得太陽距離等於

$$149450000 \text{ 公里} \pm 17000 \text{ 公里}$$

這個數值，叫做天文單位 (Astronomical unit) 是爲表示太陽系天體距離的單位；光通過這個距離所需要的時間爲 498.6 秒，這叫做光差 (Light equation)。

【大小和質量】太陽的視半徑是隨牠的距離而不同的。根據奧維爾斯 (Aurwers) 的測定，

一月——日	16' 17''.9
四月——日	16' 2''.1
七月——日	15' 45''.7
十月——日	16' 0''.4

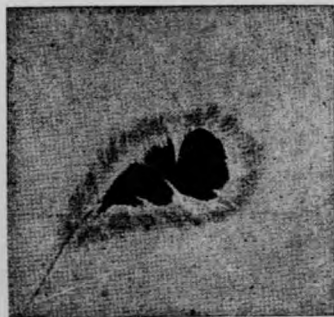
一年的平均值是  $15' 59''.63$ 。再由太陽的距離就可以求出牠的實半徑、表面積和體積。就是

太陽的直徑 = 1391100 公里 = 864390 英里

這為地球赤道直徑的 109.1 倍；表面積約為地球的 12000 倍，體積約為 1300000 倍。

太陽的形狀，雖然是圓球，但是極軸方面略長  $0''.02$ 。牠的質量約為地球的 333400 倍，而地球的質量是  $5.97 \times 10^{27}$  克，所以太陽質量為  $1.99 \times 10^{28}$  克。平均密度可以由質量和體積來求，太陽密度為地球的 0.256 倍，為水的 1.41 倍。牠的表面重力為地球的 28.04 倍。

【黑子】太陽黑子 (Sun-spots) 的發見，以我國為最早，距今二千年以前，已經有『日中有踰烏』、『日中有三足烏』等等的紀載。西洋方面以 1610 年加里尼用遠鏡的發見為最早；以後隨遠鏡的發達，黑子的情形更能詳細的明瞭。黑子的形狀，各個不同，同一個黑子的形狀又隨時候而變化；但是大概是圓形。中央最黑暗的部分叫做本影 (Umbra)；周圍微暗的部分叫做半影 (Penumbra)；本影並非



第十八圖 太陽黑子

完全黑暗，略有光線輻射。

可以觀測的最小黑子的直徑約爲 200 公里 (300 英里)；特別大的黑子的直徑約達 100,000 公里 (60,000 英里)。黑子常常成羣結隊，現於太陽面上，這個時候，羣的周圍半影的長度，有時達到 200,000 公里 (125,000 英里)。

要確定黑子最初出來的時候，甚爲困難；普通太陽發生一種動搖以後，就有小黑子出現，急速擴大以後，就形成黑子的本影。本影充分擴大，結果就發生半影。半影延長突入本影裏頭，就把黑子分斷爲幾個；這被分斷的黑子，彼此互相反撥，增大牠們的距離。最後半影侵犯本影，使牠消失，而後半影本身亦漸消失，黑子遂歸消滅。黑子的壽命最短者只有幾小時，而最長的記錄爲 18 個月；普通多繼續存在到 1 個月乃至 2 個月左右。

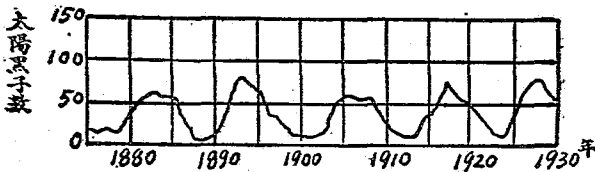
1843 年左右什登培 (Schwabe) 注意黑子的周期性，證實黑子達到極大數所需要的時期，大概是每 11 年一次。從極大時期以後，黑子數漸漸減少，有幾個星期完全看不見黑子，從這極小期以後，黑子數漸漸增加而達到極大期。

德國人佛爾夫 (Wolf) 曾經搜集從來所觀測的黑子, 按下式來計算牠的數目。

$$N = K(10g + f)$$

$N$  是佛爾夫黑子數,  $K$  是關於觀測者和儀器的常數,  $g$  為黑子羣的數,  $f$  為孤立的黑子數或黑子羣內的黑子總數。第十九圖就是他所得的結果。就圖中來說, 從極小昇到極大比較急激, 由極大降到極小則甚緩慢。極大極小間的時間, 常常沒有一定。從極小到極大的時間平均 11.5 年, 最近有人說是 11.5 年。

太陽面上南北緯度  $60^\circ$  以上的部分, 差不多沒有黑子; 平均來說, 太陽赤道兩旁的黑子數大概相等。1672 年至 1704 年間北半球沒有黑子, 這是一個特別的情形。太陽面赤道兩旁緯度  $10^\circ$  乃至  $30^\circ$  的部分, 黑子最多。新黑子的出現, 大概是從緯度南北  $30^\circ$  附近開始, 極大



第十九圖 佛爾夫黑子數圖



的時期，多在緯度南北19°附近，達到10°附近漸變爲極小。

從黑子光譜暗線的研究，可以知道黑子本影的溫度比附近輝明的部分低。黑子內有氧化鈦的化合物，太陽的其他部分絕對沒有這種化合物的存在，這也是低溫的證據。普通黑子的溫度比周圍光球的溫度低2000°，絕對溫度約爲4000°。這是比較黑暗的原因。但是黑子的黑暗，不過是因爲周圍太亮的原故；我們若把太陽其他部分的光都掩遮起來，只留黑子中心的部分，可以看見牠發出強烈的光。

黑子的光譜和太陽光譜大不相同，暗線的強度和數目，也不相同。1896年塞曼（Zeeman）把光源放在強力的磁場裏面，各個的光譜就各分爲數條，發見所出的光是爲偏光；這叫做塞曼效應（Zeeman effect）。1908年美國人黑爾（Hale）發見黑子光譜有塞曼效應，遂證明黑子是一個強大的磁場。

黑子到底是什麼東西呢？自發見以來，曾經有過種種的想像。威廉·侯失勒認爲黑子是太陽輝明外殼的穴孔，所以能夠看見牠的內部黑暗的地方。有人說黑子是太陽內部氣體爆發的噴出

所發生的穴孔。腓 (Faye) 認爲黑子是地球大氣裏面的颶風中心一樣，就是低氣壓的旋風；這是現在普通所承認的想像。

用太陽分光攝影儀 (Spectro-heliograph) 可以由氫的暗線攝取黑子附近的照片；可以知道黑子周圍的氫的旋渦運動，這是因爲氫氣由上層強被吸入內部的原故。這樣可以證明黑子是時時刻刻有變化。黑子的磁性，可以認爲由黑子噴出的無數電子隨着爲旋渦運動的結果。用分光攝影儀可以證明黑子上層的物質被向內部吸收，而下層的氣體又向外部放散。總而言之，黑子是一個非常複雜的現象，詳細情形，差不多還沒有知道。大概可以確定黑子不是只限於表面的現象，是擴散到極深的內部；但是發生黑子的原因，牠的數目增減的情形，以及何以發見於中緯度而漸次向赤道接近，這些問題，差不多都沒有解決。

黑子羣所呈的磁性的性質可以分爲三種：(一)單極性 (Unipolar) (二)雙極性 (Bipolar)，(三)複極性 (Complex)。單極性黑子羣是只有一個黑子或同一磁極的黑子羣。雙極性黑子羣的最簡單者，是互相密接的兩個黑子有不同磁極的時候。磁極分布不規則的黑子羣，叫做複極性

黑子羣其中以雙極性黑子羣爲最多。按美國威爾遜山天文臺就 1908 年以後的黑子分類約爲 61%。普通連結雙極的兩個黑子的直線，大概和太陽赤道相平行。黑子因爲太陽自轉的原故，自西向東移動，這個時候右邊的黑子先在東面消失，左邊的黑子再隨牠隱沒；前者叫做先行黑子 (Preceding spot)，後者叫做隨後黑子 (Following spot)。

太陽活動極小以後，新 11.5 年循環期的黑子，現於高緯度的時候，北半球和南半球的極性是相反對的；這是 1925 年黑爾和尼科爾松 (Nicholson) 所發見。例如北半球的雙極性黑子羣列爲  $\Sigma$   $\Omega$ ，則南半球列爲  $\Omega$   $\Sigma$ ；黑子雖然近於赤道，而這種關係，還是不變。但在其次的循環期，高緯度的黑子的周期性 and 以前相反。這樣極性逆轉的現象，以 11.5 年的周期特別多，若取牠的兩倍就是 23 年的周期當更爲妥適，所以我們說黑子周期爲 23 年，似乎比較適當一點。

地球表面上，磁力有急激的變化，磁暴的現象常和太陽大黑子羣的出現相一致；那個時候，地上常常看見有非常輝亮的極光出現。太陽表面似乎有許多遊離電子，尤以黑子羣出現的時候，由內部放出多量的電子，就發生了黑子的磁場；他的一部分被放射到太陽蒙氣的外面。這種電子達

到地球大氣的上層，就因為地球磁氣的原故，集於兩極附近，電離附近的空氣就發生輝明的現象，是為極光。這個電子羣當然發生磁力，是為磁暴的原因。

我們常常聽見有人說到穀物的豐凶，氣候的寒暑或且下雨的多少，都和黑子有關係；其實，沒有多大的關係。黑子多的時候，太陽的輻射量增加，黑子自身的溫度比周圍的溫度稍低，但是極大的時候，不過占太陽面的面積的五分之一，所以低溫的影響，不甚顯著。並且黑子多的時候，太陽全體的活動反而強盛，全表面的溫度稍為升高，輻射量在極大時候約比極小時候增加 $\frac{1}{10}$ 。所以就理論上來說，黑子的多少和地上種種的現象是沒有多大的關係。至於黑子極大的時候，地面溫度有低降的傾向，大概因為這個時候，天空多雲的原故。天空多雲則光反射於外部而達到地面的熱較少，所以溫度有較低現象；且黑子極大的時候，地面各部分的溫度，未必都是低降，更可以知道黑子未必和氣候有關係。

【自轉】太陽和地球一樣，自西向東自轉；就是從北面看過去，是按時針反對方向而回轉。太陽赤道面和黃道面相交成 $90^{\circ}$ 的角度，地球於六月六日和十二月八日走到這兩平面的交點。

上九月八日太陽的北極約向地球方面 $70^{\circ}$ 左右，三月七日則牠的南極在這個位置。

決定太陽自轉的方法有兩種：一個是使用黑子的方法，一個是應用杜拍那效應（Doppler effect）的方法。

黑子現於太陽面的東邊以後，漸漸向西邊移動，一定期間以後，沒於西邊，其後就在太陽的背面移動，然後再現於東邊。一個黑子自經過太陽中央子午圈以至再經過此所需要的時間約為26.8日，這周期叫做會合自轉周期（Synodic rotation period）。這個周期不是真正的周期。地球在這個期間內，約運行 $30^{\circ}$ ，所以從地球所看的太陽中央子午圈前後不一致。把上面所說的數值減去地球運行的結果，就得真正的恆星自轉周期（Sidereal rotation period），約為25.0日。

太陽的西邊離地球遠，東邊較近，所以根據杜拍那效應則兩邊光的光譜，就發生暗線的移動；測定牠的動量，可以決定兩邊的回轉速度。若知道太陽的周圍，就可以算出自轉的周期。

日 面 緯 度	黑子法自轉周期	艾拍那效應法自轉周期
0°	24.6日	25.3日
5	24.7	25.4
10	24.8	25.6
15	25.0	25.8
20	25.2	26.2
25	25.6	26.7
30'	25.8	27.3
35	26.8	28.0
40		28.7
50		30.4
60		32.2
70		33.8
80		35.0
90		35.4

太陽黑子觀測的結果，知道太陽的自轉周期是隨着日面緯度而不一樣。莫得(Maunder)曾從 1879 年到 1901 年格林尼治天文臺的黑子攝影觀測，用 1871 個黑子羣來計算，結果所得

的太陽自轉周期，如表中所載的黑子法自轉周期數值。日面緯度 $\phi$ 。以上，差不多沒有黑子，所以要決定日面高緯度地方的自轉，非用杜拍那方法不可。表中所列的杜拍那效應法自轉周期，係根據普拉斯開特 (Plaskett) 和得盧利 (De Jury) 觀測的結果。第二方法的結果，數值比較大一點，但是自轉的周期是隨着緯度的增高而增加的；在緯度 $0^\circ$ 。以上的增加率特別大。要說明這種事實，目前還沒有充分的理由。

太陽蒙氣上下層的自轉速度有不一律；層越高自轉速度越快。這或且因為黑子為比較的深的部分，所以蒙氣下層的自轉速度較慢。又同緯度同層的自轉速度又隨時間而不一律；要之，太陽的自轉常是沒有一定的。

【**溫度和熱量**】太陽的實際溫度不甚明瞭；按牠的輻射所測定表面的有效溫度 (Effective temperature) 約為絕對溫度 6000°。有效溫度是根據斯泰方 (Stefan) 所謂「輻射能量比例於絕對溫度的四乘」的法則，黑體的溫度。溫度是越近太陽中心，越急激增加，中心的溫度達數百萬度乃至數千萬度。

測定太陽送到地球的輻射能量的人很多。根據阿善特 (Abbot) 最近測定的結果，知道和日光成垂直的地面，每一平方公分所受的太陽輻射量，除了大氣的吸收以外，平均每分鐘爲 1.94 卡路里，這叫做太陽常數 (Solar constant)。這個常數不是一定的量，每天略有變化；大概比平均值上下動搖達 5%。普通太陽常數和黑子數目，有一定的關係。阿善特研究的結果，知道 1918 年到 1924 年的期間，太陽常數數值的多寡是和黑子數目成比例。

太陽常數每日雖然略有變動，但是每年的平均輻射量差不多是一定不變。關於太陽熱源的學說，有種種的不同。邁爾 (Meyer) 以流星落下的能爲太陽的熱源；這量太少，不能爲主要原因。黑爾姆荷爾茲 (Helmholz) 認爲太陽冷卻收縮的時候，物質落到中心位置，能變爲熱，於是繼續輻射不斷；按他所說，太陽的壽命不能達到 2500 萬年以上，這不能說明地質時代的生物進化，所以也不可靠。現今比較可信的學說，就是原子能說，但是這學說裏頭，還沒有一定的主張，大概可以分爲原子進化說和原子崩壞說兩種。按這種學說，太陽的壽命可以達到百億年以上。

【光球】據羅素 (Russell) 的測定，太陽的光約爲滿月的光的 465000 倍。太陽發光輝明



的表面叫做光球 (Photosphere)。因爲高溫度的原故，太陽全部都是氣體；內部溫度更高，所以越深部分，氣體的密度越是增加。距日面深約 15000 公里以下的地方，發生光的吸收，不能達到我們眼裏；所以我們所看見的光，是從距離日面較淺地方所發的光，並且還有一部分爲外層所吸收，或分散，只有殘餘的光，纔可以達到我們的眼裏。

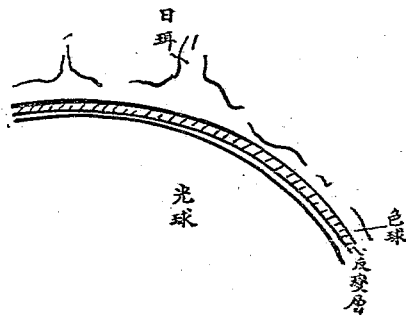
光球的氣體發生一切波長的光，所以牠的光譜是連續的。這層的平均氣壓約在一氣壓以下。牠的明度並不一律，有多少明暗的斑紋，從前觀測者叫做米粒組織 (Rice-grain structure)。明亮的米粒狀體，密接排列，在牠們的縫間，可以看見黑暗的所在。粒的直徑約爲 300 公里乃至 800 公里。大概因爲光球面的附近，有上昇氣流和下降氣流；上昇氣流係內部的高熱氣體上昇，形成明亮的米粒，而上層的低溫氣流，下降其間，就略見黑暗一點。

黑子現於光球面上；在黑子周圍的光球，比較其他部分多有特別顯明的雲狀部分，這叫做光斑 (Faculae)。光球的光亮，中心最強，越向周邊，減少越多；這是因爲周邊的光通過太陽蒙氣的厚層而被吸收的原故。光斑是由於內部噴出的鈣雲等所成，比光球的普通面稍爲上昇一點，被吸收

的光不多，所以比其他部分特別明亮。

【反變層】 緊接光球面的蒙氣層的氣體，叫做反變層 (Reversing layer)。這層的氣壓，底面約為 0.1，頂上約為 0.001，平均溫度比光球低，能夠充分的輻射光。平常因為光球的強光，不能分別觀測牠；但當日全食的時候，月邊恰正遮蔽光球的瞬間，可以觀測一二秒時間，這個光譜叫做閃光光譜 (Flash spectrum)。

這層非常的薄，所以直接用分光儀觀測，就成彎曲的線；因為元素高昇到蒙氣裏面，所以線是長的。構成這層的氣體，大概離光球在 2000 公里以內，但是氫和鈣可以達到 12000 乃至 14000 公里之高，這樣高的部分可以達到上面色球 (Chromosphere) 的層內。反變層的實際深度，約為 5000 公里。因為光球光譜的暗線在閃光光譜上變為輝線，所以這層叫做反變層。



第二十圖 太陽表面的各層

【色球】 反變

層的上方，有厚約1萬公里（6000英里）的蒙氣層，叫做色球。日全食的時候，這層看為赤色的狹窄環狀。若有適當的裝製，無論什麼時候，都可以觀測牠的光譜，平常是由鈣、氫和氫的輝線而成；但是因為太陽表面動搖的結



第二十一圖 太陽面上的鈣氣雲斑

果，內部氣體噴出的時候，有種種的元素，所以色球光譜有時為數百條的輝線。色球的氣壓約為一氣壓的一萬分之一乃至一兆億萬分之一。牠和反變層沒有確實的境界，常常有變動。

【日珥】色球上面常常有一種光輝甚強的雲狀氣體噴出，這叫做日珥 (Prominences)。牠的高度，有時可以達到 80 萬公里 (50 萬英里)；但是達到 15 萬公里以上者，非常的少。

日珥有兩種：一個是寧靜日珥 (Quiescent prominences)，和地球上的雲彩形狀相似，有繼續到幾天的期間。一個是爆發日珥 (Eruptive prominences)，繼續數小時，有高速而急激變化者；普通速度每秒達 150 公里 (100 英里) 以上，有時每秒達 300 公里。由寧靜日珥的光譜，可以知道有鈣、氫和氫的存在；爆發日珥則除了這三種元素以外，更有鈉、鎂、鋇、鐵、鈦等元素。

日珥雖然是現於太陽邊緣的各部分，但以日面赤道和南北緯度  $45^{\circ}$  之間居多。日珥多的時候，約為 30 個，也有一個都看不見的時候。普通沒有黑子的时候，也看不見日珥，所以日珥或係黑子的前提，也未可知。

【譜斑】由分光攝影所得鈣或氫的輝雲，叫做譜斑 (Flare)。第二十一圖所示，是鈣氣的



第二十二圖 日珥 1917年7月9日美國威爾遜山天文臺所攝，高達20萬公里。

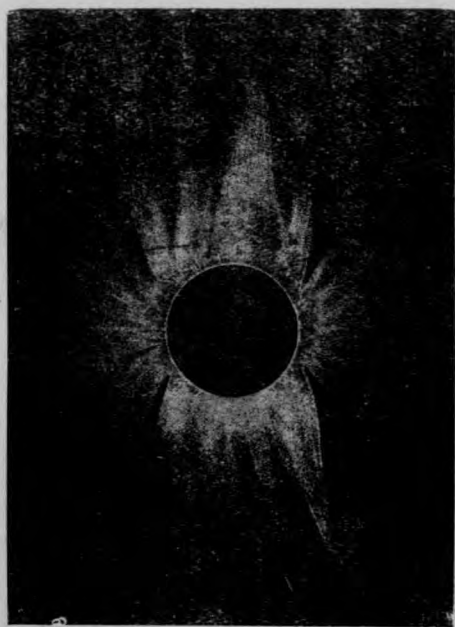
第二編 第七章 太陽

輝雲。這譜斑雖然附屬於黑子帶，但是未必隨黑子而出現。

【日冕】日全食的時候，太陽周圍有青白色的光芒，叫做日冕（Corona）。太陽邊緣附近，日冕的光度非常的強，稍遠一點，光度急弱，所以非等到日全食的時候，不能看見。

日冕的形狀隨時而不同。普通黑子最少時候，赤道部分長而兩極部分短；黑子多的時候，則各方向一樣擴散，而日冕的長度和太陽直徑差不多相等。黑子最少時候赤道部的日冕，多達太陽直

徑的數倍。1878年日全食時候，日冕的長達到太陽直徑的10倍，約為1500萬公里（900萬英



第二十三圖 日冕

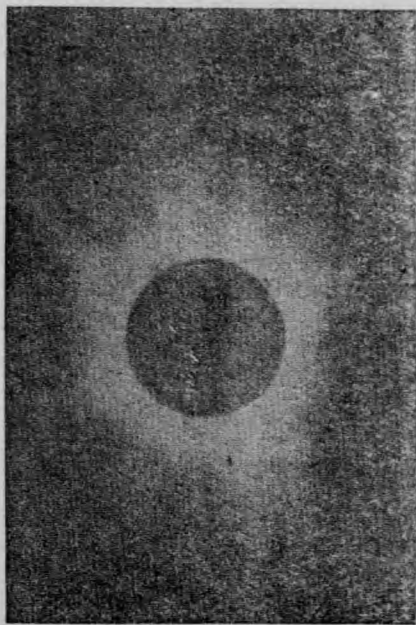
1900年5月28日日全食時所攝。

里)是爲日冕最長的記錄。

日冕似乎略有運動；1918年日全食的時候，根據密勒(Miller)的研究，日冕是以每秒150公里的速度向外運動。日

冕的光譜非常複雜。一部分是光球的反射，所以和平常太陽的光譜一樣；其他還有日冕自身的光所生的連續光譜。這兩種相重合的光譜有多數的輝線。其中，綠色部的輝線和其他已知元素的光譜都不相同，所以假定爲未知的元素，叫做氦(Coronium)；

這個還是新元素或是已知的元素的變形，現在還不能決定。



第二十四圖 日冕

1936年6月19日日全食時我國北海道隊所攝，露光5秒鐘。

日冕的密度雖然接近太陽的部分，也是非常的小。1843年和1882年的大彗星，約以每秒500公里的速度向太陽表面接近，最少通過日冕裏頭達100萬公里，但是都沒有受牠的影響。

日冕裏頭的確有反射日光的微小粒子浮游着；雖然有氦的輝線，但是發光的原因，似乎是由於太陽面放出的電子構成日冕的物質，似乎是由太陽面出來的；牠是靜止呢？還是不絕的逸出？不再回去呢？現在還沒有知道。物質由太陽放出，大概因為輻射壓的原故。根據種種的測定，日冕的總量，大概為滿月光的半分。

1936年6月19日日全食的時候，著者曾在日本北海道從事觀測。這次日冕，是散成五角形，牠的長度和太陽直徑差不多是相等。太陽邊緣見有五個紅色火焰，就是日珥，其中有兩個並列一處。日冕的五角的下部分有四角都有日珥；並且兩個日珥重複的地方，該角日冕光射特別長，這可以證明日珥和日冕形狀有相當的關係。



## 第八章 太陰——月亮

【距離】 月亮是最近我們的天體，我們可以在地球上取一個基線，按三角測量求牠的距離。最初成功的測定，實是格林尼治天文臺和好望角天文臺合作的結果。月亮中心到地球中心的距離是：

平均距離

384400 公里 = 238860 英里

最大距離

407000 公里 = 253000 英里

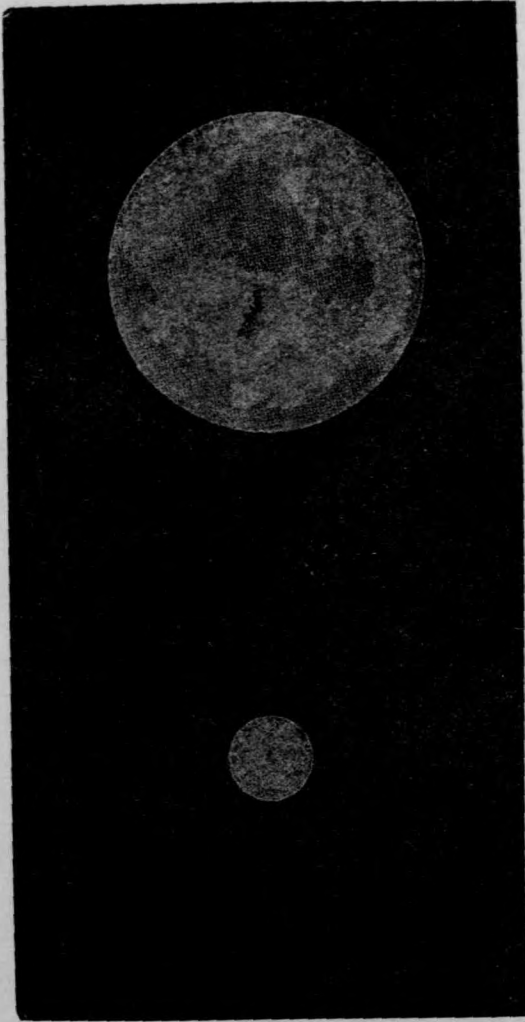
最小距離

357000 公里 = 222000 英里

月亮距離所以有變化的原因有兩種：一個是因爲月亮繞地球而行的軌道是橢圓形，一個是因爲太陽和行星的引力作用，月亮的位置發生多少動搖的原故。

【大小和質量】 月亮差不多是一個完全的球體，在平均距離的角直徑是  $31' 10''$ ，實在直

徑是 3476 公里 (2160 英里) 質量為地球的 0.0123 倍，就是  $1/81.3$  平均密度為水的



第二十五圖 月亮和地球的大小比較，左邊是地球，右邊是月亮。

3.4 倍表面重力爲地球表面的六分之一。就是地球上 18 磅重的東西拿到月亮上只變爲 3 磅重；在地球上能跳高 6 公尺的人，到了月亮上就能跳 36 公尺之高。

【月面】 肉眼所看見的月亮表面，有不規則的明暗斑點；若用遠鏡看牠，知道暗的部分是一種比較的平滑的面，明的部分是凹凸很利害的山地。從前觀測者以暗的平野爲海，現在仍然叫做海；但和地球上的海洋是不同的。其他還有山脈、圓形山、月谷、輻射紋等等。

月面上所叫做海 (Mare) 的部分，比其他部分平滑，帶有暗色。海裏頭常有孤立的山和小的圓形山；但大部分是成爲大海，直徑自 250 公里 (155 英里) 乃至 800 公里 (500 英里)。海的周圍都是山脈包圍着牠。

孤立的山 (Mountains) 的名稱，有的用地球上的山名，有的用科學家的名字。例如阿爾卑斯 (Alps) 山、高加索 (Caucasus) 山、亞平寧 (Apennines) 山等都是用地球上高山的名稱；來布尼茲 (Leibnitz) 山和多挨腓爾 (Doerfel) 山等，都是科學家的名字。各山的高度，也不相同。高加索山和亞平寧山脈中的高峯有超過 6000 公尺者，來布尼茲山和多挨腓爾山裏頭，有達到 3000



第二十六圖 滿月時候的月面

公尺的高度從日光投射於月面的方向和山影的長度就可以測定山的高度，牠的高度是以周圍的海爲基準，和地球上所謂拔海若干公尺相類似。

月面上的圓形山 (Craters) 非常的多，從前認爲是和地球上火山的噴火口一樣，大小共有數千處。小的圓形山的直徑，有在 300 公尺以下；大的圓形山如哥白尼圓形山的直徑達 90 公里 (56 英里)，如克拉維斯 (Clavius) 圓形山的直徑則達 232 公里 (140 英里)。小的圓形山，有的好像比表面稍爲凹下去；大的圓形山的周邊，有達 5000 公尺以上的高度，牠的高峯，也有比這個更高的。圓形山裏面的高度，多和牠的周圍的海的高度相似；但是亦有特別的陷沒下去。一個大圓形山裏頭，常常有幾個小圓形山存在，克拉維斯圓形山就是一個例；普通圓形山內部的中央，多有幾個嶮峻的小丘，例如哥白尼圓形山，就是這個的樣子。

圓形山的成因，有兩種的學說；一個說是外部來的原因，一個說是由於月亮內部的變化。

外部來的原因，就是所謂流星說；牠是假定月亮從前曾受大流星的衝擊，當牠們衝突的時候，月亮的表面被燃燒熔化，月亮自身埋在內部，周圍就是這種熔化的東西。這種學說，雖然不能完全

斷定牠是錯誤，但是有種種有力的反對學說。第一，是月亮上若有這樣大的流星許多落下去，則月亮附近的地球上，應該有更大更多的流星以更大的速度落下來；但是地球上差不多沒有這樣大的流星痕跡。等二，這樣大的流星，到底從什麼地方來的呢？這也是一個困難的問題。

關於內部原因的學說，是假定過去某時期，月亮是一個高熱熔化的物塊。有人說，圓形山是月亮外殼所成大火山的殘骸。又有人說，熔岩因為月亮內部的流動，破外殼而流出，一部分凝固，熔化的部分再由外殼孔穴流入內部，這個痕跡就是圓形山。又有人主張，月亮內部所成的氣體，變為大的氣泡向上昇，突破外殼的痕跡，就成為環形的山。這些學說，那一個是正確，現在還不能決定；但是普通都相信內部原因的學說。

月面上各地方，還有很多長 300 公里乃至 500 公里的狹深的山谷，叫做月谷（*Rille*）。有的月谷是橫貫山和海的裏頭；有的是幾個月谷交錯排列；又有直立的月谷因為山的原故，變為橫列；還有中斷而向他側的。牠的本性，不甚明白，大概是表面岩石因為種種原因所成的大龜裂。

許多大圓形山的周圍，有白線向四方射出，這叫做月面輻射紋（*Rays*）。滿月的時候，這種輻

射紋看得非常的清楚，上下弦的時候差不多看不見，第谷山所放射的輻射紋最爲顯明，滿月時候周圍的圓形山非常的不明顯，只能看見第谷山呈白色的光亮，牠的輻射紋橫貫一切，差不多達到月亮的全面。輻射紋毫不受山、谷、海的影響，仍然前進，所以可以認爲是月亮表面的現象。但是從非滿月不能明顯的一點來說，輻射紋大概是月谷的底下反射白光的物質擴散的結果。

月亮表面到底是什麼東西，還不能完全決定。威爾星 (Wilsing) 和晒納 (Scheiner) 曾將月亮表面種種部分的反照率和地球上岩石的反照率比較，結果知道月亮暗黑的表面和地球熔岩的反照率差不多一樣，圓形山的輝明部分和地球火山的反照率相似。但是，這樣還不能決定表面岩石的性質。

月面的顯明部分雖然還沒有觀測得有什麼的變化，但是小部分常常有變化的樣子。例如小圓形山林內 (Linne) 在一世紀前觀測的結果，知道是一個直徑約 10 公里的深圓形山；但是 1868 年什密特 (Schmidt) 就不能發見這個小圓形山。以後，這個圓形山又和從前一樣的大小，但是變爲淺明的環狀平原。這種變化是不是真的變化，還是一個疑問；但是以後常常有這樣的觀





測報告最近彼刻林 (W. H. Pickering) 曾觀察得多數圓形山都有周期的變化而以挨拉托斯塞尼斯山的變化特別顯著。這個有規則的變化是隨各朔望月而發生的，圓形山的底面和四周各部分的顏色以及輪廓都有變化。他說這個現象是水蒸氣雲的出現，霜雪的堆積，植物的繁茂等等，以每月的一日爲一生活動期而發生的。對於這種周期的變化，贊成的人只有兩個；而對於他的說明，則都不贊成。

【蒙氣和溫度】月亮的表面可以說是沒有蒙氣。月面的中央和邊緣的部分是一樣的明顯，山影有明顯的輪廓並且是真正的黑暗，月掩星的時候，恆星是急速的消失，這些事實都可以證明月面是沒有蒙氣的。至於有否極稀薄的蒙氣，例如密度爲地球大氣的一千分之一乃至一萬分之一的蒙氣，現在還沒有證明的法子；但是宇宙內有這樣稀薄的蒙氣與否，還是一個的問題。有人說月亮從前也有相當的蒙氣，因爲表面重力小的原故，氣體的分不能保持在表面上，所以逸散飛去；這個假說現在完全不能證明。月面沒有水，因爲若有水，則一定有含水蒸氣的蒙氣的存在。

月面的溫度不能夠精密的決定。因爲沒有蒙氣，所以太陽光直射在表面上，大部分就被吸收

了；並且繼續白天約有兩星期之久，所以溫度應該比地球的表面高；根據蘭格利（Langley）的研究，可以達到攝氏 100° 以上。反之，繼續兩星期的夜間時候，溫度一定大為低降；1927 年培提（Pettit）和尼科爾松觀測的結果，得月面的最低溫度是 -160°C。

【白道】 假設地球不動，相對的晝月亮的軌道，是一個偏心率（Eccentricity）為 0.055 的橢圓。設  $a$  為橢圓的半長徑， $b$  為橢圓的半短徑， $e$  為偏心率，則

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$$

地球上，月亮對於恆星間的運行軌道，叫做白道（Moon's path），牠是一個和黃道相近似的大圈。白道面和黃道面的交角平均是  $5^\circ 9'$ ，這個數值上下約有  $12'$  的變化。月亮軌道的長徑的線約以 9 年為周期自西向東回轉一次。白道和黃道的交點（Nodes），約於 19 年間自東向西回轉一周；這些運動，主因都是受着太陽攝動（Perturbation）的結果。

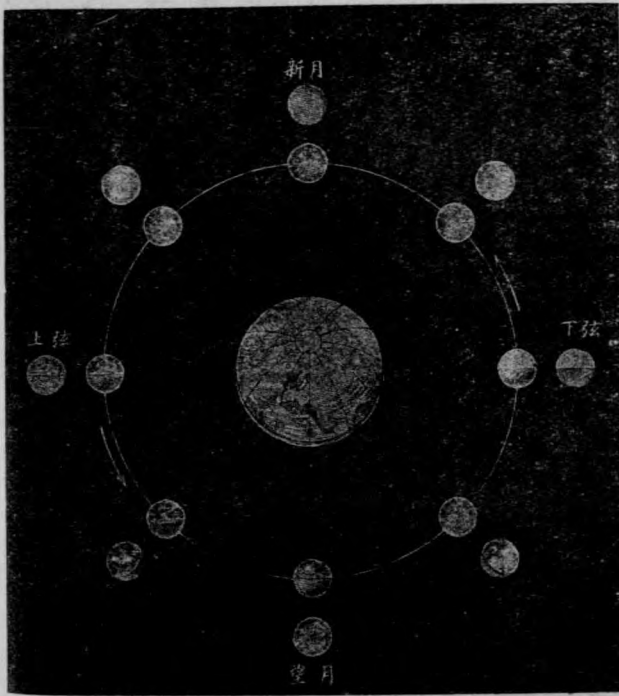
【位相】 月亮自身是沒有光亮，牠是反射太陽的光而發亮的，所以按牠們的位置關係，就有

種種的位相。月亮是環繞地球的周圍而運行。同時地球又繞着太陽而公轉。當月亮挾在地球和太陽之間的時候，是爲新月 (New moon)，又叫做朔。這時候月亮的暗面向着地球，所以完全看不見月光。過了兩三天以後，可以看見彎曲的月光，叫做蛾眉月 (Crescent moon)。到了太陽和月亮對於地球成直角的位置，月亮在於東方時候，叫做上弦 (First quarter)，月亮半面發光而半面黑暗。再過幾天以後，日月對於地球在反對側的位置，是爲望月 (Full moon)，又叫做望。約再過一星期以後，是爲下弦 (Third quarter)，在太陽的西邊，和牠成爲直角的位置。下弦以後，又到新月，周而復始。正南方向的上弦月，弦在於左邊；下弦月則弦在於右邊；正西方向則上弦的弦在上面，下弦的弦在下面。各種位相的月亮位置大概如下：

	朔	上弦	望	下弦
18時	西	南	東	×
0時	×	西	南	東
6時	東	×	西	南

朔和上弦或下弦之間的蛾眉月時候，在月面的黑暗部分，略能看見牠的微光；這種現象，是因為地球反射日光，照到月亮暗面的原故，叫做地球反射 (Earth-shine)。蛾眉月越狹窄的時候，這種現象越顯明；近到上弦或下弦時候則消失。

【公轉】月亮在



第二十八圖 月亮位置變化的情形  
軌道線上是真象，牠的外側是視象。

白道上一回轉天球的周期，叫做恆星月 (Sidereal month)，就是從地球上看過去，月亮對於恆星完全一公轉的周期。這周期是：

恆星月.....27 日 7 時 43 分 11.5 秒

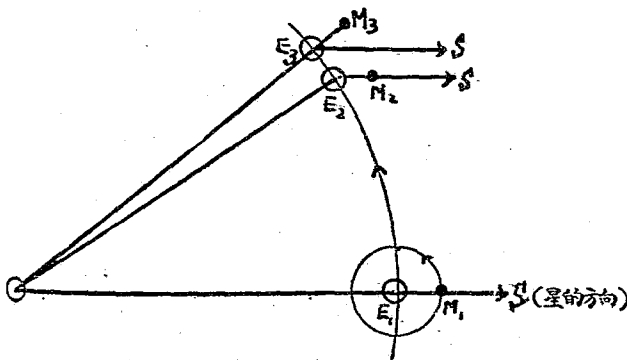
自朔經過望再到朔的周期，叫做朔望月 (Synodic month)，這是月亮位相變化的周期，最為顯明。這周期是：

朔望月.....29 日 12 時 44 分 2.8 秒

朔望月所以比恆星月長的理由，是因為地球有公轉的原故。在第二十九圖上，假設地球在  $M_1$  的時候，月亮在  $N_1$  為望；地球走到  $M_2$  的時候，月亮一回轉地球的周圍走到  $N_2$  的位置。 $M_2$  和  $M_1$  對於恆星，是回到同一的位置，所以其間所經過的時間是一個恆星月。但是  $M_2$  要再回轉走到  $M_1$  的時候，纔是望，這時候地球已經走到  $M_3$ ，所以朔望月比恆星月所長的部分，就是地球

由  $E_1$  走到  $E_3$  所需要的時間。

【自轉】 月亮也有自轉，牠的自轉軸和白道面成  $6^\circ.5'$ 。根據嗎西尼觀測的結果，知道月亮繞着自身上固定軸的周圍而自轉的周期，恰和一個恆星月相等；所以月亮常常以同一表面向着我們地球。還有自轉的極和黃道的極常常成一定的角  $1^\circ.32'$ ；又白道、黃道、自轉等三極，常在同一的大圈上。由這兩個現象，我們就可以決定自轉軸在空間的方向。至於自轉的原因，有人說是月亮從前是液體或黏體的時代，受了地球的引力，就起月亮實體的潮汐作用；這作用的摩擦結果，就發生自轉。月亮自轉所成的一晝夜的長度，是和太陽的位置有關係，所以是和一個朔望月相等。



第二十九圖 恆星月和朔望月的差別

【天平動】月亮的自轉軸不是和牠的軌道面相垂直所以我們所看見的半月可以達到一極的他側，後半月可以看到他極的他側。這樣所能超過極的最大限度約爲月面緯度的  $6.5^\circ$ ；這種現象叫做緯天平動 (Libration in latitude)。月面上的天平動共有三種。

第二天平動叫做經天平動 (Libration in longitude)；這是因爲月亮自轉速度不變而公轉速度因爲是橢圓軌道所以沒有一定的原故。就是月亮和地球的距離近的部分，公轉太快，所以稍能看見到正面西側的後方；反之，距離遠的時候，公轉太慢，所以略能看見東側。這種現象的最大限度約爲月面經度  $8^\circ$ 。

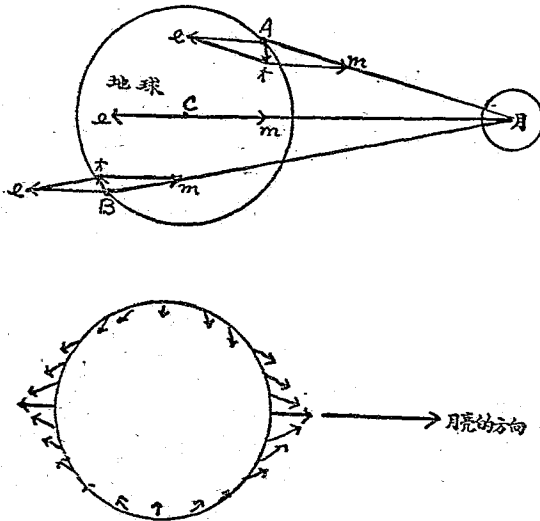
第三天平動叫做真天平動 (Physical libration)，變動量非常的少。這個現象是因爲月亮赤道部分和地球一樣，略爲隆起，所受地球的引力就發生些微的振動。

因爲上面所說的天平動的結果，我們由地球表面上所看見的月面，比理論上所能看見的，略爲廣大一點。就是月面的  $41\%$  是地球上所常能看見的，牠的反對面的  $41\%$  是永遠看不見的；其餘的  $18\%$  是有時可以看得見的部分。

【掩星】 月亮公轉的時候，有時挾在恆星和地球之間，這時候恆星被月亮所掩，忽然急速的看不見；這樣現象叫做月掩星 (Occlusions)。光亮的恆星在月亮黑暗的邊緣被掩的時候，非常的有趣。恆星忽然消失以後，現於月亮的他側。恆星通過月亮中心的時候，掩蔽的時間，約達一小時。從前航海家利用月掩星的觀測，來決定航船的位置；現在用牠來決定月亮對於恆星的精確位置。

【對於地球的影響】 月亮對於地

球的最大的影響是潮汐作用 (Tidal action)，對於地球的磁場，也有些微的影響。



第三十圖 長潮力



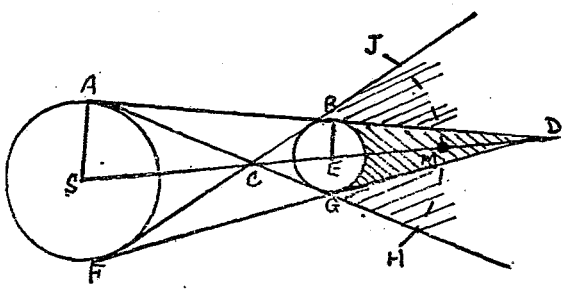
地球表面上近於月亮的部分所受月亮的引力，比遠的部分大，所以結果向力的方向而伸長。這是月亮反對方向的地面發生高潮的理由。地球表面海水所受的長潮力 (Tide-raising force) 如第三十圖所示；這是以地球中心為原點的海水分子的運動情形。假設  $C$  為中心， $A$  和  $B$  為地球表面上海水的分子，則月亮的引力為  $A_m, B_m, C_m$ ；牠們所受的力的大小，當然和距離的二乘成反比例，所以  $A_m$  為最大， $B_m$  為最小。若在  $A, B, C$  各加和  $C_m$  相等，而方向相反的力  $A_g, B_g, C_g$ ，則  $C$  點平均，而  $A$  和  $B$  受  $A_t$  和  $B_t$  的合力。這個合力就是對於地球中心的長潮力；若就地球全表面來作圖，應該和第三十圖的下圖一樣。隨長潮力的分布，發生高潮和低潮兩地方；因為地球自轉的原故，潮汐是追着月亮向西前進，和海底或陸地相摩擦，發生種種的潮波。

太陽和月亮一樣，也有潮汐作用；但是距離地球較遠，所以表面和反面的引力的差甚小，長潮力亦小。

### 第九章 月食和日食

【月食】 月亮通過太陽所照的地球陰影裏面的時候，日光為地球所遮，不能達到月面，遂生月食 (Lunar eclipse) 的現象。月食一定是在望的時候，但是望的時候，未必一定有月食。

第三十一圖上，假設紙面為黃道的平面，S為太陽，E為地球，M為月亮，D<sub>1</sub>為白道的一部分；則B D<sub>2</sub>的圓錐形空間，是完全遮斷日光的地球陰影，這部分叫做本影。在本影的周圍J B D和D<sub>2</sub> D<sub>1</sub>的部分，只能遮斷一部分的日光，叫做半影。因為地球大氣屈折日光的原故，本影和半影沒有明顯

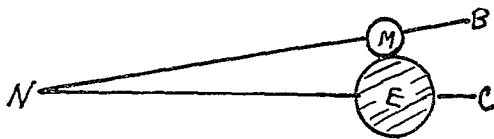


第三十一圖 月食原理

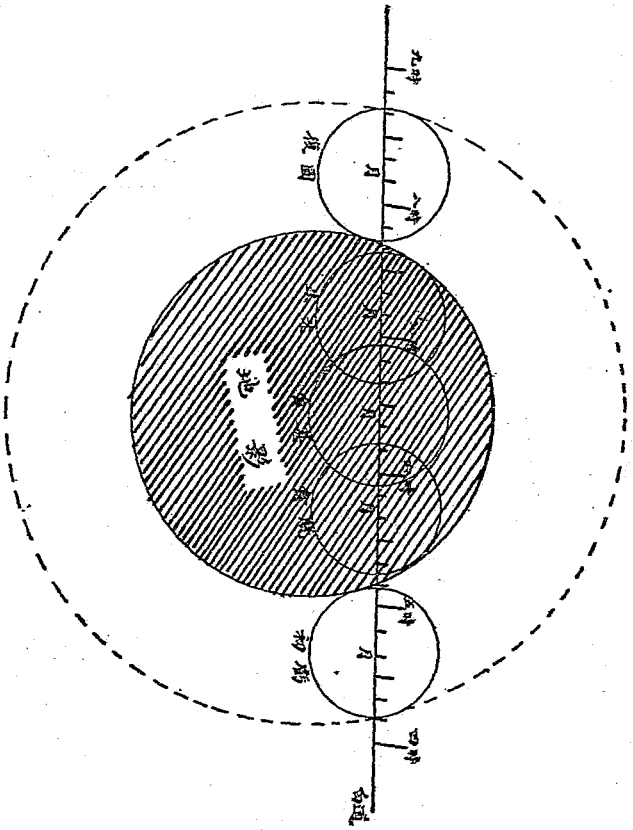
的境界。地球陰影圓錐的平均長度約為 1379000 公里 (857000 英里) 月亮在平均距離的陰影直徑約為 9200 公里 (5700 英里) 這些長度，隨太陽和地球，以及地球和月亮的距離而變化，但是變化的量非常的少。

白道和黃道若相一致，則每次滿月，一定發生月食；但是牠們實際不是一致，是相交成  $5^{\circ} 9'$  的角度，所以每逢望月，未必發生月食。於第三十二圖上，設  $N$  為黃道， $ZB$  為白道， $N$  為其交點， $M$  為月亮， $E$  為地球陰影於月亮距離的斷面。月亮比圖上的位置更遠於交點的時候，一定不發生月食；比圖上的位置更近於交點的時候，一定發生月食。這個限界叫做月食限 (Lunar eclipse limits)；隨着日月地球的距離和白道交角的變化，略有移動，最大值為  $12^{\circ} 2'$ ，最小為  $9^{\circ} 5'$ 。

月亮在交點附近若是滿月則生月食；月亮全部進到地影裏頭的時候，則發生月全食 (Lunar



第三十二圖 月食限



第三十三圖 民國 27 年 11 月 8 日月全食圖  
 內圓是本影，虛線大圓和內圓中間的部分是半影。小圓是月亮，直線的暗線是月球心的位置。

total eclipse) 只有一部分走到本影裏頭的時候叫做月偏食 (Lunar partial eclipse)

月全食的現象可以分爲五種：

(1) 初虧 月亮最初和地球本影相外切的時刻，就是開始月食的時刻。

(2) 食既 月亮最初和地球本影相內切的時刻，就是月亮最初全部看不見的時刻，是爲

月全食的開始。

(3) 食甚 月亮通過本影中央的時刻。

(4) 生光 月亮第二次和本影相內切的時刻，就是最後全部看不見月亮的時刻。

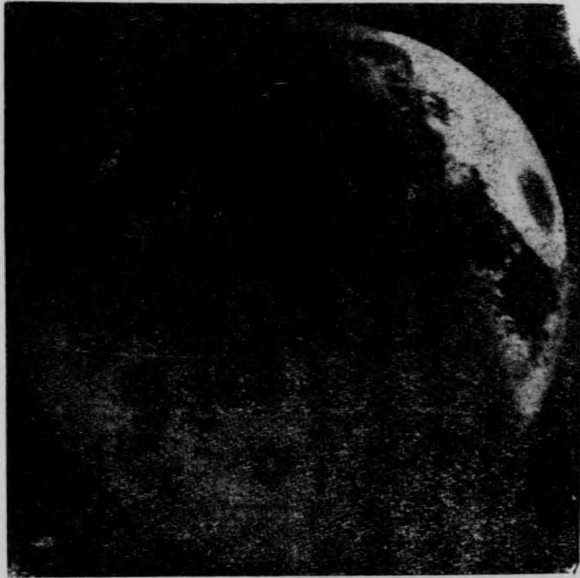
(5) 復圓 月亮第二次和本影相外切的時刻，就是月亮開始恢復原狀的時刻。

月偏食的時候，只有初虧、食甚、復圓三種現象。月亮走到半影裏面的時候僅光亮略爲變弱一點；走到本影裏頭，纔變黑暗。因爲地球大氣使光曲折和擴散的原故，所以月食時候帶有赤銅色，如第三十四圖的樣子。

月食最長的時間，可以達到3小時多。我們從地球的半面可以同時看見月食；但是月食時間

較長的時候，因為地球自轉的原故，地面所能看見月食的地方，實際達半球以上。

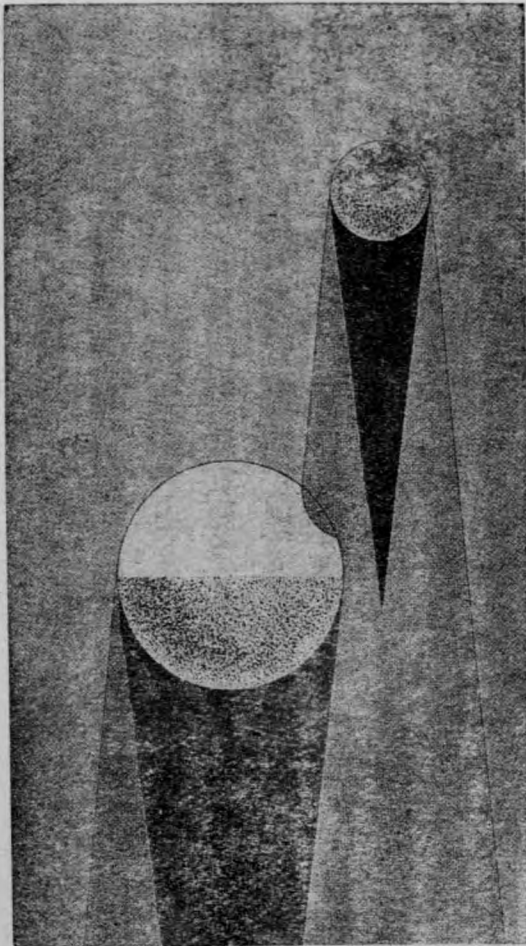
【日食】朔的時候，月亮挾在太陽和地球之間，若日月地球恰在一個直線的時候，日光被月亮所遮，不能達到地球，就是太陽照月亮所成的陰影射到地面上，就發生日食 (Solar eclipse) 現象。影錐射到的地方，可以看見全食，錐外暗虛所射的地方，則見偏食。所以日食的現象，各地所看見的情形不同。



第三十四圖 月全食的現象



第三十五圖 日食原理  
 左上角的大圓是太陽，中間的小白球是月亮，橢圓線就是白道。右下角的大圓是地球。亮影  
 尖錐所指的地面，可以看見全食。



第三十六圖 日偏食的原理

當月影尖端不能正射地面的時候，外邊暗虛劈到地面，就看見偏食。食分多少，隨各地不同；

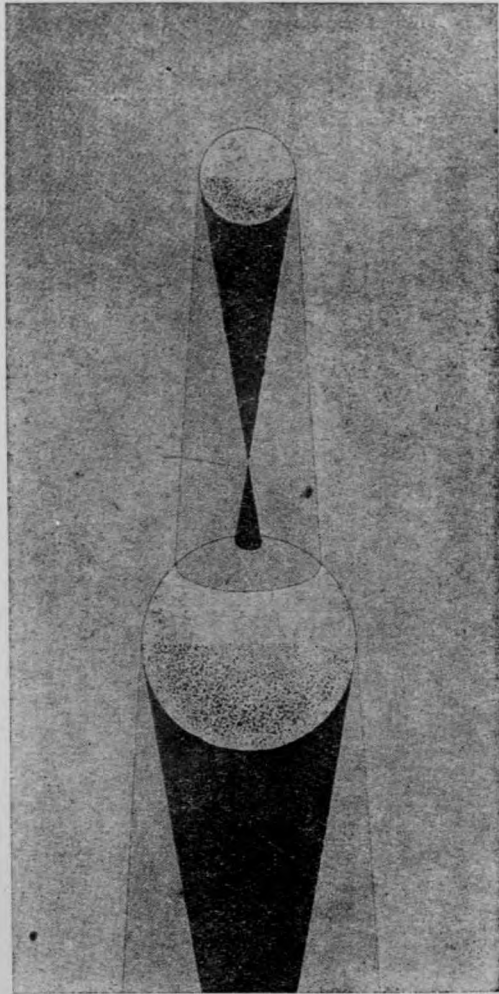
越近月球中心的地方，太陽被掩越多，就是所看見的偏食分越大。



太陽所照成的月亮陰影的長度，因為日月距離的不同，變化於 367000 公里（228000 英里）和 380000 公里（236000 英里）之間。地球和月亮的距離是從 357000 公里乃至 407000 公里，所以有時月亮影錐的尖端達不到地面。這時候從延長影錐的中央部分的地面看過去，月亮雖然遮蓋着太陽的中部，但不能掩蔽牠的四周；太陽邊緣呈狹窄的光環，這叫做環食（Annular eclipse）。

月亮在地球表面上的影錐的最大直徑是 209 公里（137 英里）；因為影錐軸平常和地球表面不相垂直，所以地球表面上陰影的輪廓，是一個稍長的橢圓形。

因為白道和黃道是互相斜交的原故，所以每到新月的時候，未必都有日食發生；但是發生日食，一定要在朔的時候。日月在白道和黃道的交點附近，纔可以發生日食。朔的時候，太陽的位置，若離交點在  $15^{\circ}.2$  以內，則一定發生日食；若離  $18^{\circ}.5$  以上，一定不能發生日食；在  $15^{\circ}.2$  和  $18^{\circ}.5$  的距離，則有時發生，有時不發生。又全食和環食的發生，最小限為  $9^{\circ}.9$ ，最大限是  $11^{\circ}.8$ 。



第三十七圖 日環食的原理

當月影的尖錐不能達到地面的時候，月亮雖然遮蓋太陽的中部，而四周仍有日光，就生環食的现象。

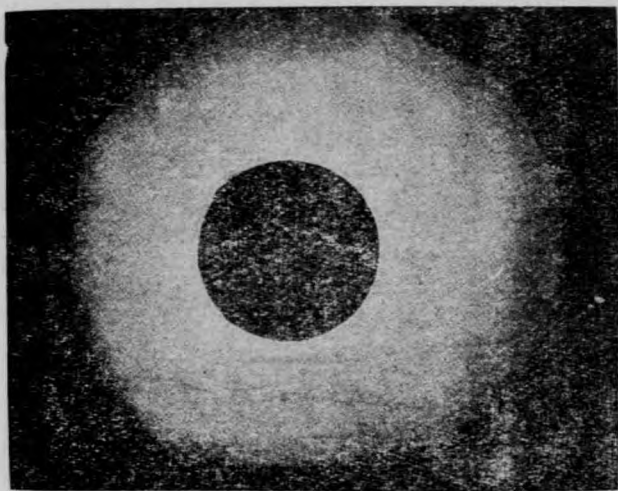
月亮影錐尖端對於地球中心的速度，就是月亮軌道的速度，每小時 3370 公里（2100 英里）；但是對於地球表面的速度，非合算地球自轉的結果不可。自轉速度最大的赤道部分為每時 1675 公里，所以這部分所看見的月影速度應該為兩數的差，就是 1695 公里，緯度 30° 和 60° 的地點，則為 1930 公里和 2675 公里。就是月影在地球表面上急速向西走，所以某一地點所看見的日全食時間是非常的短；遇到極好機會的時候，不過 1.5 分鐘，平均不過 3 分鐘。

地球表面上，某一瞬間能夠看見全食的部分，非常的小。月影西走的結果，就發生能夠看見全食的帶狀部分；這全食帶的幅廣，平均為 160 公里。所以全食帶通過某一地點的機會，非常的少；據揚格（Young）所推定，平均 360 年只有一次。民國 30 年 9 月 21 日的日全食帶，自新疆經過青海、甘肅、陝西、湖北、江西、福建等省，實在是難逢的機會。至於能夠看見偏食的範圍頗廣，但是不能算做稀有的現象。

【日全食】約在日全食前一小時起，月亮漸漸把太陽遮蓋起來；在全食前 15 分鐘左右，日光漸弱，地上的光景和晚暮的一樣，鳥獸驚鳴，呈一種不安的形狀。在全食兩三分鐘前，可以看見暗

影通過地面；數秒鐘前，可以看見日冕的輝明部分。到了全食時候，日冕全景非常鮮明，同時可以看見日珥的噴出。行星和亮的恆星也現於空中。溫度降低，空中變爲黑暗。到了生光，日冕也消失，漸漸恢復常態。

日全食的時間雖然非常的短，但是研究的問題非常的多；所以每到日全食的機會，各國都要派遣觀測隊去觀測。民國 25 年 6 月 19 日的日全食，我國也派兩隊到蘇俄和日本去觀測。日全食時候所要研究的問題，是



第三十八圖 日全食的現象

這是 1925 年 1 月 24 日日全食時候的現象，美國所攝。

(1) 測定日月相切的時刻 這是精密研究日月位置所必要的觀測；可利用照相或照電影的方法。

(2) 攝取日冕和日珥的像。

(3) 攝取閃光光譜 這是以研究太陽表面氣體的分布爲目的。

(4) 攝取日冕的光譜。

(5) 測定溫度、磁力、電波傳播等的變化。

(6) 搜索水星以內的行星 到現在止，都沒有成功。

(7) 證明愛因斯坦的引力學說 愛氏根據他自己所主張的萬有引力場內光線有彎曲的理論，推算接近太陽所通過的光線有  $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$  的彎曲。這個理論，要等到日全食的時候，攝取太陽周圍附近所看見的恆星的位置，然後再和牠們不在太陽附近時候的位置相比較，就可以知道光的彎曲所發生的變化，纔能夠得到證明。這個問題最初的研究，是 1919 年 5 月 29 日日全食的時候，英人愛丁頓 (Eddington) 和克羅美林 (Crommelin) 在美國所觀測的結果。

得  $1^{\circ}.61$  和  $1^{\circ}.98$ ，其次就是 1922 年 9 月 21 日日全食的時候，加拿大觀測隊得  $1^{\circ}.78$ ，立克天文臺觀測隊得  $1^{\circ}.75$ 。這樣看起來，愛氏的理論是已經得以證明了。

【食數】日食和月食，要日月在交點的前後，纔可以發生，所以每隔六個月，就有一羣的日月食現象。月食的限界比日食限界小，所以一年內有完全沒有月食的時候，但是日食一定有兩回。最多的時候，一年有 7 回的日月食；或是月食 2 回和日食 5 回，例如 1835 年，或是月食 3 回和日食 4 回，例如 1982 年。第二十世紀有日食 228 回，月食 147 回，共 375 回；平均每年 4 回。

【沙羅周期】白道的交點，每年約向西迴轉  $19^{\circ}.5$ ，所以太陽以  $346.62$  日和同一交點相遇；這個周期叫做食年 (Eclipse Year)。

$$19 \text{ 食 年} = 6585.78 \text{ 日}$$

$$242 \text{ 交點月} = 6585.36 \text{ 日}$$

$$228 \text{ 朔望月} = 6585.32 \text{ 日}$$

以上三者的關係，是示日月以 6585 日的周期，對於同一交點，回復同樣的位置，就是每 6585

日以同樣的順序，發生日月食的現象。這個周期叫做沙羅周期 (Saros cycle)。一個沙羅周期的日月食總數約為 70 次；其中日食 21 次，月食 29 次，日食裏頭，偏食 14 次，環食 7 次，全食 10 次。

## 第十章 天文學的實用

普通所說的時有兩種的意義，一個是指時刻 (Time epoch)，一個是指時間 (Time interval)。我們假設以一根直線來表示時，則線上任意一點就是表示時刻，兩點間的距離就是某時刻和他時刻間的長度叫做時間。要辨別時刻和定時間的單位，就是天文學上的問題。

【恆星時】 天文學上所用的時有兩種，一個是恆星時 (Sidereal time)，其他一個是太陽時 (Solar time)。春分點兩次通過同一子午圈所歷的時間，叫做一個恆星日 (Sidereal day)；一個恆星日分爲 24 恆星時，一個恆星時分爲 60 分，一分分爲 60 秒。某瞬間的恆星時時刻，是以恆星時的數字來表示春分點自中天以後所經過的時間；就是等於春分點的時角。

測定恆星時的儀器是中星儀或子午儀。春分點的位置，沒有恆星，所以不能直接測定牠通過子午圈的時刻。但是有三百多個的恆星，每個都已經觀測過幾百次，所以牠們的赤經，都已經有精



密的決定；由這些觀測，可以間接的測定春分點通過子午圈的時刻，就是可以決定恆星時的零時。這些恆星，平常叫做時星 (Time stars)。這樣看起來，某時刻的恆星時，就是該時刻在子午圈上的恆星的赤經；換一句話來說，恆星時等於該時刻的子午圈的赤經。

春分日的恆星時零時和正午相一致，秋分日則和夜半一致；就是恆星時每天約快4分鐘。所以日常生活若用恆星時，非常不便，宜用太陽時。

【太陽時】 太陽來到子午圈上的時刻叫做視午 (Apparent noon) 或真午 (True noon)。從今日視午到明日視午的時間叫做一個視太陽日 (Apparent solar day)，分爲24小時，叫做視太陽時 (Apparent solar time) 或真太陽時 (True solar time)。某時刻的視太陽時，等於太陽的時角。這種的時，每天長短不一樣，平常還不用牠。例如十二月二十五日比九月十三日約長50秒；一月每日的平均比七月每日的平均約長15秒。真太陽時的長度所以有變化的原因有兩種，一個因為太陽運行於黃道上，不是在赤道上運行；還有一個，因為太陽在黃道上運行的速度不是相等。

第一、太陽沿着黃道上，一天縱使約為 $1^{\circ}$ 的等速運動；但是在春分秋分附近，和赤道傾斜最甚，所以一天所走的赤經，一定比在赤道上所運行的狹小。反之，於夏至冬至附近，黃道約近極 $23^{\circ} 27'$ ，所以牠的附近平行於赤道的 $1^{\circ}$ 的運動，有 $1^{\circ}$ 以上的赤經差。就是太陽的東方運動，在春分秋分時候遲慢，夏至冬至的時候快；所以太陽在分點附近的時候，真太陽日短，至點附近則長。

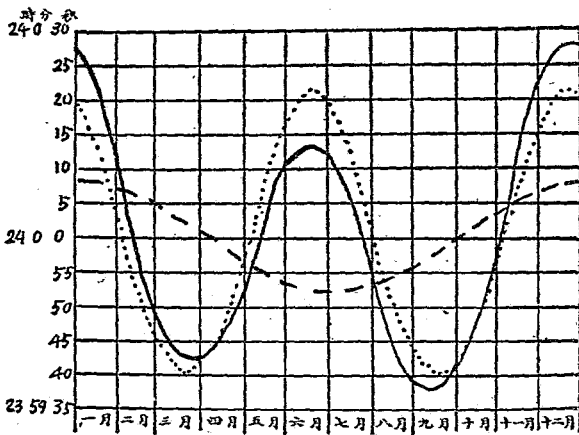
第二、地球的公轉速度，在近日點的時候最快，遠日點時候最慢；這種現象，就是太陽在黃道上的速度發生變化。結果，一月初真太陽日長，七月初則短。

第三十九圖是示這兩種原因的結果，使太陽日發生長短的變化。圖中的破線是示地球軌道偏心率的結果，就是太陽在黃道上速度變化的結果；點線是示黃赤交角的原因。這兩種原因合成的結果，就如實線所示。由圖上就可以知道十二月末和六月末的太陽日長，九月初和三月末則短。

真太陽日的長短既然不等，所以不合實用；天文家爲調整起見，先假想一個太陽，叫做平太陽

(Mean sun)。這個平太陽和真太陽同時從春分點出發，同時再回到春分點；但是真太陽是在赤道上行走，並且不是等速度，而平太陽則在赤道上行走，並且是等速度的運動。這個平太陽的時角，就是該時刻的平太陽時 (Mean solar time)。平太陽通過子午圈的時刻，叫做平午 (Mean noon)；兩次通過子午圈所歷的時間叫做平太陽日 (Mean solar day)。

真太陽和平太陽的時角的差，叫做時差 (Equation of time)；真太陽時大的時候用 (—) 的符號，小的時候用 (+) 就是真太陽的時角加上時差，等於平太陽的時角。時差的數值，每年略有不同，但是大概如下：



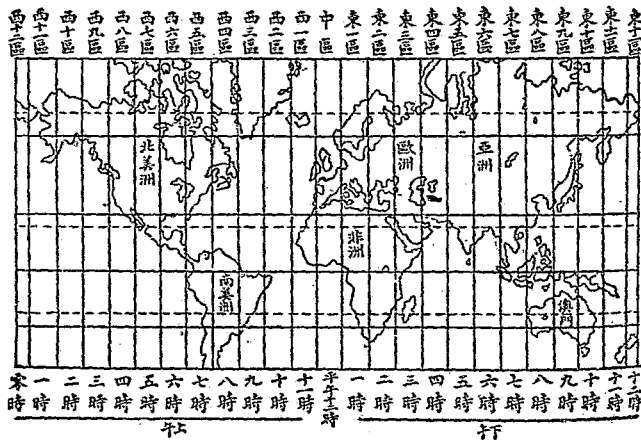
第三十九圖 真太陽日長短的變化

月	日	分	秒
1	1	1	12.4
2	12	14	24.7
4	15	0	0
5	14	+ 3	46.6
6	14	0	0
7	26	- 6	19.8
9	1	0	0
11	3	+16	21.9
12	26	0	0

【地方時和標準時】在各地地方按平太陽所測的平太陽時，叫做地方平時 (Local mean time)，按真太陽所測的真太陽時，叫做地方真時 (Local true time)。這些都是地方時 (Local time)。

(time)。地球向東邊自轉，所以在東邊的地方先看見太陽，就是地方時較早；在西邊的地方，看見太陽在後，所以地方時較遲。地方時隨地而不同，甚為不便。

普通為統一兩個接近地方的時刻起見，特設標準時 (Standard time)。現今全世界所用的標準時，都是從英國格林尼治天文臺起算，以每隔 15° 經線的時刻為標準，分全球為二十四區。各區遞差一小時，凡在同區的地方都是用同一的時刻。每區裏

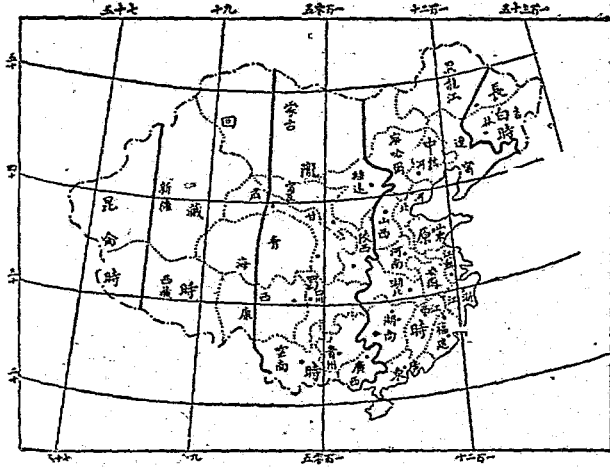


第四十圖 世界標準時區圖

頭，只有中線所經過的地方，標準時和地方時纔相吻合；其他地方，標準時和地方時都有差數。

我們中國的地方非常廣大，西自格林尼治東經 72° 起，東至東經 135°，所以不能專用一個標準時。現今所定的標準時，分為五區：

- (1) 中原時區 以東經 120° 經線的時刻為標準。
- (2) 隴蜀時區 以東經 105° 經線的時刻為標準。
- (3) 回藏時區 以東經 90° 經線



第四十一圖 中國標準時區圖

的時刻爲標準。

(4) 崑崙時區 以東經  $82.5^\circ$  經線的時刻爲標準。

(5) 長白時區 以東經  $127.5^\circ$  經線的時刻爲標準。

至於某地應該用某區的標準時，可參看第四十一圖。

【日界線】 已經知道某一定地方的時刻以後，就可以決定牠的日期。但是地球是一個圓形，就全地球來說，什麼地方應該爲日的界線是沒有一定的標準；所以按國際的協定，就設一個日界線 (Date line)。這日界線是在通過格林尼治經線的反對側，就是東西經  $180^\circ$  的經線，通過太平洋的中央。但是同一國家，用不同的日期，是不甚便利，所以日界線不是完成和  $180^\circ$  經線相一致。例如西伯利亞的東端編入西邊，阿利西翁羣島的西部編入東邊；南半球方面，新西蘭的東方羣島編入西邊。在日界線的西邊，日期比東邊多一天。格林尼治爲正午的時候，全世界都是在同一的日期，我國南京是爲下午 8 時，東經  $180^\circ$  地方是下午 12 時，西經  $180^\circ$  地方是上午 0 時。南京正午的時刻，格林尼治是上午 4 時，東經  $180^\circ$  地方是下午 4 時，西經  $180^\circ$  地方是前一天的下

午4時，美國都是在前一天。我們坐船通過日界線的時候，由西向東前進則增加一天的日期；由東向西的時候則減去一天的日期。

【民用時】從前天文家所用的天文時 (Astronomical time) 和民用時 (Civil time) 是不一樣。就是民用日 (Civil day) 是從夜半子正起算，到了翌日的夜半子正，是爲一日；夜半子正就是平太陽時的上午零時。天文的工作多在夜間，所以天文日 (Astronomical day) 是從今日正午到明日正午爲一日；但是白天觀測太陽等等，也是天文的工作，所以自1925年1月1日起，國際間決定改天文日和民用日相一致，都是從夜半子正算起，從0時算至24時，不分做上午和下午的區別。

【年】更長一點的時間單位就是年 (Year)；計算年的方法有三種：

(1) 恒星年 (Sidereal year) 地球完全一公轉太陽周圍所需要的時間，就是太陽在恆星間，沿着黃道運行 $360^{\circ}$ 的時間。牠的長度，現在是漸漸的增加，按紐科姆的計算公式，是： $t$  是西紀年數。



$$365.25636042 + 0.000000011(t - 1900)$$

(2) 近點年 (Anomalistic year) 這是地球兩次經過近日點所需要的時間。牠的長度現在是漸漸的增加。現在約比恆星年長  $46.8''$ ，這是因為地球軌道的長軸漸漸向東方回轉的原故。計算牠的長度的公式是

$$365.2564134 + 0.000000304(t - 1900)$$

(3) 回歸年 (Tropical year) 這是普通曆書上所用的年，就是太陽兩次通過春分點所需的時間。因為分點歲差的原故，這種年比恆星年短。這種年現在是漸漸的減短，只有這種年和四季能夠相一致。牠的長度的計算公式是：

$$365.24219879 - 0.0000000614(t - 1900)$$

【太陰曆】我們人類的生活，最重要的時的單位是日，其次就是年，日和年之間又加上一個月的單位。曆法就是調節這三個自然單位以使人類的實用；因為調節方法的不同，就發生種種不同的曆法，大概可以分爲太陰曆 (Lunar calendar) 和太陽曆 (Solar calendar) 兩種。

太陰曆除了印度某種曆法以滿月到滿月爲一個月以外，普通都是從新月算起，就是從新月到新月爲一個月，凡 29 日或 30 日。但是新月的解釋有兩種的方法：一個是指在西方天空像針形的月亮，一個是指日月在會合的位置時候完全看不見的月亮。因為解釋方法的不同，所以每月初一日常常有一二天的差別。西洋方面多採用第一解釋，我國則採用第二方法。

一月的日數一定小月爲 29 日，大月爲 30 日，平均日數爲 29.53059 日，要和真正的朔相合。根據第一的解釋，就是所謂平朔，則月的大小，大概是輪流排列，不過每 16 個月或 17 個月，要有兩次的大月相連。第二的解釋就是所謂定朔，因爲日月運動的不等，所以有時大月或小月繼續四次之多。我國在唐朝以前的曆法都是用平朔，後改爲定朔；西洋都是用平朔。我國所以改用定朔，大概因爲避免朔日看見月亮和晦日或初二日發生日食的原故。

太陰曆中，豫穆罕默德曆完全不用年，是一種特別的曆法，普通都用閏月來調節年和月的分配。置閏的方法，有時放在年末，有時放在年中。我國自漢代以後，就決定一個原則，以沒有中氣的太陰月為閏月。中氣是從冬至到冬至的期間分為十二個等分的區分點；各中氣之間再二等分，就得十二個節氣。通常把中氣和節氣合稱為二十四節氣。現在把二十四節氣的名稱，月的中節，相當的太陽黃經度，和現行國曆的大概日期，列表於下：

名	稱	節	或	中	太陽黃經度	現行國曆大概日期
立春		正月節			315°	2月5日
雨水		正月	中		330	2月20日
驚蟄		二月節			345	3月6日
春分		二月	中		0	3月21日
清明		三月節			15	4月5日
穀雨		三月	中		30	4月20日
立夏		四月節			45	5月6日
小滿		四月	中		60	5月21日
芒種		五月節			75	6月6日

夏至	五月中	90	6	21
小暑	六月初	105	7	7
大暑	六月中	120	7	23
立秋	七月初	135	8	8
處暑	七月中	150	8	23
白露	八月初	165	9	8
秋分	八月中	180	9	28
寒露	九月初	195	10	8
霜降	九月中	210	10	28
立冬	十月初	225	11	7
小雪	十月中	240	11	22
大雪	十一月初	255	12	7
冬至	十一月中	270	12	22
小寒	十二月初	285	1	6
大寒	十二月中	300	1	21

明代以前二十四節氣，都是用平分的方法；以後纔按太陽黃經度來等分，每一節氣為一個節氣。前者叫做恆氣，後者叫做定氣。用定氣以後，二十四節氣的期間雖然沒有一定，而二分二至和真正的二分二至相一致。因為節氣是按太陽黃經度來推算，所以在太陽曆上的日期，每年差不多都是

一定不變。

置閏月的方法，希臘是以2年置閏月1次起，8年置3個閏月，19年置7次閏月；這19年的周期，自紀元前433年起，就已經發見，叫做默冬章（Metonic cycle）。我國自秦漢時代起，就有這個智識，就是叫做章的周期；以一年為365.25日的章法，以每76年（就是19年的4倍）而完全循環一次。這就是希臘所謂卡利波斯周（Callippus cycle），中國叫做四分法。

【太陽曆】古代埃及人以12個月的30日再加上5日為1年，每4年再加上1日，使和四季相合；這是純粹的太陽曆。後來朱理亞·愷撒（Julius Caesar）參照埃及曆，改正羅馬曆，定平年為365日，每4年為1閏年，定為366日。這個改正的曆，叫做朱理安曆（Julian calendar），就是現在世界最通行的太陽曆的最初形式。這個曆是從西曆紀元前46年1月1日實行，當時朱理亞·愷撒為使春分日為3月25日（羅馬第二代皇帝的春分日）起見，就把牠的前年增加兩個長月，變為45日；當時叫做『亂年』。

朱理安曆的月的規定，最初是1, 3, 5, 7, 9, 11等六個月為31日，其他各月都是30日，

惟2月是平年29日，閏年30日。奧古斯都·愷撒 (Augustus Caesar) 為皇帝的時代，纔把8月改為31日，9月和11月改為30日，10月和12月改為31日，2月減去1日，變為平年28日，閏年29日。現行的格列高里曆 (Gregorian Calendar) 的月日的分配，就是沿用奧古斯都所規定的。

朱理亞時代以每3年設一個閏年，奧古斯都則改為每4年設一閏年。朱理安曆平均1年為365.25日，和實際回歸年，每年約相差

$$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{分} \\ & & & & & & & \text{秒} \\ 365.25 & - & 365.2422 & = & 0.0078 & = & 11 & 14 \end{array}$$

就是約每128年相差1日。公元325年3月21日為春分，到了1582年羅馬法王格列高里十三世 (Gregory XIII) 時代，春分已變為3月11日。

1582年10月格列高里十三世發令改曆，將10月4日的翌日改為10月15日；同時又改正置閏的方法。就是(1)公元年數以4除得盡的為閏年，(2)以100除得盡的為平年，

(3) 以 100 除得盡的又爲閏年。這樣改曆的結果，每 100 年比朱理安曆省去 3 次的閏年，每 400 年間，平均 1 年的長是：

$$\begin{array}{r} \text{H} \\ 365.2425 = 365 \text{ 日 } 5 \text{ 時 } 49 \text{ 分 } 12 \text{ 秒} \end{array}$$

和真正回歸年的差，不過

$$\begin{array}{r} \text{H} \\ 0.0003 = 26 \text{ 秒} \end{array}$$

所以 3300 年後，纔有 1 日的差。這個曆就是所謂格列高里曆，我國現行的國曆，也就是這個曆法。  
【改曆】 現今世界上所通用的格列高里曆，有種種的毛病。例如每季的日數不相等；每月的日數不整齊，排列的次序，也不一律；每月的星期，沒有一定的日期等等。所以世界各國常常發起改曆運動。在許多改曆方案裏頭，以十三月曆和世界曆比較整齊一點。

十三月曆是『1 年分 13 個月，共 52 星期。每月 4 星期凡 28 日，都是從星期日起。每年的第十三月末，另加一日，作爲歲日，不列在月內和星期內。每逢閏年，另加一日於第六月的最後一日，

也不列在月內和星期內。』牠的簡單曆表是每月相同，就是

十 三 月 曆

日	月	火	水	木	金	土
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

世界曆又叫做四季曆；牠的規定是『每年分爲4季。每季分爲3個月，各13星期，凡31日。每季的第一日都是星期日，末一日都是星期六。每季的第一月都是31日，其餘兩個月都是30日。每年另外加一個年終日(Year end day)作爲額外星期六，插在12月30日和1月1日之間。平年共365日，閏年366日；置閏的方法和現行的格列高里曆相同。閏年加一個閏年日(Leap year day)作爲額外星期六，插在6月30日和7月1日之間。年終日和閏年日都可以作爲國際休息日。』民國二十年我國政府機關爲研究改曆問題起見，曾組織一個曆法研究會，同時發出





第 三 季	七 月						八 月						九 月						
	日	一	二	三	四	五	日	一	二	三	四	五	日	一	二	三	四	五	六
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
29	30	31					26	27	28	29	30		24	25	26	27	28	29	30
第 四 季	十 月						十 一 月						十 二 月						
日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	日	一	二	三	四	五	六
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
29	30	31					26	27	28	29	30		24	25	26	27	28	29	30*

\* 年終日, 額外星期六, 定為國際休假日。

中國年所加之閏年日, 額外星期六, 定為國際休假日。

上表又可以簡單表示之於下：

一,四,七,十月							二,五,八,十一月							三,六,九,十二月						
日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六
1	2	3	4	5	6	7	5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9
8	9	10	11	12	13	14	12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16
15	16	17	18	19	20	21	19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23
22	23	24	25	26	27	28	26	27	28	29	30	24	25	26	27	28	29	30		
29	30	31																		

【紀日法】 紀日的方法，最普通的是星期和干支。星期是7天1周，按日、月、火、水、木、金、土的序次排列下去；平常稱為禮拜日、禮拜一等等。干支是按十干十二支來支配，60日而1周，例如甲子、辛巳等等。還有一種天文家所常用的紀日法，叫做朱理安日（Julian day），這是從西曆紀元前4713年（即天文家作為-4712年）朱理安曆1月1日的午正（12時）起算，繼續不斷，順數而下。例如民國27年就是1938年1月1日的朱理安日是2428900日。1925年改天文日和民用日相一致以後，這個朱理安日，還是照舊不改，所以比民用日晚12時間。

【方位的測定】 測定方位的最簡單方法是利用日影的方法；就是把距離子午圈東西等長時候就是太陽等高度時候所成的陰影方向記下來；二等分這兩個方向所成的角度，就是子午圈即南北線的大概方向。若是已經知道大概的經度，可以由天文年曆知道太陽通過子午圈的時刻，再用無線電授時，可以決定子午圈的方向。用日影的方法，最精密程度，只能達到一度的十分之一。若用北斗第七星（大熊座 $\eta$ 星）和北極星相垂直時候的北極星方向，可以得較為精密的結果。用經緯儀精密決定子午圈的方法，也是以測定北極星方向為最好。測定北極星是大距比較測定牠通過子午圈時候，更為方便。

【時的測定】 最初是用日晷來測時；日晷的種類雖然很多，牠的原理則相同，就是直接觀測太陽的時角，求得地方真太陽時。加上時差，就得地方平時；再加減經度差，就得標準時。用六分儀 (Sextant) 觀測太陽的高度，也是一個方法；航海家多用這個方法，陸地上也可以用這個方法。觀測太陽高度的方法，多用等高度法，就是觀測太陽在子午圈東和西等高度的時候，牠的平均數就是通過子午圈的時刻。等高度法也可以利用恆星來觀測，觀測所得的時間是恆星時，由恆星時再

改算平時或標準時。

天文臺多用中星儀或子午圈來測定已知赤經的恆星通過子午儀的時刻來測定時間。因爲天體通過子午圈時候的地方恆星時，等於該天體的赤經，所以可以立刻知道地方恆星時。由地方恆星時減去東經，就得格林尼治恆星時。格林尼治恆星時和平時每日的差，可以從航海通書或天文年曆查出來，得知格林尼治的平時，加上經度，就得地方平時或標準時。

【經度的測定】一恆星時內，地球自轉 $15^{\circ}$ ，所以經度相隔 $15^{\circ}$ 的地方，恆星時相差一小時。換一句話說，知道某二地點的恆星時的差，就可以知道牠們經度的差。不用恆星時，用平時也可以。測定經度的問題有二種，一個是測定某地的恆星時，一個是求和已定經度的地方同時的恆星時。從前是用運搬計時錶的方法，現在改用無線電授時的方法。

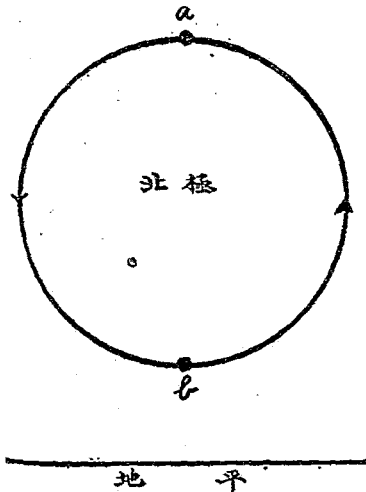
運搬計時錶的方法，是把表示已知經度的甲地方恆星時的計時錶，運到所要測定經度的乙地方去，在乙地方觀測太陽或恆星求牠的恆星時；這兩個恆星時的時刻的差，就是經度的差。計時錶的每日行當然要預先知道，以便準確；並且還要多帶一二具，以免發生意外的障礙。到了無線電

發達以後，就不用這個不方便的方法；就是把已知經度的地方恆星時或平時，用無線電報告到未知經度的地方去，和牠的恆星時或平時相比較，就可以知道經度的差。這個方法比前法精確，且又簡單，所以現在測定經度，都是用這個方法。

【緯度的測定】 測定某地方的緯度的方法，最簡單者有兩種。

(1) 拱極星法 (Circumpolar method)

某地方的極的高度和牠的天文緯度相等；所以測定一個地方的極的高度，就可以知道牠的緯度。但是在極的位置沒有恆星的存在，所以利用極的附近圓周內的恆星的觀測，可以間接計算極的高度。以極為中心的圓內恆星，叫做周極星 (Circumpolar star)。周極星在極的上下有兩回通過子午圈，這時候觀測



第四十二圖 北極和周極星的運行

牠的高度，如以蒙氣差的訂正，平均兩次的高度就得極的高度；這就是觀測地的天文緯度。

(2) 子午圈地平緯度法 (Meridian altitude method) 於第四十三圖，示地球的斷面。O 爲觀測者，N、S 爲地平，Z 爲天頂，O R 爲赤道面，P 爲北極，則 P、Z 是緯度。O Q 和 O P 互相垂直，所以

$$PN = ZQ$$

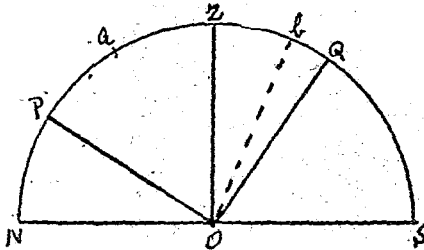
假設某已知位置的恆星通過子午圈時候的位置爲 b，則 b、O 是恆星的赤緯；觀測恆星的地平緯度 b S，得

$$bS - bQ = QS = 90^\circ - ZQ$$

就是

$$\text{緯度} = 90^\circ + \text{赤緯} - \text{地平緯度}$$

星的位置在 a 的時候，就是在天頂的北方，則觀測地平緯度 a N，加上赤緯 a Q，減去 90° 即得 PN，就是



第四十三圖 子午圈地平緯度法

緯度 = 赤緯 + 地平緯度 - 90°。

要極精密觀測緯度的時候，則用天頂儀 (Zenith telescope) 比較的複雜一點。

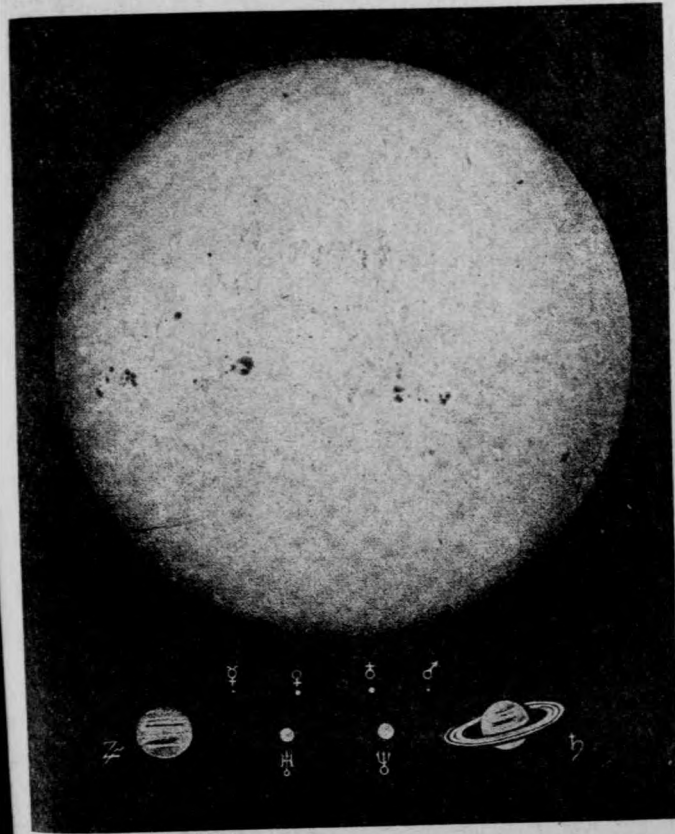


## 第十一章 行星

【行星系】 太陽系是由太陽、行星、小行星、衛星、彗星和流星等天體所合成；因為太陽的引力作用，成了一個的系統。行星、小行星、衛星等天體，可以視爲太陽系裏頭的一個小系統，叫做行星系 (Planetary system)。

現在所知道的大行星有九個。按牠們距離太陽的遠近來說，順次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。最初四個行星的大小和性質，都和地球相類似，所以叫做類地行星 (Terrestrial planets)。其他還有小行星 (Minor planets, Asteroids) 一千餘個。

【視運動】 九個大行星裏頭，軌道比地球軌道近於太陽者，叫做內行星 (Inferior planets)；在地球軌道的外側者，叫做外行星 (Superior planets)。水星和金星是內行星，其他各行星都是外行星。內行星和外行星的視運動是不一樣的。



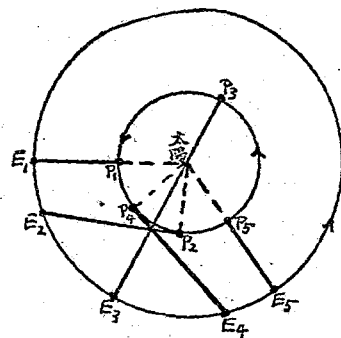
第四十四圖 太陽和各行星積量的比較

上面最大的是太陽，中間一行，自左至右是水星、金星、地球、火星。下邊一行，自左至右是木星、天王星、海王星、土星。

在第四十五圖上，設外圓是地球的軌道，內圓為內行星的軌道。當地球在  $E_1$ ，內行星在  $P_1$  的時候，叫做內行星在下合 (Inferior conjunction) 的位置；在  $E_2$  的時候，叫做上合 (Superior conjunction) 的位置。曆書上所載的內行星上合日或下合日，就是指這個時候。在  $E_2P_2$  或  $E_1P_1$  的位置，叫做大距 (Greatest elongation)；前者叫做西大距，後者叫做東大距。在

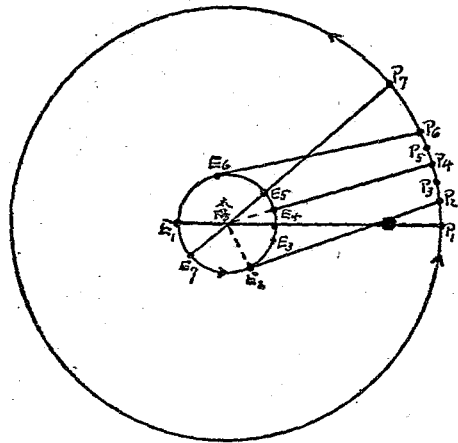
$E_3P_3$  的位置，又是下合。內行星的運行，就是接着下合，西大距，上合，東大距，再到下合的次序來反覆。我們從地球上面看過去，好像是以太陽為中心，東西動搖的樣子。太陽上行星的視運動，是這個太陽中心的運動和太陽自身在黃道上的運行相合成的運動，所以頗為複雜。

外行星的運動和內行星略有不同。於第四十六圖上，內圓是地球的軌道，外圓是外行星的軌道。最初地球在  $E_1$ ，行星在  $P_1$  的時候，叫做行星在合 (Conjunction) 的位置。以後，行星慢慢的



第四十五圖 內行星的運動

向東方走動，在  $E_1, P_1$  的位置時候，叫做方照 (Quadrature)，就是行星距日  $90^\circ$ ，行星繼續向東方運行到  $E_2, P_2$  的位置以後，因為地球軌道和行星軌道相平行，而地球的速度大，所以行星開始向西方移動。在  $E_3, P_3$  的位置，行星的視運動開始轉變方向，我們看過去，好像不動的樣子，這叫做留點 (Stationary point)；以後在  $E_4, P_4$  的位置，叫做衝 (Opposition)。到了  $E_5, P_5$  的位置又是留而不動，改變方向，又向東方運行，經過  $E_6, P_6$  的方照以後，又在  $E_7, P_7$  的合的位置。我們看過去，行星在天球上的運行，有時向東走，有時向西走；向東走的時候，叫做順行 (Direct motion)，向西走的時候，叫做逆行 (Retrograde motion)。順行變做逆行，或且逆行改爲順行的時候，行星好像不動，這就是留的



第四十六圖 外行星的運動

時候。

【距離】 行星的距離，不能用公里或英里來表示，因為公里或英里的單位太小的原故；常常用天文單位來表示，就是以地球和太陽的平均距離做單位，約為 149,500,000 公里（92,900,000 英里）。

1772 年波特 (Bode) 發表一個表示行星和太陽的距離的級數，叫做波特定律 (Bode's Law)。這級數是先設一數 0，後設一數 3，其次各數都為前數的 2 倍；再把各數都加上 4，所得的結果，就是各行星和太陽的距離的比。就是：

0	3	6	12	24	48	96	192	384
4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	7	10	16	28	52	100	196	388

這個定律差不多可以適用到天王星止，海王星和冥王星都不大適合；現在把各行星的實在距離和這定律的距離列表於下：

行星	水	金	地	火	小行星	木	土	天	海	冥
波特定律	0.4	0.7	1.0	1.6	2.8	5.2	10.0	19.6	38.8	
實際距離	0.387	0.723	1.000	1.524	1.5—5.2	5.203	9.539	19.191	30.071	

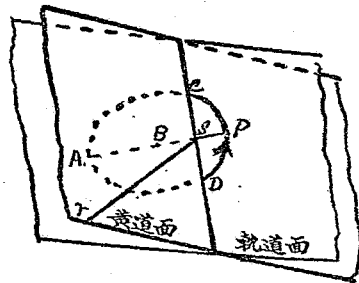
【軌道】刻白爾發見行星運行三定律以後，行星軌道的研究，非常的清楚。行星的橢圓軌道和圓形相似；牠們的偏心率以金星為最小，只有 0.007，水星為最大，達 0.206。軌道面差不多在同一平面上；若以地球軌道面為標準，則水星軌道面的交角  $7^{\circ}0'$  是為最大。小行星裏頭，有特別例外者，例如第 944 號小行星 (Hidalgo) 的軌道偏心率為 0.653，交角為  $43^{\circ}$ 。

行星的公轉周期有兩種：一個叫做恆星周期 (Sidereal period)，就是行星完全一回轉太陽的長度，按恆星來測定。一個叫做會合周期 (Synodic period)，是從合到合，或從衝到衝的時間。

要決定一個軌道，應該要知道七個的軌道根數 (Elements of the orbit) 在第四十七圖

上設黃道面和行星軌道面相交於CD，這叫做交點線 (Line of nodes)。圖上的橢圓，是示軌道，箭頭是示公轉的方向，則D叫做昇交點 (Ascending node)，C叫做降交點 (Descending node)。S為太陽，A、P為長徑，B為橢圓的中心，P為近日點，A為遠日點， $\sigma$ 為春分點的方向。兩平面的交角為  $i$ 。七個的軌道根數是：

- (1) 軌道半長徑.....  $a = BP$
- (2) 偏心率.....  $e$
- (3) 軌道交角.....  $i$
- (4) 元期平均黃經.....  $s$  示一定時刻的行星位置
- (5) 近日點黃經.....  $e \parallel \angle \gamma SP$



第四十七圖 軌道根數圖

- (6) 昇交點黃經.....  $\Omega = \dots \angle \gamma SD$
- (7) 恆星周期.....  $T$

測定某行星的赤經赤緯達三次以上，就可以決定軸的軌道根數。現在把各行星的軌道根數和軸們的常數列表於下：

行星軌道根數表

行星	$a$ (天文單位) (和太陽平均距離)	$e$	$i$	$T$ (回歸年)	軌道平均速度 (公里/秒)	會合周期 (日)
水星	0.387099	0.20562	$7^{\circ} 0.72$	0.2409	46.82	115.88
金星	0.723331	0.00681	$3^{\circ} 23.6$	0.6152	35.00	583.92
地球	1.000000	0.01674	—	1.0000	29.76	—
火星	1.523688	0.09334	$1^{\circ} 51.0$	1.8809	24.01	779.94
木星	5.202803	0.04839	$1^{\circ} 18.4$	11.862	13.04	398.88
土星	9.583843	0.05578	$2^{\circ} 29.5$	29.458	9.62	378.09
天王星	19.190978	0.04713	$0^{\circ} 46.4$	84.015	6.79	360.66
海王星	30.070872	0.00855	$1^{\circ} 46.6$	164.788	5.43	367.49
冥王星	39.7	0.253	$17^{\circ} 9$	250.		366.73



日 月 行 星 帶 數 表 (一)

星 名	符號	徑		直 徑	計 算 者	質量 (太陽=1)		
		半 徑	平 衡 距 離			1-	10+Log.	
太陽	☉	959.63	"	1391000	Anwers		10.000000	
太陰	☾	2.40	982.58	3476	Newcomb	27158000.	2.568099	
水星	♿	8.34	5.45	4800	Le Verrier	90000000.	3.045787	
金星	♁	8.41	30.40	12200	Anwers	408490.	4.394167	
地球 {赤道	♁	8.80		12757	7927			
		極		12714	7900	Hayford	329890.	4.482290
火星	♂	8.77	9.94	6800	4200	Hartwig	3093500.	3.509550
木星 {赤道	♃	4.68	23.43	148700	88700			
		極	21.87	133200	82803	Sampson	1047.35	0.979908
土星 {赤道	♄	91.91	9.76	120800	75100			
		極	8.73	108100	67200	Struve	3501.6	6.465733
天王星	♅	74.75	1.88	49700	30900	(Mean)	22869.	5.640753
海王星	♆	34.28	1.26	53000	35000	Barnard	10314.	5.714128

按三號 第十一種 印刷

1911



【水星】水星是最近太陽的行星，我國古代叫做辰星，最大矩的時候不過 $33^{\circ}$ 左右。恆星的周期約 88 日。直徑 4842 公里（3009 英里），體積爲地球的  $\frac{1}{18}$  分之 1。

水星和太陽差不多是同時出沒，觀測非常的困難。表面的斑紋，也不能確實的觀測，所以沒有法子決定牠的自轉周期；但是大概和公轉周期一樣，似乎常以同一表面向着太陽。水星和月亮一樣，也有盈虧的現象。

水星的反照率只有 0.07，所以縱有蒙氣，也是非常的稀薄；沒有雲彩，直接可以看見土地的表面。所受的太陽熱，約爲地球的 7 倍，所以表面溫度甚高；根據洛威爾（Lowell）天文臺輻射計的測定，知道約爲  $300^{\circ}\text{C}$ 。

水星常常通過太陽面上，這種現象叫做水星凌日（Transit of Mercury），這時候，太陽面上現有一個直徑約  $\frac{1}{11}$  的小黑點，肉眼不能看見。1927 年 11 月 8 日水星凌日以後，到了 1937 年 5 月 10 日，牠又通過太陽面上。

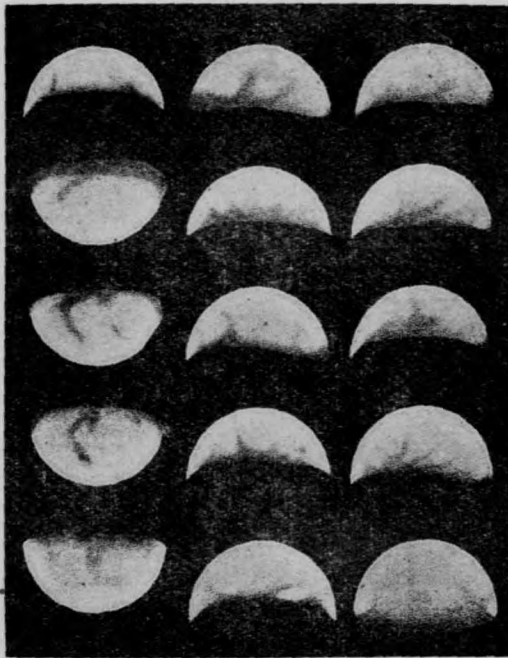
水星的近日點，每世紀向東方移動  $57''$ ，按其他行星的攝動來計算，只能移動  $532''$ ，還剩

不能加以說明。愛因斯坦根據相對論原理的引力說修正奈端學說；結果知道行星長軸的方向，每一公轉前進

$\frac{2\pi G}{c^2} \frac{M}{a}$ ，而  $v$  為行星的公轉速度， $c$  為光的  
速度。這個變動，若就水星來計算，世紀為  $\frac{2\pi G}{c^2} \frac{M}{a}$ ，和實際的測定，差不多相一致。

水星和太陽中間，有沒有行星的存在，這是歷來所未解

決的問題。從前有人曾經發見過，並且把牠命名為甘巴 (Vulcan) 星；但是歷次日全食時候的照



第四十八圖 水星視象

1911 年和 1912 年實測所得的水星隨時變幻明暗不同的現象。

相搜索，都沒有再見過，所以前次的發見，恐怕是觀測者的錯誤。1902年立克(Lick)天文臺培賴恩(Perrine)綜合觀測的結果，得一結論，就是行星內側若有他行星存在，則牠的直徑一定在35英里以下，光度一定在7.7等以下。

【金星】金星是光輝最強的行星，早晨現於東方，我國古代叫做啓明星；晚上現於西方，叫做長庚星。啓明、長庚、太白等名稱，都是金星的別名。公轉周期約225日，最大距約 $46^{\circ}$ 。大小和地球差不多。最光明的時候爲14.3等，白天也可以看見，晚上可以使地球上的東西發生陰影。用遠鏡看牠，和月亮一樣，也有盈虧的形狀；表面發白色光輝，各處有稀薄的陰影，不能發見牠的永久的斑紋。

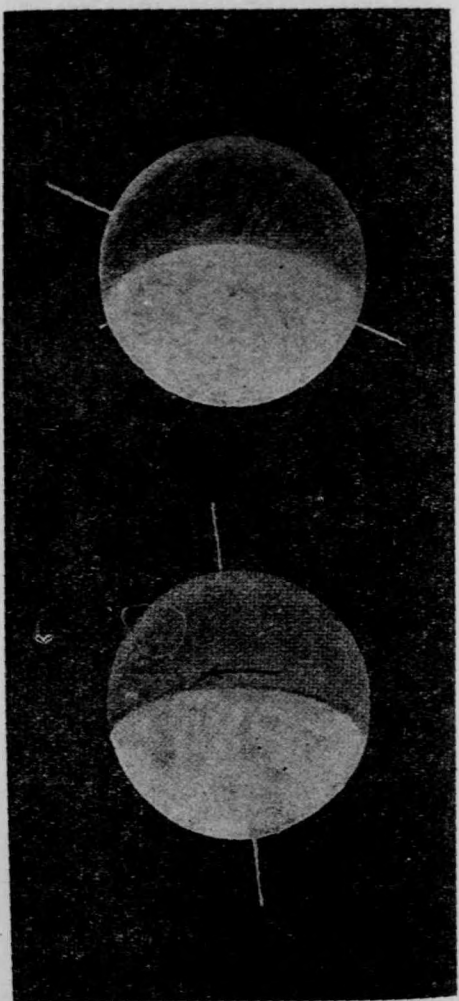
金星的自轉周期，還沒有一定的確論；有的人主張約24小時，有的人主張和公轉周期一樣，都沒有確實的證據。金星有深厚的蒙氣，大概是毫無疑義的。金星有時通過太陽面上，就是所謂金星凌日(Transit of Venus)的現象；這時候，牠的周圍現有細的光輪，就是因爲金星蒙氣屈折作用的原故。金星表面發白色光輝和表面沒有永久的斑紋，大概因爲牠的表面爲密雲所掩蔽的原

故；但是用分光儀還不能加以充分的證明。



第四十九圖 金星的形象

左邊是全面時候的形象，右邊是半面的形象；面上形勢非常渾沌。



第五十圖 地球和金星의 自轉軸的傾斜情形  
左爲地球，右爲金星。

金星所受的太陽輻射，約爲地球的兩倍，所以雖然有深厚的雲，溫度還是非常的高。假使自轉和公轉是一樣的周期，則一面灼熱，他面一定冰凍，兩面的交界，當有溫暖的區域。1924年洛威爾天文臺科布楞茲 (Coblentz) 和拉姆普蘭特 (Lampland) 觀測的結果，證明金星暗面所輻射的熱頗多，所以金星的自轉周期一定非常的短，這個問題現在還沒有解決。金星自轉軸對於牠的軌道面的交角，也沒有一定的學說。據彼刻林所說，牠的自轉軸差不多躺在軌道面上；這個學說若果正確則金星上的晝夜四季一定和地球上大不相同。

1874年和1882年會發生過金星凌日的現象；下次的凌日要等到2004年6月8日和2012年6月6日。我們可以利用這個現象來決定地球和太陽的距離；但是根據過去的觀測，還沒有得到滿足的結果。

【火星】火星是外行星裏頭最近於太陽的行星，我國古代叫做熒惑。牠的一年爲地球的687日；牠的表面積爲地球的0.28倍，體積僅爲地球的六分之一。

由火星表面上永久斑紋的觀測，可以精密確定牠的自轉周期；觀測的結果，得24時37分



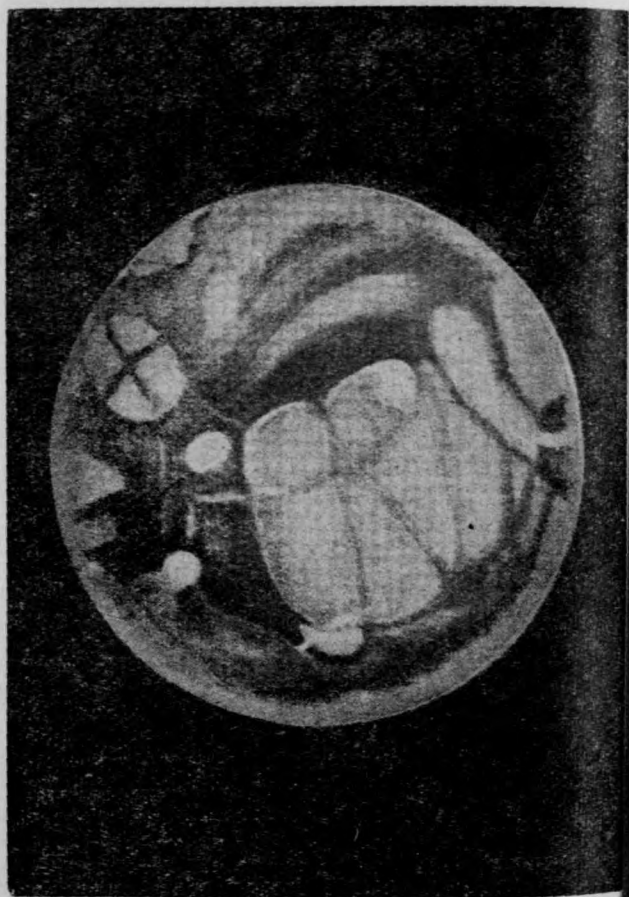
23.57 秒。自轉軸和牠的軌道面相交成  $23^{\circ}.53'$  的角度，所以牠的四季的變化，應當和地球相似。火星上蒙氣非常的稀薄，其中含有少量的水蒸氣和氧氣，沒有雲，而像霧的東西，則偶然發現，但甚稀少。

火星表面最顯著的現象是兩極有雪白色的部分，這叫做極冠（Polar caps），牠的面積是隨季節而不同。北半球爲夏季的時候，北的極冠急激縮小，南的極冠反而增大，南半球爲夏季的時候，則發生相反的現象。這個極冠大概是積雪或厚霜遮蓋的所在。

1926 年火星在衝的位置時候，洛威爾天文臺科布楞茲和拉姆普蘭特二人，曾特別設計熱電堆，裝在該臺大返光遠鏡上面，精密測定火星的表面溫度。結果知道當時火星南半球是在夏季末的時候，南極地方的溫度是  $0^{\circ}$  至  $+20^{\circ}\text{C}$ ；南溫度爲  $20^{\circ}$  至  $30^{\circ}\text{C}$ 。中央部分是  $30^{\circ}$  乃至  $40^{\circ}\text{C}$ 。北溫度是  $15^{\circ}$  至  $25^{\circ}\text{C}$ 。北極方是  $-15^{\circ}$  乃至  $-30^{\circ}\text{C}$ 。日出的地方  $-10^{\circ}\text{C}$ 。日沒的地方  $20^{\circ}\text{C}$ 。陰曇的地方低  $15^{\circ}$ 。乃至  $30^{\circ}\text{C}$ 。威爾遜山天文臺培提和尼科爾松的觀測結果，和這個大概一致。



第五十一圖 火星和地球的體積的比較  
左爲地球，右爲火星。

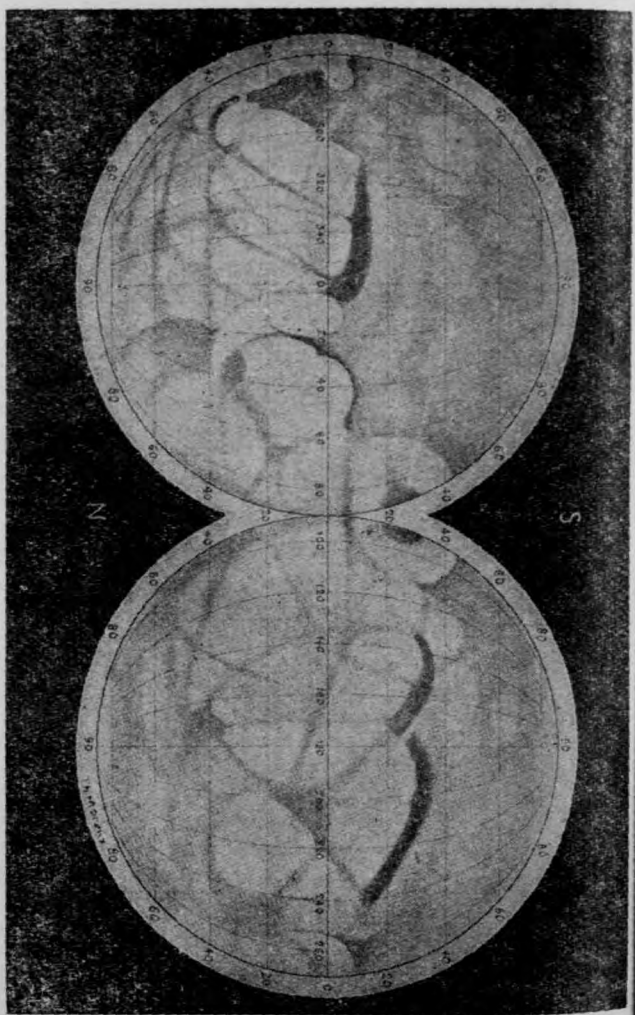


第五十二圖 火星的視象  
這是意大利天文家所畫。

火星的表面，除極冠以外，大部分帶橙赤色，一部分有青綠色的地方，沒有海；橙赤色的地方或係沙漠，青綠色的部分或係濕潤的所在，也許有植物的存在。

1877年意大利天文家斯基阿巴累利（Schiaparelli）觀測得火星橙赤色部分有許多細線；1881年又知道前次的一條線，大部分都變為兩條。這些線叫做運河（Canals）。美國洛威爾特別研究運河，畫有運河圖數百張。這運河是以直線成網狀，非常不規則，所以有人認為是高等生物所建築的。但是現今用大遠鏡觀測的結果，都不承認有運河的存在，認為這些不過是不規則的斑點而已。火星到底有否動植物，現在還沒有確實的證據。

火星有兩個衛星，是1877年8月豪爾（Asaph Hall）所發見的。形狀非常的小，不能測定牠們的直徑。彼列林從光的強度，測定牠們的直徑，約為9公里（6英里）；但是洛威爾和達格拉斯（Douglas）的測定結果，火衛一（Phobos）的直徑為59公里（36英里），火衛二（Deimos）為16公里（10英里）。兩個的軌道差不多都是為圓形的，火衛一的軌道半徑為3800公里（5800英里），火衛二為28500公里（14600英里），這些軌道差不多都在火星的赤道面上。

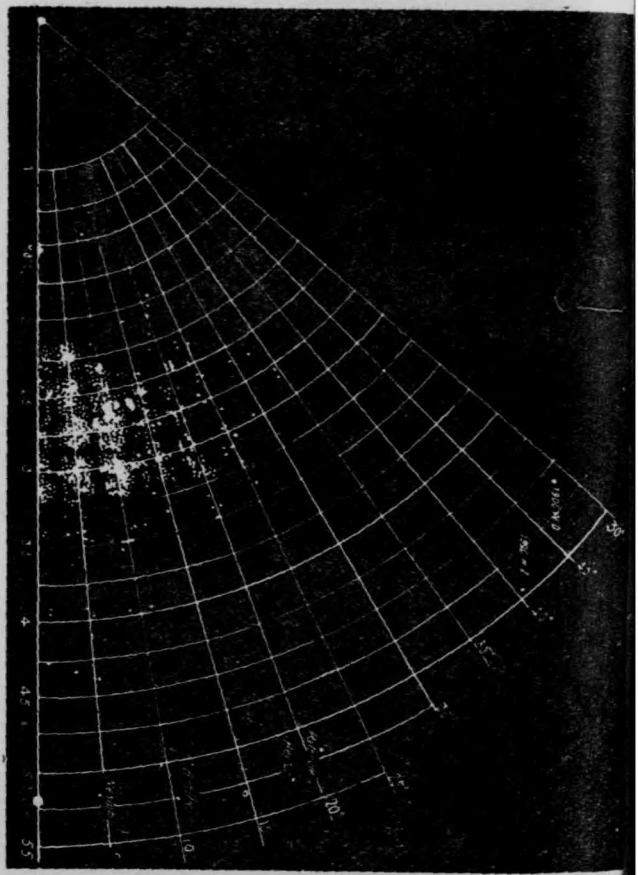


第五十三圖 火星的輿圖 這是意大利天文家埃維 1905 至 1924 年的觀測所畫的圖。

公轉的周期，一個是 7 時 39 分，牠一個是 1 日 6 時 13 分。火衛一是一個公轉速度比行星自轉速度更快的唯一衛星，所以牠是西出東沒，和他星不同。火衛二的東出西沒所需要的時間為 66 小時。牠們的光度是 14 等和 13 等。

【小行星】十七世紀刻白爾時代已經認為火星和木星之間，應該還有一個行星存在；十八世紀末葉波特定律發表以後，天文學家更相信一定有這樣的行星，大家都努力去尋找。到了十九世紀的第一夜，就是 1801 年 1 月 1 日的晚上，意大利天文家彼阿齊 (Piazzi) 纔偶然發見一個行星，漸漸的移動，這就是第 1 號小行星 (Ceres)。翌年，俄爾柏斯 (Olbers) 發見第 2 號小行星 (Pallas)。到了 1804 年哈爾丁 (Harding) 發見第 3 號小行星 (Juno)。1807 年俄爾柏斯又發見第 4 號小行星 (Vesta)。以後 40 年間都沒有發見，一直到了 1845 年亨開 (Hencke) 纔發見第 5 號小行星 (Astraea)。自 1847 年以後，每年都有幾個發見，到了現在已經知道的小行星約有 2000 個。

十九世紀末以前，發見小行星的方法，是用遠鏡注視黃道附近的天空，和精密星圖相對照；若



第五十四圖 小行星會聚的區域 橫行的距離是示小行星距日的數目；斜行的角度是小行星軌道和黃道的交角。

發見星圖上所沒有的星，然後檢查牠的運行，以確定牠到底是否小行星。1891年以後，天文家多用攝影方法，來搜索小行星的存在，就是用遠鏡照相幾小時以後，使恆星在底片上是一個圓點，而小行星因為行動的原故，就成一條短線，容易分別出來。

最初發見的小行星，都是用神話或其他的名稱來命名；後來發見的數目一天一天的多，就以發見年號和英文字相合做名稱，例如 1920 JA, 1920 JB 等等。經過充分的觀測，精密計算牠的軌道，決定是一個新小行星以後，就用包有括弧的數字來表示牠，例如 1920 HZ 記為 (944)。1925年1月1日起，又改用新記號法。就是英文字母中除 I 和 Z 二字以外，每月分配兩個字，牠的右側，再用英文字母（除 I 字）順次來記牠；例如 1938年1月前半（15日止）所發見者，順次記為 1938 AA, 1938 AB, … 等，後半（16日起）所發見者，則記為 1938 BA, 1938 BB, … 等；二月前半記為 1938 CA, 1938 CB, … 等，後半記為 1938 DA, 1938 DB, … 等等。

小行星的直徑，多在100公里以下，遠鏡看過去不像一個圓形。根據巴那德 (Barnard) 的測



定，最初四個小行星的直徑比較的是大一點；就是

第 1 號小行星	768 公里 (477 英里)
第 2 號小行星	489 公里 (304 英里)
第 3 號小行星	198 公里 (120 英里)
第 4 號小行星	385 公里 (239 英里)

若按光度來推算，有的小行星的直徑當在 10 公里以下。

小行星的軌道大部分在火星和木星之間，所以離太陽的平均距離自 2.0 乃至 3.5 天文單位。但是如第 433 號小行星 (Eros) 的距離僅 1.46，而 1927 BD 的小行星則為 10.6，就是小行星的分布是從火星軌道的內側起，乃至於天王星軌道的稍外側止。軌道的偏心率由 0 乃至 0.387，大部分在 0.3 以下。軌道面和黃道面的交角自 0° 乃至 43°。大部分在 16° 以下。公轉周期平均 4.5 年，最小的為第 433 號小行星僅 1.8 年，最大的 1927 DB 小行星達 34 年以上。第 433 號小行星 (Eros) 係 1898 年柏林天文臺維特 (Wirtz) 用照相方法所發見；牠的

軌道進到火星的內側，平均距離 1.46 天文單位，偏心率 0.22，所以最近地球軌道的時候可以僅為 2200 萬公里。1900 年離地球僅 4700 萬公里，當時國際間曾合作努力觀測牠的距離，精密決定太陽的視差。1931 年 1 月 30 日距地球更近，僅 2620 萬公里；天文家曾為種種的觀測，得知牠的變光狀態等等。

小行星的軌道，因為受了木星和土星的引力作用，發生顯著的攝動，尤以木星的影響更大，遂可以分做幾羣。

第 153 號小行星羣就是希爾達 (Hilda) 羣，由 8 個小行星合成，公轉周期為木星的  $\frac{2}{3}$ ，約 7.8 年。

第 279 號小行星 (Thule) 的公轉周期為木星的  $\frac{3}{4}$ ，約為 8.8 年。

脫羅央羣 (Trojan group) 小行星共有 6 個，公轉周期和木星略等，約為 11.8 年。

小行星多有變光，這是因為表面不規則，不是一個完全球形，所以日光的反射量有變化。小行星全體的質量不大明瞭，但是總量當不過地球質量的千分之一。至於小行星的起原，最初俄爾柏

斯以爲大行星的破裂就是小行星；以後這個學說不甚爲人所深信。小行星大概是構成太陽系行星的原料，因爲木星的攝動原故，不能集成爲一個大行星，所以仍然各自分散在空間。

【木星】木星是一個最大的行星，我國古代叫做歲星；牠的光度僅稍弱於金星。火星最近地球的時候，光度比木星稍強。用3英寸或4英寸的遠鏡，百倍的放大率，觀測木星，可以發見有幾個暗帶和赤道相平行；這暗帶是在黃白色的表面上，現出暗赤色的一帶。精密觀測的結果，知道暗帶的形狀，每夜有顯著的變化。常常有暗點或輝點出現，但不是永久存在的東西。1878年曾有幅寬14000公里長40000公里的橢圓形大赤斑(Great Red spot)出現；數年後赤色漸退，漸漸消失。

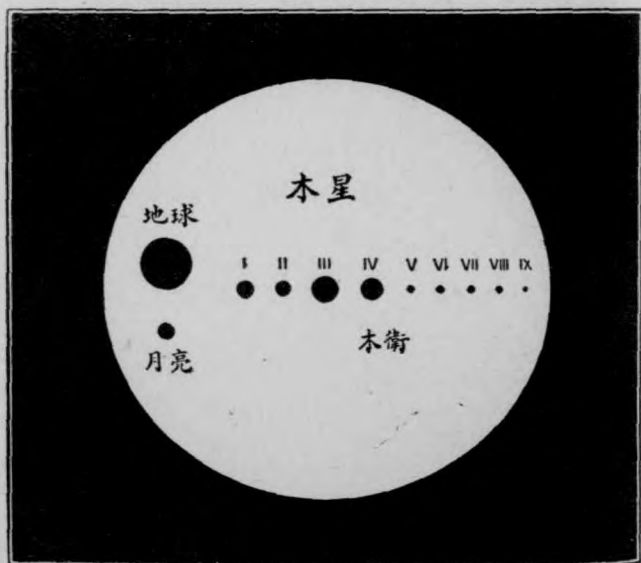
木星的照片，邊緣地方是黑暗色，這大概因爲木星深厚蒙氣所吸收的原故。由表面的斑點，可以計算木星的自轉周期。結果知道赤道附近的斑點以9時20.6分而一周，高緯度地方爲9時55分；這大概因爲斑點在雲裏頭移動的結果。用分光儀觀測所得的自轉周期，和這個數值大致相同。



第五十五圖 木星的現象

木星所受的太陽輻射量只有地球的  $\frac{1}{27}$ ，所以內部若沒有積蓄熱，則溫度一定低。就表面斑點的急激變化來說，可以知道牠的表面不是固體狀態，大概是深厚雲彩的表面；但就大赤斑的繼續存在來說，內部應該有比較凝固的地方。比重  $1.4$  為地球的  $\frac{1}{4}$ ，所以大部分是氣體和雲。由變化的激烈看起來，內部應該是高熱，但是沒有其他的證據。根據洛威爾天文臺輻射計的測定，表面溫度應該為  $175^{\circ}\text{C.}$  以下。

$175^{\circ}\text{C.}$  以下。

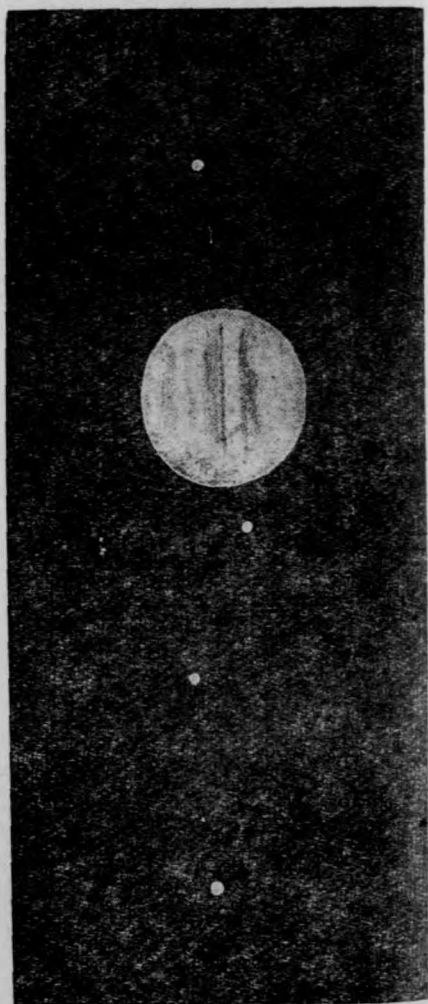


第五十六圖 木星和地球，月亮，木衛等體積的比較

木星有九個衛星，其中有四個比較光亮一點，用雙眼鏡就可以看見，這四個衛星是 1610 年 1 月加里尼用遠鏡所發見的，叫做木衛一 (I; Io)，木衛二 (II; Europa)，木衛三 (III; Ganymede)，木衛四 (IV; Callisto)。牠們的軌道面差不多和木星的赤道面相一致。軌道的形狀差不多是圓形；似乎以同一表面向着木星。有人說牠們有蒙氣。

	直徑	公轉周期	星等
木衛一	3050 公里	1 日 18 時	5.4
木衛二	3200	3 13	5.6
木衛三	5730	7 4	5.1
木衛四	5810	16 18	6.1

木衛五是 1892 年立克天文臺巴那德所發見；直徑約 160 公里，公轉周期 19 小時，距離木星的表面約為 111000 公里。



第五十七圖 木星和他的衛星

木星有九個衛星，上圖只有四個；其餘五個因為距離較遠或大小，所以看不見。

木衛六和木衛七是 1804 年和 1805 年培賴恩所發見，木衛八係 1808 年格林尼治天文

臺美羅特 (Melotte) 所發見，木衛九係 1914 年立克天文臺尼科爾松所發見。牠們的公轉周期各爲 266, 276, 739 和 758 日；直徑約自 150 公里乃至 25 公里。

木衛一到木衛七止，公轉的方向和行星一樣，就是從北面看過去和時針的方向相反；木衛八和木衛九的軌道面交角爲  $55^{\circ}$  和  $68^{\circ}$ 。公轉方向和行星的方向相反。木衛常常發生交食和通過木星表面的現象；從前勒麥 (Roemer) 就是觀測這個現象發見光的速度。

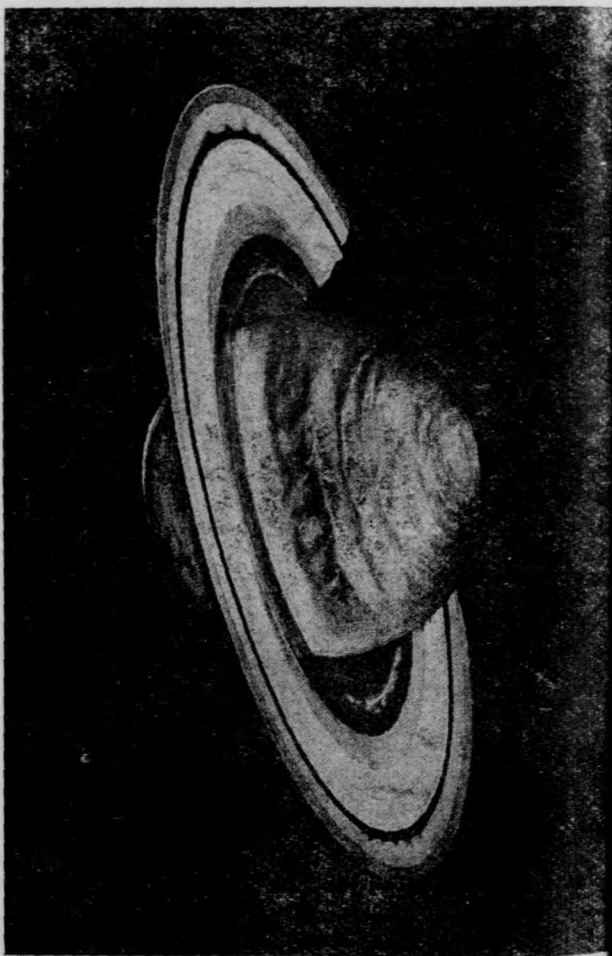
【土星】土星是一個特別形狀的行星，有環附屬在牠的本體的周圍。光度 0 等至 1.5 等。牠的本體是扁平的形狀，赤道直徑 123100 公里 (76500 英里)，極直徑 112300 公里 (69800 英里)，平均直徑 116600 公里 (72500 英里)。

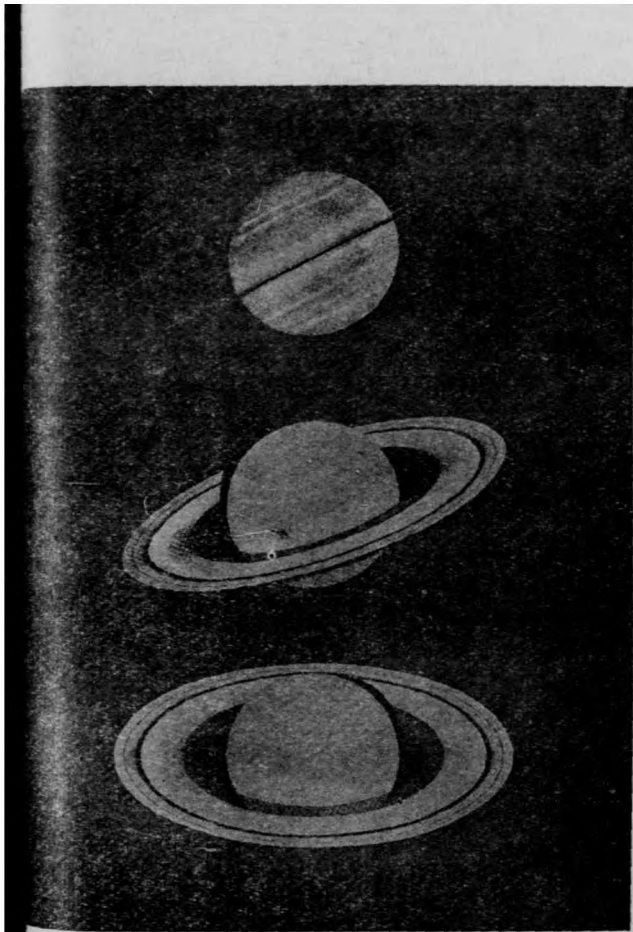
土星表面的斑點不甚明顯，所以要決定牠的自轉周期非常的困難；據豪爾所測定，應爲 10 時 14 分，但似乎和木星一樣，隨緯度而不同。牠的扁平度非常利害，大概因爲自轉迅速的結果。赤道面和軌道面的交角爲  $28^{\circ}$ 。



第三編 第十一章 行星

第五十八圖 土星的觀象





第五十九圖 土星光環

土星光環是常常變幻，這是牠的三種形式。

土星是黃白色，有幾條平行於赤道的暗帶。邊緣的光輝非常微弱，大概因為深厚蒙氣吸收的原故。常常有明亮的斑點出現，可以維持幾個月之久。

土星的比重是 0.9，非常的輕，所以不是固體，也不是液體，是氣體的表面，有濃厚的雲遮蓋着。常常有白的斑點出現，大概是從內部爆發噴出的輝雲。內部的溫度頗高，但表面的溫度大概和木星一樣。

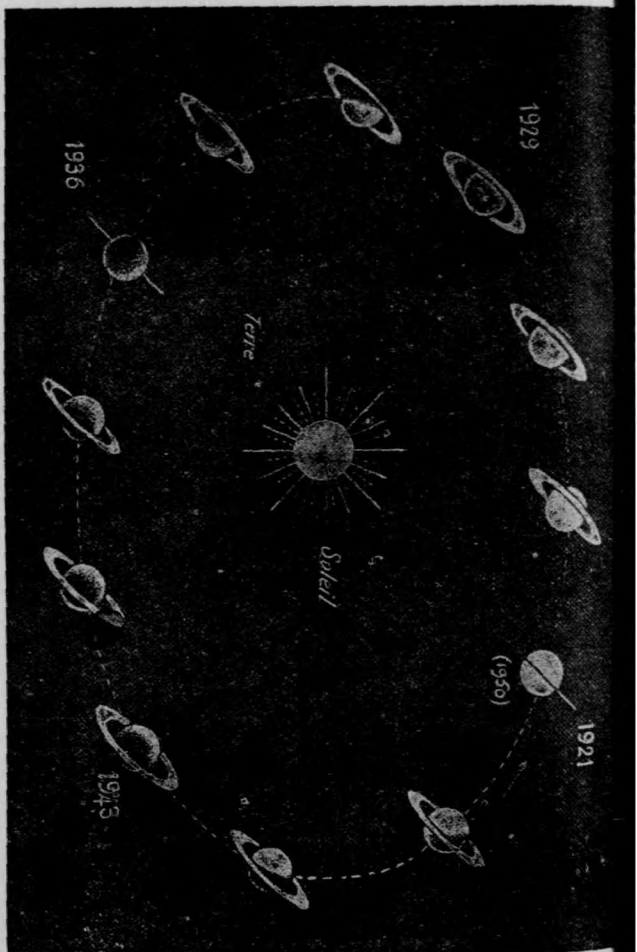
土星有三重的光環；就是外環 (Outer ring)、內環 (Inner ring) 和暗環 (Crape ring)。在內環和外環的中間，叫做噶西尼環縫 (Cassini's division)。環的厚度測定非常困難，大概在 100 公里以下。各環的直徑和幅廣如下：

外環	直徑 277400 (公里)	幅廣 17500 (公里)
內環	285000	28800
暗環	206200	17700
噶西尼環縫		3600
暗環和土星中間		9400

內環比外環顯明；暗環和內環相接，不甚黑暗，分別不易。關於光環的組成問題，好久都沒有解決；到了 1865 年基勒 (Keeler) 用分光儀決定光環各部的視線速度，證明越近土星迴轉越快。就是光環是微小粒子的集團，各自獨立迴轉於土星的周圍。牠的光輝的強弱，是按着微小粒子的密度而定。光環全體的質量非常的小，大概只有土星的十萬分之一。光環間的環縫甚多，所以可以看見牠側的恆星。

光環的平面和土星赤道面相一致，和黃道面相交 $8^{\circ}$ 。地球走到光環平面上的時候，除最大的遠鏡外，不能看見光環；這個現象，每 15 年發生一次，前一次是在 1921 年。兩次看不見光環的中間時候，光環達最大的傾斜，最爲美觀。

土星的衛星，共有 10 個。1655 年海根斯 (Huygens) 發見 1 個，1671 年到 1684 年間，西尼發見 4 個；1789 年威廉·候失勒發見 2 個；1848 年蓬德 (Bond) 發見 1 個；1899 年彼刻林發見第九衛星，1904 年又由攝影底片上發見第十衛星，但經數月以後，就看不見，至今還沒有發見出來，所以有人說土星只有 9 個衛星。



第六十圖 土星公轉一周的現象

最內側的土衛一 (Mimas) 距土星中心約 187000 公里，以 23 小時而迴轉；最外側的土衛九 (Phoebe) 則距 13000000 公里，以 550 日一迴轉。土衛九和木星外側的衛星一樣，都是逆行。大部分的衛星光度都有變化，這大概因為自轉，遂以不同的反射面向着太陽的原故。

【天王星】 1781 年 3 月 13 日威廉·侯失勒用他自製的焦點距 7 英尺、口徑  $6\frac{1}{2}$  英寸的返光遠鏡，觀測黃道附近的時候，偶然發見一個小而圓的天體。最初以為是一個彗星，經過幾個月的觀測，推算牠的軌道，纔知道是土星外側的一個行星，這就是天王星。

就比重來說，天王星的性質應該和木星一樣。表面沒有明顯的斑紋，所以不能直接測定牠的自轉周期；而斯來斐 (Slipher) 用分光儀測得 10.8 時。這個自轉是逆方向，赤道面和黃道面相交成  $82^\circ$  的角。

天王星有 4 個衛星。1787 年威廉·侯失勒發見 2 個，1851 年拉塞爾 (Lassell) 發見 2 個。牠們的周期，由 2.5 日乃至 13.5 日。軌道面和天王星赤道面相一致，向逆方向迴轉。

【海王星】 1845 年法人勒未利埃 (Le Verrier) 研究天王星實際位置和推算所得的位

置所以不同的原因，結果預報天王星的外側，還有一個行星。他把推算所得新行星的位置通知柏林的加爾 (Galle)，托他用遠鏡來找這個星。9月 23 日加爾接到通知以後，當夜搜索，不到 1 小時，就在勒氏預算位置 1。以內發見這個新行星。這就是海王星，是數理天文學的最大成功。

1843 年阿丹斯 (J. C. Adams) 也開始研究天王星的問題，經過 2 年以後，也推算得未知新行星的位置，報告格林尼治天文臺臺長阿利 (Airy)，請托搜索。到了 1846 年阿利始轉托劍橋天文臺查利斯 ( Challis )，果然亦得到海王星的位置。發見的日期雖然在後，但是阿氏獨立的功績，仍甚偉大；所以天文家說起海王星的發見，都是歸功於勒未利 和 阿丹斯 兩個人。

海王星和天王星相類似，表面帶淡青的顏色，斑紋不明顯，所以自轉周期不能決定，但自轉方向似係逆行。1922 年乃至 1928 年間埃彼克 (Oppik) 和利未蘭得 (Lütjander) 由海王星的照片觀測，發見牠的光度有變化，光變周期是 7.8 時，範圍是 0.14 等；這大概因為海王星自轉的原故。

海王星只有一個衛星，是 1846 年 10 月 10 日拉塞爾 所發見。這衛星的軌道面和黃道面

相交而成 $37^{\circ}$ 的角，以5時21分的周期向逆方向公轉。彼刻林從牠的反射光，推算牠的直徑為3600公里。

【冥王星】冥王星是最近發見的新行星，就是托姆普 (Tombeugh) 從1930年1月21日在洛威爾天文臺所照的底片上，發見一個光度15等的新天體。牠的位置在雙子座 $\delta$ 星附近，和洛威爾生前所推算的兩個假定位置的第一個相近。這也可以算做數理天文學的一個大成功。這星的直徑不能用大遠鏡來測定，但是按光輝來推定，大概和水星或火星相等。軌道的近日點在海王星軌道的內側。

【黃道光】於北半球地方，每年一月半乃至三月半的時候，日沒以後在薄暗的西天，有一種稀薄的三角形的光，八月乃至十月，則於日出以前現於東天。這種現象叫做黃道光 (Zodiacal Light)。這個三角形在地平的基底的寬為 $20^{\circ}$ ，乃至 $30^{\circ}$ ，高達 $40^{\circ}$ ，乃至 $50^{\circ}$ ，光軸差不多在黃道上。當牠現於西天的時候，就是黃道差不多和西方地平成垂直的時期；現於東天的時候，正值黃道和東方地平相垂直的時期。光的強度，是越近地平則越大。



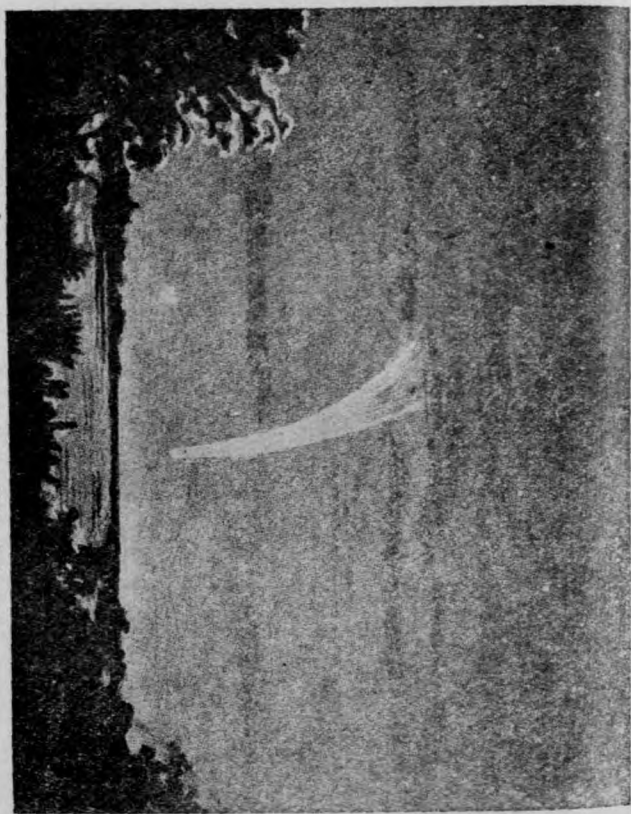
空中沒有塵埃和霧氣的時候，這個光是爲自三角形的頂點起幅約 $10^\circ$ 的薄光橫貫在全天上；其中，在和太陽正反對的天空上，光度也強，幅廣也大，這現象叫做對日照（Counter glow; Gegenerscheinung）。

假設包圍太陽的透鏡形狀的天空，散布着微細的塵埃狀物質，牠的擴散最大的平面爲黃道面，還可以分布到地球軌道的外側；則反過來說，就是發生黃道光的原因。1874年賴特（Wright）證明黃道光約有15—20%有偏光，1909年法斯（Fath）發見黃道光的光譜和太陽光譜相類似；這些事實都可以間接證明黃道光是太陽的反射。對日照大概是在太陽光反射最強的方向，由同種的塵埃而發生的。

## 第十二章 彗星和流星

【彗星】彗星除了以太陽爲焦點的軌道以外，和太陽系內其他各星完全不同。現在已經知道的彗星約有七百個。彗星的名稱是以發見者的名字爲原則，而周期彗星則用最初發見者的名字，也有用兩個發見者的名字，也有不用發見者的名字而用軌道研究者的名字，哈雷（Halley）彗星就是一個例。又一切彗星按一年內發見的次序，附以 a, b, c, …… 等等的暫定的名稱，軌道決定以後，按通過近日點的次序，用 I, II, III, …… 等等決定的名稱。例如摩爾豪斯（Morehouse）彗星於 1908 年 9 月出現的時候，因爲是那年第 4 個發見的彗星，所以叫做 1908 d，又爲那年第 3 個通過近日點的彗星，所以叫做 1908 III。

肉眼所看見的彗星，可以分爲頭（Head）和尾（Tail）兩部分；用遠鏡看的時候，頭的中央又有像恆星的輝明部分，這叫做彗核（Nucleus），包圍彗核的頭部叫做彗髮（Coma）。



第二編  
第十二章  
彗星和流星

第六十一圖 1910年1月出現的彗星，具有長尾。

彗星頭部的直徑，自 29000 公里（18000 英里）乃至 1840000 公里（1150000 英里）尾部則有時完全沒有，有時達到 1 億 6 千萬公里；1833 年的大彗星，尾部達到 3 億 2 千萬公里。彗核也有大小的不同；1927 年蓬文內克（Pons-Winnecke）彗星的核約 3 公里，而 1845 III 的大彗星的核，則達 1 萬 3 千公里（8 千英里）。

彗星尾部的變化，最爲顯明。離太陽遠的時候，用遠鏡看牠，看不見有尾；近太陽的時候，纔漸漸有尾；在近日點附近，尾部最長；以後又復短縮，離太陽漸遠而尾部也漸消失。

頭部的大小，也有變化。在近日點的時候，頭部最小，離太陽越遠，頭部越膨脹。例如因格（Ingr）彗星於 1838 年離太陽 2 億公里的時候，頭部的直徑約 45 萬公里；於近日點離太陽 5 千萬公里的時候，頭部直徑減爲 5 千公里。其他彗星頭部的變化，雖然沒有這樣的顯著，但是也有多少的變化。

彗核也有變化，但是沒有一定的規則。1910 年哈雷彗星的核在近日點附近，曾經分裂爲幾個。

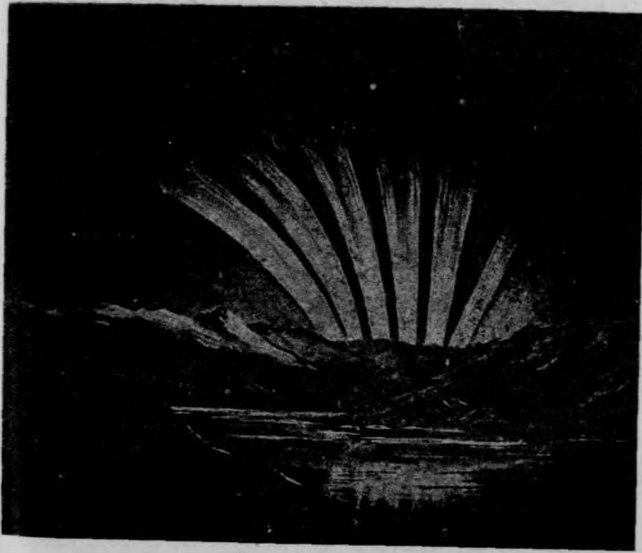


第六十二圖 彗星的攝影

這是美國葉凱士天文臺於 1907 年 9 月 8 日所攝。彗星走動甚快，攝影時候，鏡隨彗星而動，所以恆星變爲長線。

彗尾普通是指太陽反對的方向，隨迴轉太陽周圍的時候而變更其方向。彗星常常有兩個以上的尾，副尾有時和普通的方向不同。1880 VII 和 1910 I 等彗星有指太陽方向的短尾。

形成彗尾的力，最少有兩種：一個是電力，一個是光壓。陰陽電間的引力和斥力，對於尾的形狀，當有影響；但是主要的力，還是光壓。據什發茲柴爾德 (Schwartzschild) 的計算，比重 1 的固體的直徑在 0.0015

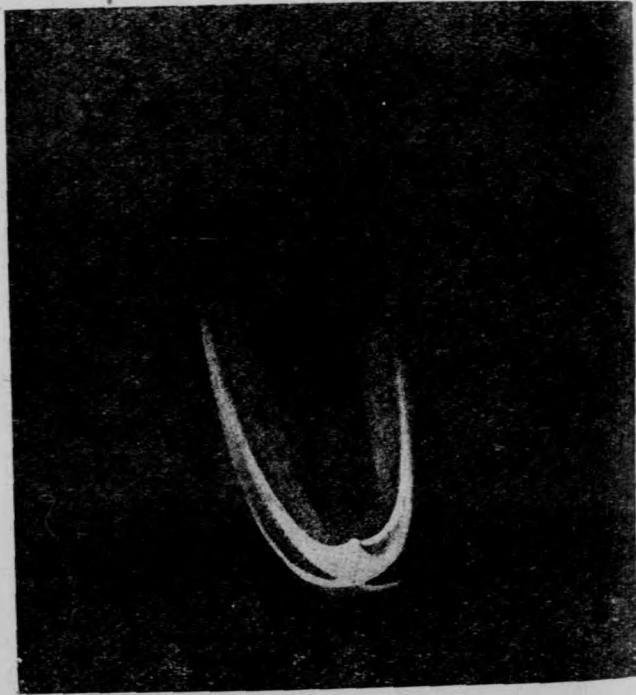


第六十三圖 奇形的彗星

1744 年 3 月 7 日出現的彗星，有尾六枝，散如扇形。

公厘和 0.00007 公厘

之間的時候，太陽的光壓比對於該固體的引力大；最大的光壓有爲引力的 18 倍者。所以太陽的光壓，可以吹起彗星頭部相當大小的微粒子，就成了彗尾。至於幾個不同方向的彗尾的成因，則不能這樣簡單的說明。又 1908 年 10 月 1 日出現的摩爾豪斯彗星的尾部，發生



第六十四圖 1874 年 7 月 14 日的奇形彗星

奇怪的變化；這大概因為彗核的爆發。由頭部吹出的彗尾物質，大概不再回到頭部，所以彗星的物質漸漸消失而縮小；幾個周期的彗星就有這樣的現象，但是不能說是一定的常例。

通過直徑百萬公里的彗尾部分，還可以照樣看見恆星而星光毫沒有變弱；所以彗尾的物質非常稀薄，平均密度大概只有海面空氣的十萬分之一以下。頭部也是相當的透明，只有核部略不透明；但 1910 年哈雷彗星通過太陽面的時候，太陽面仍不見有什麼影響，所以彗星的密度，無論什麼部分都是稀薄的。

彗星的質量，是非常的小。例如俾拉 (Biela) 彗星和 1770 年的雷克塞爾 (Lexell) 彗星非常接近地球的時候，因為受地球的攝動，所以牠們的周期發生了幾星期的變動，而地球的周期則 1 秒也沒有影響；若彗星的質量為地球的十萬分之一，則地球也應該受有顯著的影響，由此可以知道彗星的質量一定很小。1779 年雷克塞爾彗星接近木星和 1886 年布盧克斯 (Brooks) 彗星通過木星的衛星中的時候，彗星軌道雖然發生顯著的變化，我們仍不能測定木衛所受的變化。彗星質量之小，是毫無疑義的。



彗星的光譜，非常複雜，先就背景來說，有兩種連續光譜，第一是具有吸收線的太陽反射光的光譜，第二是距離太陽 $\infty$ 天文單位以上時候彗星自身的光譜。在這些背景光譜的上面，黃和綠的部分，有輝帶的輝線光譜；這是一氧化碳，其他還有氫的輝帶。有時有鈉和鎂的輝線，有時有鐵的輝線。普通彗星越近太陽輝線越強。當彗星近太陽的時候，在太陽方面的彗核吸收太陽熱，噴出氣體；這氣體不獨藉日光而發輝，牠自身也能發光。這時候太陽的影響，似是電的作用；彗星的發光，應當和地球大氣中的極光相類似。

由以上所說的事情來說，彗髮和彗尾大概是稀薄的氣體，有微細的塵埃混在裏面；彗核則由更緻密的物質所構成，或係固體的部分。彗核的形狀大小常有變化，並且有時分裂為幾個，所以彗核大概不是單一的固塊，是多數的小塊以互相的引力作用集合而成的。這樣的集團，容易受太陽的引力，變動牠的形態。

【**周期彗星**】彗星的軌道，或是以太陽為焦點的細長橢圓，或是拋物線，或是近似拋物線的變曲線。橢圓形軌道的彗星，叫做周期彗星，發見一次以後，一定再近於太陽和地球。現在把周期百

年以下的周期彗星列表於下。

周期彗星表

次	序	星名	回歸週期	近日點距離	遠日點距離	最初發見期	回歸次數
			年			年	次
1		Encke	3.30	0.34	4.09	1786	36
2		Grigg-Skjellerup	4.99	0.89	4.95	1902	2
3		Tempel.	5.17	1.32	4.87	1873	7
4		Neujmin	5.41	1.34	4.88	1916	2
5		Brorsen,	5.46	0.59	5.61	1846	4
6		Tempel-L. Swift	5.68	1.15	5.21	1869	3
7		Winnecke	5.89	0.97	5.55	1819	10
8		De Vico-L. Swift	6.40	1.07	5.22	1678	2
9		Perrine	6.45	1.17	5.76	1896	2
10		Tempel,	6.54	2.09	4.90	1867	2

11	Griacobini	6.57	0.99	6.02	1800	2
12	Kopf	6.58	1.70	5.32	1806	2
13	D'Arrest	6.64	1.84	5.62	1851	8
14	Biela(*)	6.69	0.88	6.22	1772	5
15	Finlay	6.84	1.06	6.15	1886	4
16	Holmes	6.86	2.12	5.10	1892	2
17	Borrally	6.93	1.40	5.87	1804	3
18	Brooks	7.10	1.96	5.48	1889	4
19	Faye	7.44	1.66	5.97	1848	9
20	Schamasse	7.99	1.17	6.82	1911	2
21	Wolf	8.28	2.43	5.75	1884	5
22	Tuttle	13.54	1.03	10.38	1790	6
23	Westphal	61.78	1.25	29.98	1852*	1
24	Pons-Brooks	71.56	0.78	38.70	1812	1
25	Bronsenz	72.10	0.49	34.15	1847	1
26	Olbers	72.65	1.20	33.62	1815	1
27	Halley	76.02	0.59	35.32	1240	27

【彗星族和彗星羣】短周期彗星軌道的遠日點，常常在大行星軌道的附近；這樣軌道遠日點在同一行星軌道附近的彗星，叫做彗星族 (Family of comets)。其中以木星族的彗星爲最多，約有 30 個；土星有 1 個彗星族，天王星有 2 個，海王星有 6 個。

彗星族的起原以捕獲說爲最有理，但仍有若干的疑問。據這學說所說，彗星的軌道最初是細長的橢圓，但在運行中途和某行星非常接近的時候，因爲該行星的引力作用，變更牠的軌道，遠日點就在該行星的附近，就生某行星的彗星族。

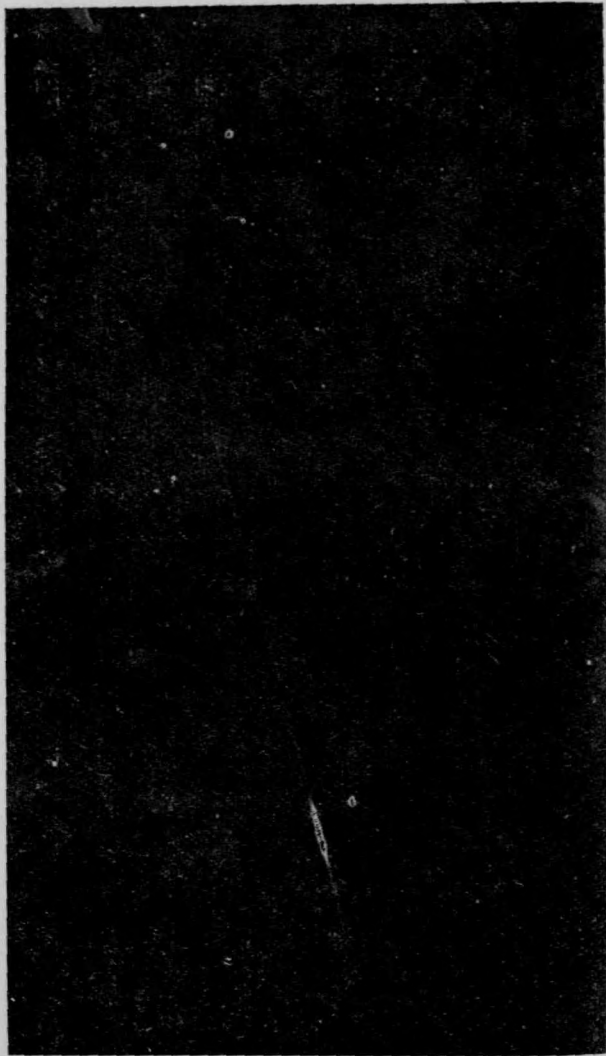
有幾個彗星運行在同一的軌道上面，這叫做彗星羣 (Group of comets)。有人說一個彗星接近太陽幾次以後，就分裂而生彗星羣；實際所分裂的小彗星，常有消滅，所以這個分裂說，尙不能說是完全的學說。

【流星】流星是浮游在空間的宇宙塵來到地球引力範圍以內的時候，和大氣相摩擦而發光，遂燃燒變爲微塵和氣體的現象。宇宙塵有時很大，還沒有全都燃燒，就落到地面，這叫做隕石 (Meteorite)。

第二編

第十二章  
彗星和流星

一九七

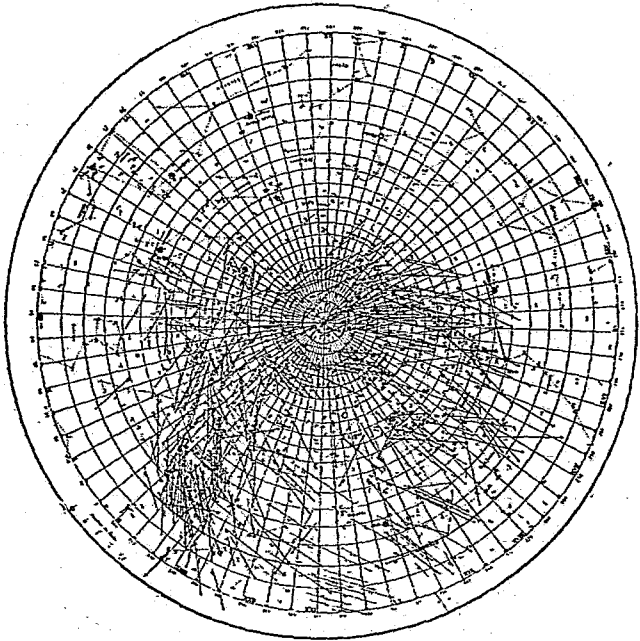


第六十五圖 流星的攝影  
1936年8月20日著者在南京紫金山天文臺所攝。

流星的光度各有不同，亮的時候約和滿月一樣。牠的顏色大概是隨流星的速度而不一樣，有青白色、白色、黃色、綠色和橙赤色等等。青白色的流星速度最大，溫度也高，赤色溫度最低。

由兩地點的同時觀測，可以計算流星的高度；平均流星發光點的高度，自 100 公里乃至 135 公里，消滅點的高度，自 50 公里乃至 80 公里。流星通過的距離約為 100 公里，速度為每秒 25 公里乃至 80 公里。流星所經過的路徑，隨大氣層而屈折，也有和地面相平行的時候。一日落下的流星總數，就全地球來說，肉眼所能看見的，約 1500 萬乃至 2000 萬個；遠鏡所看見的，應當更多。

【流星羣】常常有多數的流星出現在天空的一部分；非常多的時候，和下雨一樣，這叫做流星雨 (Meteor shower)。這個時候，把每個流星的徑路，向反對方向延長，則集交於空中的一部分。這部分叫做流星羣的輻射點 (Radiant point)。有同一輻射點的流星叫做流星羣；牠是用輻射點所在的星座來命名。流星羣每年有一定的日期出現多數的流星；最著名的流星羣如下表所示：



第六十六圖 流星雨

1899 年的流星雨情形，3 夜內共見流星 1163 個。

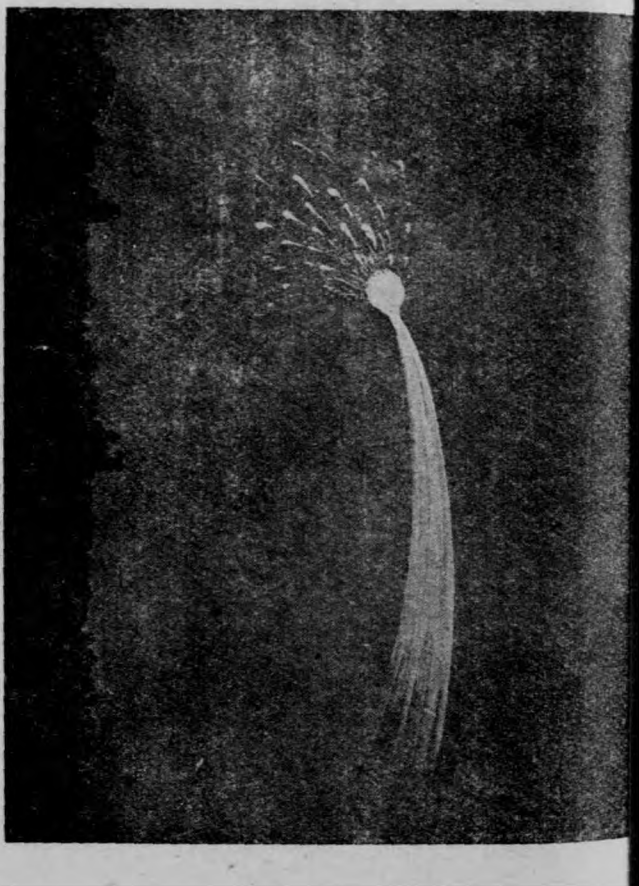
著名流星羣

名 稱	傾 射 點		出 現 日 期
	赤 經	赤 緯	
天琴座流星羣 (Lyrids)	270°	+33°	4月 20日
英仙座流星羣 (Perseids)	45	+57	8 11
獅子座流星羣 (Leonids)	150	+22	11 14—15
雙子座流星羣 (Geminiids)	111	+33	12 11—12

流星羣的軌道和彗星一樣，是一個橢圓形，繞太陽而行；當牠和地球軌道相交錯的時候，由牠的軌道方向發生流星雨。自流星每年出現的事實來說，流星在軌道上大概是均勻的分布。

- 【彗星和流星的關係】 1866年斯基阿巴累利計算英仙座流星羣的軌道，知道牠和1862年III彗星的軌道相同。其後，勒未利揆發見獅子座流星羣和1866I彗星的軌道相類似。1867年維斯 (Wass) 確定仙女座流星羣和俾拉彗星的軌道相一致，又證實天琴座流星羣和1861I





第六十七圖 大流星  
這是 1914 年 1 月 7 日意大利所看見的大流星 (fire ball)，牠的破碎後下的東西，就是隕石。

彗星的軌道相一致。又有許多人證明寶瓶座流星羣和哈雷彗星相一致。1916年俄利維埃 (Olivier) 和頓林克 (Denning) 又發見大熊座流星羣和蓬文內克彗星的軌道相一致。由以上所說的六個事實可以知道彗星和流星有密切的關係。

1846年俾拉彗星分裂為兩個；1852年這兩個分裂的彗星相距 250 萬公里而各自運行。1872年的出現時期，彗星完全看不見，但在牠的方向，發生流星羣。1892年也有同樣的現象。所以流星大概是彗星破裂以後而成的現象。

彗星的核，可以認為是密集的流星團；所以彗星和流星，大概是按周圍的情形，互相變換者。彗星和流星所以認為也是太陽系的分子，是因為有橢圓軌道的原故。

【隕石】隕石按牠的成分可以分做三類：

- (1) 鐵隕石 主要成分是鐵和鎳，並含有鐵的磷化物和硫化物。
- (2) 岩鐵隕石 鐵中含有珪酸鹽礦物。
- (3) 岩隕石 以珪酸鹽礦物為主，含有少量的金屬。

把隕石加熱以後，變爲氣體，含有氫、氮、一氧化碳、二氧化碳等。隕石的軌道是雙曲線狀，所以和普通流星的起原不同；大概是從太陽系外面飛來的東西，但是還不能確定。



## 第二編 恆星宇宙

### 第十三章 恆星

【星座】 天球上的天體是非常的多，所以天文家把牠們分爲幾個區域，以便辨識；這樣的各區域，叫做星座 (Constellations)。星座的名稱，多用人名、神名和動物的名字。現在所通用的星座共 88 座，而以托雷密所定的 48 座爲主。

星 座 表

簡 號	名	符 號	中 名	位 置	肉 眼 星 數
And	Andromeda		仙 女	北 天	37
Ant	Antlia		箭 囊	南 天	3
Aps	Apsis		天 神	南 天	8

簡號	名	稱	中	名	位	麗	肉眼星數
Aqr	Aquarius		蟹	瓶	赤	道	36
Aql	Aquila		天	鷹	赤	道	28
Ara	Ara		天	壇	南	天	8
Arg	Argo		南	船	南	天	125
Ari	Aries		自	羊	北	天	15
Aur	Auriga		御	夫	北	天	35
Boo	Bootes		牧	夫	北	天	36
Cae	Caelum		影	具	南	天	4
Cam	Camelopardus		鹿	豹	北	天	22
Cen	Canes	Venatici	巨	蟹	北	天	15
Cnc	Caner		獵	犬	北	天	11
OYn	Canes	Major	犬	犬	南	天	41
OMa	Canis	Minor	小	羆	南	天	8
OMi	Capricornus		摩	底	南	天	21
Cep	Carina		船	后	南	天	34
Cer	Centaurus		半	馬	北	天	38
Cas	Cepheus		仙	王	北	天	56
Cen			人				27
Cep							

Cet	Cetus	鯨	赤南	37
Cha	Chamaeleon	蜥	南	7
Cir	Circinus	規	天	4
Col	Columba	鳩	天	12
Com	Coma Berenices	髮	天	18
Cra	Corona Australis	冕	天	8
CriB	Corona Borealis	冕	天	15
CriV	Corvus	鴉	天	8
Cra	Crater	爵	天	15
Cru	Cruce Australis	字	天	9
Oyg	Oygenus	鴉	天	61
Del	Delphinus	豚	天	8
Dor	Dorado	魚	天	9
Dra	Draco	龍	天	52
Mag	Equuleus	馬	天	4
Tri	Briannus	江	天	56
Ror	Tornax	子	天	5
Gem	Gemini	雙	天	33
Gru	Grus	鶴	天	14
Her	Hercules	仙	天	49

十

簡 號	名	稱	中	名	位	置	肉 眼 星 數
Ilor	Horologium		時	鐘	南	天	5
Eya	Hydra		長	蛇	赤	道	40
Eyi	Hydrus		水	安	南	天	8
Lud	Indus	筭	印	蛇	南	天	8
Lae	Lacerta		蝟	安	北	天	16
Lao	Leo		獅	子	赤	道	32
LMI	Leo Minor		小	獅	北	天	8
Lep	Lepus		兔	稱	南	道	19
Lip	Libra		天	秤	赤	天	18
Lup	Lupus		豺	狼	南	天	82
Lyn	Lynx		天	貓	北	天	17
Lyr	Lyra		天	琴	北	天	18
Men	Mensa		山	案	南	天	2
Mic	Microscopium		顯	鏡	南	天	4
Mon	Monoceros	微	鏡	麟	赤	道	27
Mns	Mrsae		蒼	蛇	南	天	11
Nor	Norma		矩	尺	南	天	8
Oct	Octans		南		南	天	5



Oph	Ophinchus	蛇	赤	道	41
Ori	Orion	獵	赤	道	58
Pav	Pavo	孔	南	天	21
Peg	Pegasus	飛	北	天	38
Per	Persesus	英	南	天	46
Pho	Phoenix	鳳	北	天	18
Pic	Pictor	繪	南	天	8
Pisc	Pisces	雙	南	天	30
PAA	Pisces Australis	南	赤	道	10
Pup	Puppis	船	南	天	58
Pyx	Pyxis	羅	南	天	4
Ret	Reticulum	網	南	天	7
Sge	Sagitta	天	北	天	6
Sgr	Sagittarius	人	南	天	48
Sco	Scorpius	天	南	天	32
Scl	Sculptor	玉	南	天	11
Set	Seturn	盾	北	道	0
Ser	Serpens	直	赤	道	25
Sex	Sextans	六	赤	道	5
Tau	Taurus	金			59

簡 號	名 稱	中 名	位 置	肉眼星數
Tel	Telescopium	遠 鏡	南 北	6
Lri	Triangulum	角 三	北 南	5
Era	Triangulum Australe	南 大	天 天	5
Uma	Ursa Major	角 大	天 天	45
UMi	Ursa Minor	角 小	天 天	14
Vel	Vela	船 經	天 天	28
Vir	Virgo	女 經	天 天	88
Vol	Volarans	女 經	天 天	7
Vul	Vulpecula	狐 經	天 天	15

沿着黃道的上面有 12 個星座，自春分點算起，順序為白羊、金牛、雙子、巨蟹、獅子、室女、天秤、天蠍、人馬、摩羯、寶瓶、雙魚等座。從前自春分點起，每隔 30 度是為一宮，叫做黃道十二宮 (Zodiacal sign)；12 宮和 12 星座是一樣的名稱，一樣的位置，但是因為春分點移動的原故，所以現在的 12 宮位置和 12 星座的位置不一樣，而名稱還是一樣。日月行星大概就在這 12 個星座內運行。



恆 星 專 名 表

1111

西 名	中 名	星 名	座	星 等
Achernar	水委一	波 天	江 鶴	0.5
Albireo	雙道增七	天 金	牛 牛	3.1
Alcyone	昴宿六	金 金	牛 牛	2.9
Aldebaran	畢宿五	仙 仙	馬 馬	1.1
Alderamin	天銅五	飛 飛		2.6
Algenib	壁宿一			2.9
Algol	大陵五	英 雙	仙 子	總星
Alhena	井宿三	大 大	熊 熊	1.9
Alioth	玉衡 (北斗五)	大 大	女 女	1.8
Alkaid	搖光 (北斗七)	大 大	蛇 蛇	1.9
Almaaz	天大將軍一	星 星		2.2
Alphard	星宿一			2.2
Alpheratz	觜宿二	仙 天	女 鷹	2.1
Althair	河披二			0.9

Anelma	翅二			4.3
Antares	心宿二	夜天	蝎	1.3
Arcturus	大角	牧巨	夫蟹	0.3
Asellus Austrinus	鬼宿四			4.1
Asellus Boreus	鬼宿三	巨金	蟹牛	4.7
Asterope	昂宿三	金獵	牛半	5.8
Atlas	昂宿七	獵大	戶熊	3.7
Bellatrix	參宿五			1.7
Banetnasch	搖光 (北斗七)	獵大	戶熊	1.9
Betelgeuze	參宿四			0.9
Canopus	老人	天御	舟夫	1.0
Capella	五車二	御雙	子牛	0.2
Castor	北河二	金山	牛半	1.6
Celaeno	昂宿增六	金山	牛半	5.4
Dabih Major	牛宿一			3.2
Dabih Minor	牛宿增十二			6.2
Deneb	天津四	天	鵠	1.3

西名	中名	星名	星	星	等
Deneb Algedi	蠟壁陣四	山	羊子	2.9	
Denebola	五帝座一	獅	熊	2.2	
Dubhe	天樞(北斗一)	大金	牛	2.0	
Electra	昂宿一	南	魚	3.8	
Tomahant	北落師門			1.3	
Icarus	房室三	天	蝎	2.7	
Kans Borealis	斗宿二	人	馬	2.9	
Kans Media	箕宿二	人	馬	2.9	
Kochab	帝(北極二)	小	熊	2.2	
Mairā	昂宿四	金	牛	4.1	
Markab	室宿一	飛	馬	2.6	
Mebstara	井宿五	雙	子	3.2	
Menkar	天關一	鯨	魚	2.8	
Merops	昂宿五	金	半	4.3	
Mintaka	參宿三	擢	月	2.5	
Mira	昴宿增二	敵	彗	2.5	

Mirach	昴宿九	仙	女	2.4
Mirfue	天船三	英	仙	1.9
Mizar	開陽(北斗六)	大山	熊	2.1
Mushira	墨璧陣三	人	羊	3.7
Mushaba	箕宿一	金	馬	3.1
Pleione	昂宿增十二	小	牛	5.2
Polaris	勾陳一	雙	熊	2.1
Polux	北河三	巨	子	1.3
Proesepo	積尸增三	山	蟹	6.8
Prima Giedi	牛宿增六	小	羊	4.7
Procyon	南河三	天	犬	0.5
Qubanelgenubi	氐宿一	柳	秤	2.7
Rogulus	軒轅十四	獵	子	1.4
Rigel	參宿七	飛	戶	0.3
Scheat	室宿二	山	馬	2.7
Secunda Giedi	牛宿二	大	羊	3.8
Sirius	天狼	犬	犬	1.4

西	名	中	名	星	座	星	等
Situla		虛梁三 角宿一		雙 星	瓶 女		5.2 1.2
Spica		房宿二 織女一		金 天	牛 琴		4.3 0.1
Taygeta		東次將 天樞二		雙 星	女 子		3.0 3.3
Vega		右執左					3.3 3.8
Yenduriatrix							
Wasat							
Zavijava							

1603 年拜厄 (Bayer) 出版最初有價值的星圖的時候，圖上所用的星名，大概是就各星座中恆星光度的次序，附以希臘的文字；在某星座中最亮的星用  $\alpha$ ，其次用  $\beta$ 。希臘文字不足的時候，則用羅馬字母 A, B, C, 等等。格林尼治天文臺首任臺長夫蘭斯提 (Flamsteed) 會作自己所觀測的 2935 個恆星表；表中所載的恆星，是接着赤經的次序，附以 1, 2, 3, …… 等號數。現在天文學上所用的星名，是先採用拜厄所定的名稱，不足的時候，再用夫蘭斯提的號數，再不足的時候



候則用所載該星星表的號數。至於希臘字母的讀法，則如下表所示：

希臘字母表

字	母	名	稱	讀	音	字	母	名	稱	讀	音
A, a,		Alpha		Υ α ㄩ		N, n,		Nu		ν ㄋ	
B, β,		Beta		β ㄅ		E, ε,		Xi		ξ ㄒ	
Γ, γ,		Gamma		Γ γ ㄩ		O, ο,		Omicron		ο ㄛ	
Δ, δ,		Delta		Δ δ ㄉ		Ι, ι,		Pi		π ㄆ	
Ε, ε,		Epsilon		ε ㄝ		Ρ, ρ,		Rho		ρ ㄖ	
Z, ζ,		Zeta		Ζ ζ ㄗ		Σ, σ, ς,		Sigma		σ ㄝ	
H, η,		Eta		Η η ㄏ		Τ, τ,		Tau		τ ㄊ	
Θ, θ, θ,		Theta		Θ θ ㄊ		Υ, υ,		Upsilon		υ ㄩ	
Ι, ι,		Iota		Ι ι ㄩ		Φ, φ,		Phi		φ ㄆ	
Κ, κ,		Kappa		Κ κ ㄎ		Χ, χ,		Chi		χ ㄒ	
Λ, λ,		Lambda		Λ λ ㄌ		Ψ, ψ,		Psi		ψ ㄆ	
Μ, μ,		Mu		Μ μ ㄇ		Ω, ω,		Omega		ω ㄛ	

【星圖】表示星座和各恆星位置的圖，叫做星圖 (Star Charts)。星圖有簡單和複雜的不

同，又有專為某種觀測用的星圖。現在全地球上所出版的重要星圖，大概有三種。

(1) 蓬星圖 (Bonn Durchmusterung Charts) 這個星圖共 40 張。凡自北極以至赤道以南  $3^{\circ}$  的範圍內 9 等以上的恆星，全部都包含在內。以 2 公分的長代表  $1^{\circ}$ ，共有 30 萬以上的恆星。這是 1857 年至 1863 年間阿兒蘭德 (Argelander) 所作，在蓬出版。後來射恩腓爾德 (Schoenfeld) 增加到南緯  $23^{\circ}$  止的恆星，至今還是甚有價值的參考星圖。

(2) 法蘭克林阿丹斯星圖 (Franklin-Adams Charts) 共 206 張。係英國法蘭克林和阿丹斯攝影全天所做成的星圖。以 15 公厘代表  $1^{\circ}$ ，每張約 15。平方，至 17 等星止。這個和立克以及葉凱士天文臺最大折光鏡的可視範圍相似。攝影所用的儀器是一個特為這個目的而製造的口徑 25 公分透鏡，露光時間約 2 小時。

(3) 攝影星圖 (Astrographic Charts) 這是 1887 年國際天文協會在巴黎開會時候所決定的一種更精密的星圖，現在還沒有成功。所用的儀器是口徑 13.5 英寸 ( $34$  公分) 焦距 11.2 英尺 ( $3.4$  公尺) 的攝影用折光遠鏡，由 18 個大天文臺分擔攝影工作，每一個天文臺

在牠所擔任的天空區域內各攝取兩次，然後再作星圖。

【星表】記載恆星的赤經、赤緯和光度等等的表，叫做星表 (Star Catalogue)。主要的星表，大概如下：

(1) 托雷密天文集 (Almagest) 這是托雷密於西紀前 138 年左右所作，含 1028 個恆星的黃經、黃緯和所在的星座。

(2) 蓬星表 (Bonn Durchmusterung) 這是和蓬星圖相對照的表，含有北極至赤緯南 33° 的恆星約 45 萬個的位置，共分四卷。

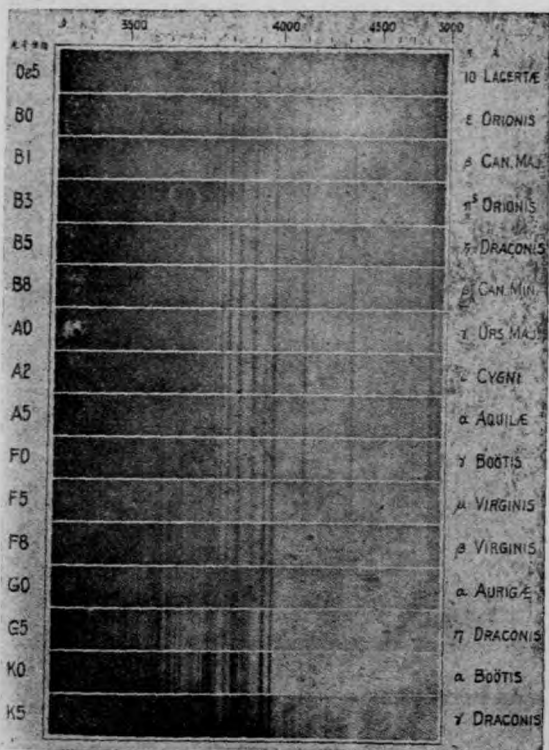
(3) 好望角攝影星表 (Cape Photographic Durchmusterung) 這是蓬星表擴充到南極為目的而做成的。南非洲好望角天文臺臺長歧爾 (Gill) 用 15 公分口徑的攝影遠鏡所攝得的底片，交荷蘭大學教授卡普泰恩 (Kapteyn) 來測定。這個工作自 1885 年開始，1899 年出版。全表共三卷，自赤緯南 18° 以至南極，共約含 5 萬 5 千個恆星。

(4) 攝影星表 (Astrographic Catalogue) 這是和前述的攝影星圖相對照的星表，現今

還在進行中。將來成功以後，可以含有 800 萬乃至 1000 萬個恆星的正確位置和光度。

【光譜】關於恆星光譜的分類，從前塞基 (Secchi) 和福該爾 (Vogel) 曾經研究過；

今所常用的是哈佛式的分類法，這是哈佛大學彼刻林等研究 1 萬以上的恆星攝影光譜所得的結果。主要的光譜分爲 O、B、A、F、G、K、M 等名稱；其他還有 N、R、S、P、Q 等特殊光譜。自 B 到 K 類又分做



第六十八圖 恆星光譜的分類

自高而下是示熱度自高而漸低的恆星光譜。

O 至 9 等十種，記爲  $B_0, F_0$  等等；自 O 到 M 類又分爲 a、b、c、d 四種，記爲  $O_0, M_0$  等等。

O 類星 這類星有兩羣：一個是有氫、氮的輝綫，叫做佛爾夫累耶星（Wolf-Rayet stars），一個是有氫、氮的吸收綫。

B 類星 又叫做氫星或獵戶類星。獵戶星座多這類的星；氮和氫的吸收綫甚強。

A 類星 又叫做氫星或天狼類星。氫綫強而氮綫弱，金屬綫非常的弱。

F 類星 又叫做鈣星。H 和 K 的綫強，氫綫次之。

G 類星 太陽類的星。鈣、氮和其他的金屬綫強。

K 類星 鈣綫還尙顯明。金屬綫雖然強而紫方則甚弱。

M 類星 鈣綫雖然明顯，而青綠部分有氧化鈦的暗帶；紫方差不多看不見。

N 類、R 類、S 類星比 K 類和 M 類的溫度更低，有種種的化合物的光譜。P 類是氣體星雲的光譜，Q 類爲新星的光譜。

【表面溫度】恆星光球的溫度隨着光譜種類而不同；就是自 B 向 M 漸漸減低。青白色的 B

類星至少在 13000°C. 以上, 赤色的 M 類星在 3000°C. 以下。從恆星光譜的能的分布所算出的表面溫度, 如下表所示, 這種溫度叫做有效溫度。

恆星溫度表

光譜種類	有效溫度 (攝氏絕對溫度)	光譜種類	有效溫度 (攝氏絕對溫度)
B <sub>0</sub>	23000°	G <sub>0</sub>	5100°
B <sub>5</sub>	15000	G <sub>5</sub>	5100
A <sub>0</sub>	12000	K <sub>0</sub>	4400
A <sub>5</sub>	8800	K <sub>5</sub>	3600
F <sub>0</sub>	7900	M	3300
F <sub>5</sub>	7000		

直接測定恆星輻射的結果, 大概和這個相類似。又 O 類星的溫度為 15000°。乃至 22000°。M 類星裏頭最低的溫度約為 2000°。

根據愛丁頓的理論研究, 則平均質量的恆星中心溫度約為 4000 萬度。

【距離】 1838 年白塞爾發見天鵝座 61 星 (61 Cygni) 的視差, 是為最初知道恆星的

距離。以後斯特盧末 (Struve) 發見織女星 (Vega) 的視差；亨得松 (Henderson) 發見半人馬座  $\alpha$  星 ( $\alpha$  Centauri) 的視差；恆星的距離，逐漸的知道。他們所用的方法，是以恆星附近的弱光微星爲標準，測定該恆星的周年視差；因爲普通認爲微星是在極遠的距離，所以牠的視差運動差不多是等於零。最初是在遠鏡的視野內，測定微星和目的恆星的角距離及方向的變化；後來用照相的方法來測定，結果也漸漸的精密準確。

普通用周年視差來表示恆星的距離；周年視差就是由恆星看地球軌道半徑（1天文單位）的角度。此外，還有兩種單位來表示恆星的距離。一個是相當於視差  $1''$  的距離，叫做 1 秒差距 (Parsec)，相當於 206265 天文單位。一個是普通常用的單位，叫做光年 (Light year)，這是光在真空中 1 年所通過的距離，等於  $0.9453 \times 10^{18}$  公里。1 秒差距等於 3.263 光年。

由精密的研究，可以知道恆星光譜中某綫的光度和恆星實際光輝之間有一定的關係；由這個關係所算出恆星實光輝和視光度的比較，就可以算定恆星的距離。這樣所定的視差叫做分光法視差 (Spectroscopic Parallax)。這方法是威爾遜山天文臺阿丹斯和科爾舒忒 (Kohl-

schütter) 所發見，頗有功效。此外，還有種種測定距離的方法，以後再說。現在把幾個大視差的恆星列表於下：

大視差的恆星表

次	序	星名	光度	周年視差	光年
1		Proxima Centauri	11.2	0.90	3.6
2		$\alpha$ Centauri	0.3	0.758	4.3
3		Barnard star	9.2	0.538	6.1
4		Wolf 569	13.5	0.404	8.1
5		Lalande 21185	7.6	0.390	8.4
6		Sirius	-1.6	0.371	8.8
7		距夫座某星	9.5	0.351	9.3
8		船底座某星	12.5	0.340	9.6
9		Wolf 562	9.2	0.331	9.8
10		Cordoba 5 <sup>h</sup> 248	9.2	0.317	10.3
11		r Ophi	3.7	0.315	10.3
12		Procyon	0.4	0.312	10.4
13		e Eridani	3.8	0.310	10.5
14		61 Cygni	5.6	0.300	10.9



【星等】托雷密天文集中，把肉眼所能看見的星分做六等，以天狼、畢宿五（Aldabaran）牛郎（Alshair）、織女（Vega）諸星爲一等星或叫做第一光度的星；肉眼僅能得見的微光星叫做六等星或第六光度的星。1600年間，都是用這樣方法來區別星光的強弱。

以後用光度計精密測定的結果，知道每差一等，光輝約差2.5倍，波克松（Pogson）主張這個比是2.512，普通都用這個數值。根據這個數值，知道每差5等，則光輝相差100倍；因爲 $(2.512)^5 = 100$ ，所以一等星的光輝爲6等星的100倍。這2.512叫做星等比（Magnitude ratio）。

肉眼觀測能夠識別到一等的十分之一的光度差，所以恆星等常記爲2.5或3.8等等。用攝影光度計可以測定到一等的百分之一。現在普通所用的星等，是根據哈佛大學彼刻林研究所得的方法。按這個方法，得河鼓（牛郎）星的星等爲0.9，畢宿五1.1，大熊座 $\alpha$ 星2.0，大熊座 $\delta$ 星3.4等；這些星常常用作肉眼觀測時候的比較星。織女星比牛郎星只亮0.8等，所以牠的星等是0.1；天狼星比牛郎星亮2.5等，所以牠的星等是-1.6等。負的星等就是這樣比較而發生。

用牠來表示較亮的星，太陽的星等是  $-26.7^\circ$ 。

光的強弱又和距離有關係，就是光的強度和距離的二乘成反比例。設  $I$  是單位距離的光的強度，以  $d$  為單位， $d$  為距離，則

$$I = \frac{1}{d^2}$$

或 
$$d = \frac{1}{\sqrt{I}}$$

減少 1 星等，恆星光為  $1/2.512$ ，所以

$$d = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2.512}}} = \sqrt{2.512} = 1.585$$

就是恆星減光 1 星等，距離要遠 1.585 倍，同樣，減少 2 星等則遠  $(1.585)^2$  倍，減少 5 星等則遠  $(1.585)^5 = 10$  倍。

肉眼所能看見的恆星，自最光亮的天狼星的  $-1.5$  等起，到 6 等星止；而照相所能照得的恆星，可以到 21 等星。這視星等是和恆星的實際光輝與距離成比例。為比較實際光輝起見，用絕對星等 (Absolute magnitude)，這就是假定普通恆星在 10 秒差距的距離時候的星等。設星等為  $m$ ，周年視差  $\pi$  秒的恆星絕對星等為  $M$ ，則

$$M = m + 5.0 + 5 \cdot \log \pi$$

太陽的絕對星等是 4.7，大恆星約自  $-5$  起，小恆星則至  $+16.5$  止；牠們的光度的差，實達 4 億倍。

愛丁頓發見由雙星所求得的質量和牠的絕對星等有一定的關係；就是如下表所示。質量的單位是以太陽為 1。

絕對星等	-5.9	-2.5	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
質量	25	12	4.0	1.72	0.91	0.55	0.34	0.22	0.14

卡普泰恩曾計算已知恆星中有  $15$  至  $115$  的絕對星等的數目；結果知道恆星總數的

99% 有 0 等至 1.5 等的絕對星等，平均星等為 +7.7。恆星數的分布以平均附近為最多，兩側則相稱的減少。就是把天空中任何部分的恆星多數集合起來，牠們的絕對星等的比較大概是一樣；又可以說一樣光度的恆星的幾個集團的平均距離，大概是相等。這個結論，不能謂為非常確實，可視為大概是這樣的傾向。

【星數】 天空中恆星的總數，大概如下表所示。9.1 等以下的恆星是沒有法子可以計算。又天空一切恆星的光輝總量，大概等於 1076 個的一等星的光輝。

目視星等	星數	總計	目視星等	總計
1.5 以上	28	23	8.5 以上	70000
1.5—2.5	58	76	10.5 以上	530000
2.5—3.5	174	250	12.5 以上	3800000
3.5—4.5	570	820	14.5 以上	21000000
4.5—5.5	1834	2654	16.5 以上	100000000
5.5—6.5	5799	8453	18.5 以上	410000000
			20.5 以上	1300000000

【直徑】恆星的直徑，除太陽以外，只有食變星的直徑可以測定；食變星是兩個恆星作成雙星系，而各星的直徑約為太陽的 0.8 倍乃至 10 倍。恆星直徑的直接眼視觀測，目前還是不能的事情。用威爾遜山天文臺的百英寸最大遠鏡來放大，最大的恆星直徑也不過  $0.004$  乃至  $0.005$  程度。非有  $0.1$  以上的直徑，肉眼不能看為圓盤狀。

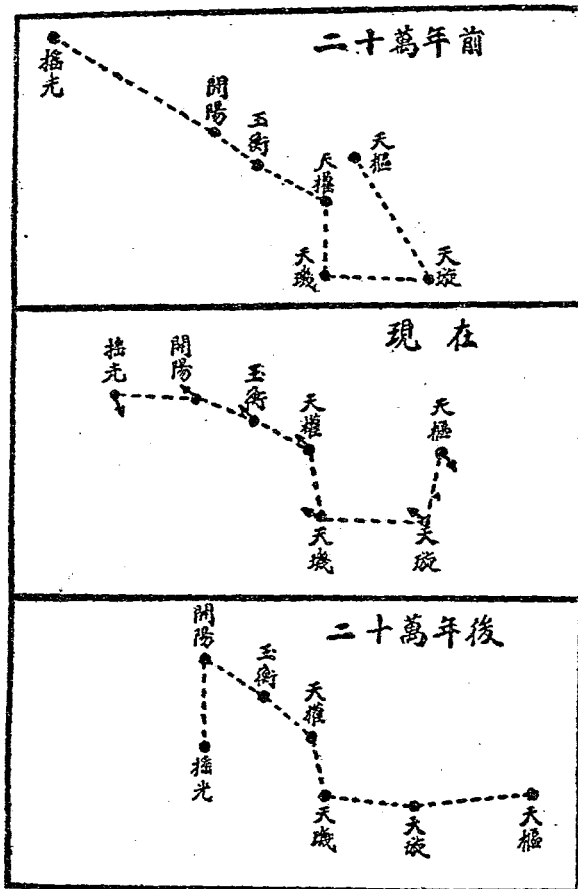
恆星裏頭有一種叫做巨星 (Giant star) 可以理論的計算牠的直徑，例如獵戶座  $\alpha$  星是巨星的一個，愛丁頓 計算牠的直徑是  $0.051$ ，羅素 計算為  $0.031$ ，威爾星 則得  $0.039$  的結果。

1891 年邁開爾松 (Michelson) 曾在立克天文臺利用光的干涉來決定木星的衛星的直徑；以後又利用這個方法來決定恆星的直徑。1920 年 12 月彼斯 (Pease) 用威爾遜山百英寸返光遠鏡附加長 6 公尺的干涉儀 (Interferometer) 測定獵戶座  $\alpha$  星的直徑為  $0.0064$ ，和以前所得的結果略相一致。以後測定所得的數值如下表所示；表中實直徑以太陽為單位。

恆星的直徑表

星名	直徑	角直徑	視差
牧夫座 $\alpha$ 星	27	"	0.080
金牛座 $\alpha$ 星	38	0.020	0.057
鯨魚座 $\sigma$ 星	100	0.062	0.062
飛馬座 $\beta$ 星	140	0.021	0.016
天蠍座 $\alpha$ 星	170	0.040	0.026
獵戶座 $\alpha$ 星	270	0.042	0.017
武仙座 $\alpha$ 星	400	0.030	0.008

【視綫運動】 恆星光譜的暗綫對於比較光譜的暗綫常常稍向左右移動，根據杜柏那效應，這個現象是因為我們和恆星距離有變化的原故，就是有視綫運動 (Radial motion) 的存在。地球以每秒 30 公里的速度而公轉，又有自轉的速度，所以除了這些以外的剩餘，就是恆星對於太陽的視綫運動。由暗綫的移動分量，可以計算視綫速度。當距離增加的時候，視綫速度爲正 (+)，減少時候則爲負 (-)。測定所得的數值自每秒 +333 公里乃至 -333 公里。



第六十九圖 北斗七星的自行

圖上示北斗七星因爲自行的結果所發生的位置變移；  
 中圖箭矢是示各星於八萬年間自行的距離和方向。

【自行】 恆星在天球上的位置移動除歲差以外還可以測得赤緯和赤經的變化。1718年

哈雷將紀元前 138 年左右托雷密所作的星表中的恆星位置和牠當時的位置相比較，發見這個移動；這叫做自行。以後這種測定，漸漸精密，現在已經知道的恆星自行達幾千個。

測定恆星自行的方法，是隔了多年的時間測定二個位置的變動，或用攝影觀測來比較位置的移動。自行是用每年或每世紀所移動的角距離來表示。恆星的自行多在 1" 以下；但是也有在 1" 以上者；現在已經知道的有 32 個，其中比較大的如下表所示。

自行較大的恆星表

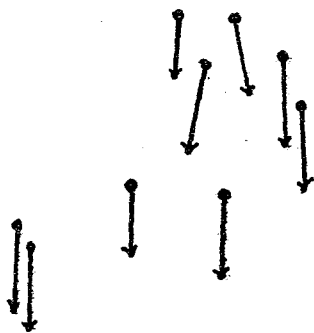
星名	星等	自行	距離
蛇夫座 (Barnard star)	9.7	10.25	光年 6.1
槍架座 (Cordoba 5 n 248)	9.2	8.75	10.3
大熊座 (Groombridge 1890)	6.5	7.04	32
南魚座 (Lacaille 9852)	7.4	6.99	11.2
玉夫座 (Gould 32416)	8.3	6.11	14.8
巨蟹座 (Ross 619)	13.	5.40	—
天鵝座 61 星	5.6	5.21	10.0



獅子座 (Wolf 359)	18.5	4.84	8.1
鹿豹座 (Lalande 21187)	7.6	4.78	8.4
印第安座 ε 星	4.7	4.70	11.6
大熊座 (Lalande 21258)	8.6	4.52	18.4
波江座 O <sub>2</sub>	4.5	4.09	16.1
室女座 (Wolf 489)	14.	8.91	—
比鄰星 (Proxima)	11.2	8.85	8.6
仙后座 μ 星	5.3	3.76	25.1

就普通的平均來說，恆星越亮，自行越大；這大概因為近距離的星，自行就看得大的結果。

1909 年普斯 (Lewis Boss) 發見金牛座有公共自行的星羣，約 150 平方範圍內，含有 39 個恆星，把牠們自行的方向延長，則相會於一點，可以認為是平行運動。威爾遜 (H. C. Wilson) 由牠們的視線



第七十圖 昴星團的自行  
箭矢的尖端是 2 萬年以後的位置。

速度計算所得的結果，知道是一個中心距離爲 131 光年，直徑 54 光年的星羣；其中各恆星的光輝約爲太陽的 6 倍乃至 100 倍。此外，還有同樣的星羣。

太陽是恆星的一個，所以在空間有一定的運動，就是包含恆星的自行和視線運動。1910 年普斯分析 5431 個的恆星自行，決定太陽運動的方向，就是太陽頂點 (Solar apex) 的位置爲赤經 18 時 2 分，赤緯  $+34^{\circ}.3$ 。這位置是在武仙座的左端，織女星的附近。1926 年立克天文臺的卡姆培爾 (Campbell) 和摩爾 (Moore) 分析 2119 個恆星的視線速度，得太陽頂點的位置爲赤經 18 時 6 分，赤緯  $+28^{\circ}.6$ 。又算出太陽的運動速度爲每秒 19.6 公里。

恆星的自行和視線運動都含有太陽運動的部分，這叫做對應自行或視差動 (Parallaxic motion)；除了太陽運動的部分，是恆星自有的運動，叫做本動 (Peculiar motion)。

卡姆培爾和摩爾按光譜種類統計 2148 個的恆星視線運動的結果如下：

恆星視線距離和光譜種類表

光譜種類	星數	平均視線速度
B	248 個	8.7 公里/秒
A	500	9.9
F	199	12.5
G	244	14.8
K	687	15.2
M	234	16.1

普斯會將除了每世紀自行 20" 以上的恆星按光譜種類加以統計結果如下：

恆星自行和光譜種類表

光譜種類	星數	平均自行(每世紀) *
O,B	707 個	2.8 "
A	1552	3.0
F	492	7.9
G	444	5.2
K	1227	5.7
M	222	5.0

自行固然和距離有關係，但是普通可以認為隨光譜種類而增加牠的速度。根據羅素的恆星演化論，知道B類星的質量比他類的星大，所以質量大的星比小的星移動遲慢。至於理由則完全不知道。

1922年斯特羅姆堡(Stromberg)由平均絕對星等零的800個巨星的運動，算出太陽速度為每秒18.8公里；但是由平均絕對星等4.6的415個矮星的運動，算定太陽速度為每秒31.7公里。他所使用的恆星光譜是由F至M，這大概也是質量小的恆星有大速度的結果。

【星流】 1904年卡普泰因曾就2400個恆星的自行為綜合的研究。先除去恆星的視差動，單就本動來研究，知道可以分為二羣。第一羣指赤經 $6^{\text{h}}4^{\text{m}}$ ，赤緯 $+13^{\circ}$ 的方向，叫做第一星流(Drift A)；第二羣指赤經 $18^{\text{h}}4^{\text{m}}$ ，赤緯 $-13^{\circ}$ 的方向，叫做第二星流(Drift B)。第一星流含星數的60%，平均速度為每秒16公里，第二星流含星數40%，平均速度為每秒24公里。兩個星流的恆星互相錯綜，而頂點在銀河裏頭。

此外還有不屬於二星流，差不多是靜止樣子的第三羣，叫做O星流(Drift O)。第一和第二

星流包含 A 至 M 類的光譜，完全沒有 B 類星；O 星流則含 B 類和其他各類星，而 B 類似乎成一個特殊的羣。

星流運動不是完全平行，各星有顯著的差；所以有人對這個問題發生疑問，現今還沒有確實的結論。大概這種運動，是一切恆星迴轉恆星系重心周圍的運動；實際如何還要等待將來的研究。

## 第十四章 雙星和變星

【雙星】普通用肉眼看爲一個恆星，用雙眼鏡或小遠鏡看牠往往有爲兩個恆星的時候，而且小遠鏡看作一個恆星，用大遠鏡則爲兩個星；這樣的恆星，叫做雙星。兩星裏頭，光輝大的星，叫做主星 (Primary)，小的叫做伴星 (Companion)。例如天狼星是星等  $-1.6$  和  $8.5$  合成的雙星，室女座  $\gamma$  星是星等  $3.6$  和  $3.7$  合成的雙星。

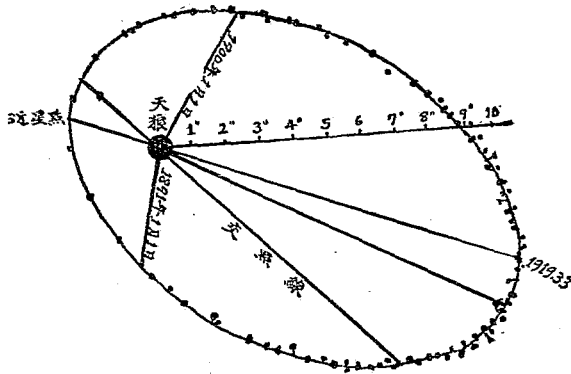
有的時候，不只是一個星，是三個、四個或更多的恆星密接起來，而肉眼或小遠鏡看牠，還是一個恆星；這樣的恆星叫做三合星 (Triple star)、四合星 (Quadruple star) 或聚星 (Multiple stars)，例如獵戶座  $\theta$  星，用小遠鏡看牠是四合星，用大遠鏡看牠是六合星。

當兩個星在同一方向的時候，牠們彼此間的距離雖然很大，肉眼或小遠鏡看過去，仍是和一個恆星一樣；這樣的雙星，叫做視雙星 (Optical double stars)。這種雙星因爲各星自己有自行，

應該漸漸分離，或至於不能算做雙星。還有一種是兩星的實際距離，非常的接近，有公共的自行，或因為彼此引力作用作成軌道運動；這樣雙星叫做真雙星 (Physical double stars)，或單叫做雙星 (Binary stars)。

最初發見雙星是威廉·候失勒，他為測定恆星視差起見，開始研究雙星，1803年指出幾個雙星系。1906年柏恩哈姆 (Burnham) 編著 13665 對的雙星表，最近 1930 年阿特肯 (Atken) 又作雙星表；現今已知的雙星約有 2 萬對，其中約有 1500 對是真雙星。

雙星是以主星的位置，二星間的角距離，和主星



第七十一圖 天狼星和牠的伴星的軌道

所看伴星的方向角，來表示牠的根素。因為軌道運動，就發生這些根數的變動。雙星的周期各有不同，最短的如五車二 (Carpella) 星僅 0.286 年而一周；最長的如北河二 (Castor) 星，為 306.28 年。

【分光雙星】 1839 年彼刻林發見大熊座  $\zeta$  星（開陽）的光譜有變化，就是光譜的暗線有時是兩條，有時是一條，而幅廣也有周期的反覆變動。他說這個星是一個雙星，主星和伴星的光輝和光譜差不多都是相等，並且迴轉於公共重心的周圍。若地球在這軌道面的附近，則一星遠的時候，他一星接近，所以暗線有兩重；但和視線相垂直運動的時候則為一條。這樣變化的周期是 20.5 日。這樣的雙星，叫做分光雙星 (Spectroscopic binary stars)。地球接近軌道面的時候，就發生食的現象而起光度的變動。

伴星光度微弱的時候，有時僅現主星的光譜。由周期和速度變化的狀態，可以推算軌道根數。現今認為分光雙星者有 1012 個，其中約有 300 個的軌道已經推算精確。主要的分光雙星如下表所示。



主要外光變星表

星	名	星	等	周	期
御夫座	$\alpha$ 星		0.2		H
獵戶座	$\beta$ 星		0.3		104.022
雙子座	$\gamma$ 星		1.9		21.90
大熊座	$\epsilon$ 星		1.7		21.75
室女座	$\alpha$ 星		1.2		1516
小犬座	$\beta$ 星		2.0		4.014
					0.257

【變星】光度有變化的恆星叫做變星。某星座中第一個發見的變星叫做R星，以後順次爲S, T, ……以至Z星；以後用RR, RS, ……等二字母合用的名稱；至ZZ以後，則用AA的符號。至於舊日已有符號或名稱的變星，仍用舊名，例如大陵變星(Algol) 造父變星(Cepheid variable)等。變星的種類很多，大概可以分做五類：

(1) 新星 (Nova, New stars)。

(2) 長期變星 (Long period variables)。

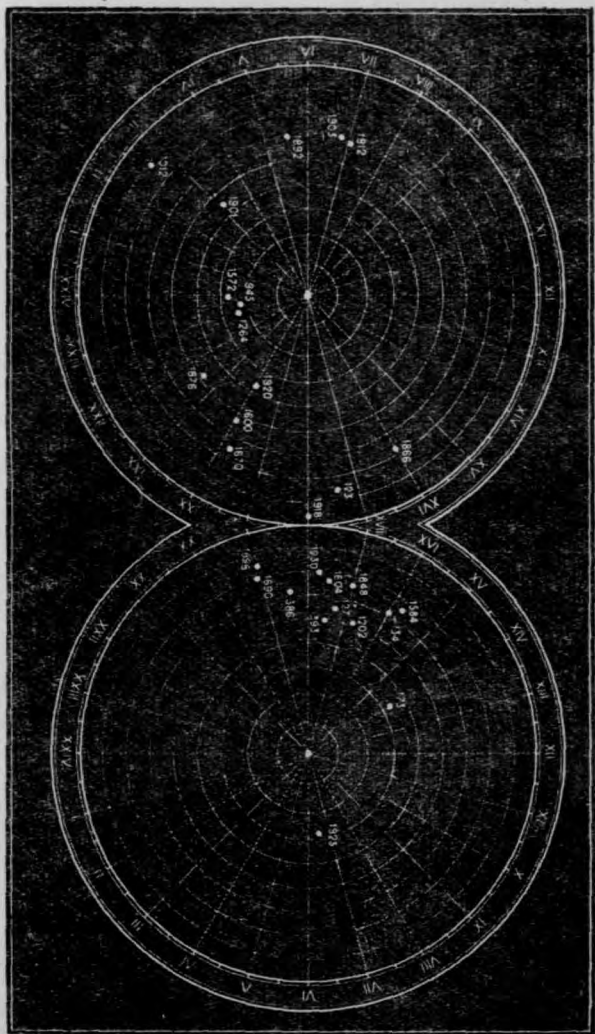
- (3) 不規則變星 (Irregular variables)。
- (4) 短期變星 (Short period variables)。
- (5) 食變星 (Eclipsing variables)。

【新星】 恆星的光度，有一時忽然急激的增光，以後漸漸的減光而至於消滅者，叫做新星。這樣的星，非常的少，所以就用牠所在的星座來命名，例如 1934 年出現的武仙座新星等等。

現在已經知道的新星，約有 30 個以上；大概都是從前為微光星，忽然而增光者，所以牠的原因，或係微星的爆發。新星的光譜是吸收線甚少的連續光譜，叫做 Q 類星，和 O、B 或 A 類相類似；光弱以後，漸變為 O 類。

新星出現以後的經過情形，大概相同；現在就 1918 年 6 月 7 日天鷹座第 3 新星 (Nova Aquilae No. 3) 的情形來說明。發見的當晚是一等星，翌夜變為 1.2 等星，以後漸漸減光，六月末為 4 等星，十一月中旬為 6 等星。自六月末起，約以 12 日的周期，發生光度的動搖，而漸漸的減光，1921 年 10 月降為 10 等星，最近為 13 等星。檢查出現以前所攝的底片，知道 1918 年 6 月 5

第七十二圖 新星出現的區域

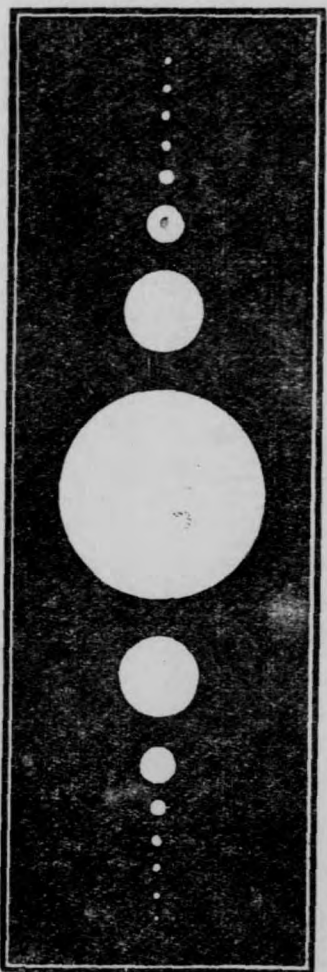
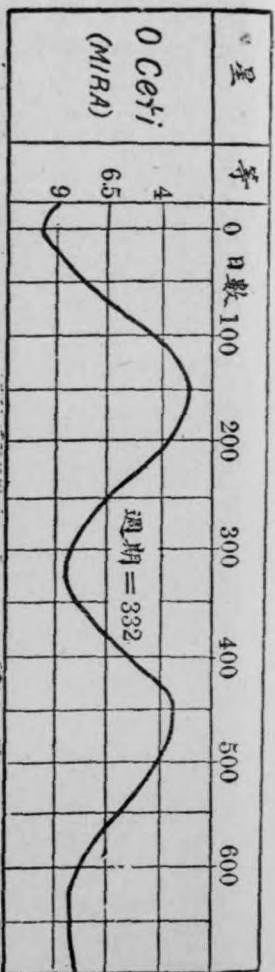


日的晚上，在同一的位置有一個 10.5 等的微光星。就是在 3 天之內，這個恆星從 10.5 等變爲 1.2 等，她的光度約增加 6 萬倍。最大光度的時候，絕對星等爲 -9.2，所以牠的光輝約爲太陽的 40 萬倍。

最近所發見肉眼能够看見的新星是 1934 年 12 月 13 日的武仙座新星 (Nova Hen-culis)，最大光度達 1.4 等。從前所發見的新星，多是肉眼所能看見的星等；現在多是由照片上發見微光的新星，所以新星的數目，也漸漸的多起來。

新星出現的區域，多在銀河附近。牠的出現原因，還沒有確實的學說；有的說是兩星的衝突，又有人說是微光星或暗黑的星走到星雲質中，因摩擦而發光。

【長期變星】光度變化略有規則的恆星，而變光周期約自 20 日至 600 日的時候，叫做長期變星；平均周期約自 250 日乃至 300 日。大部分的變星是屬於這一類。普通爲赤色星，光譜爲 M 類。這類的變星以鯨魚座。星 (o Ceti) 爲代表；這星的專名叫做蒭藁增二 (Mira)，是最初發見的變星。1596 年 8 月德人腓布利喜阿斯 (Fabricius) 在鯨魚座發見一個向來未知道



第七十三圖 鯨魚座 0 星的變光情形  
上圖是牠的變光曲線，下圖是光度大小的比例。

的 2 等星；不久就消失看不見。1609 年 2 月能够看見這個星約幾個星期；1638 年荷爾窩達 (Holwarda) 再發見這個星。黑腓利烏斯 (Hevelius) 曾精密研究 1648 年至 1662 年間這個星的變光狀態。

這個星大部分是肉眼看不見的時期，變光周期沒有一定，但是大概每 11 個月能够看見幾個星期。極大時候的光度爲 2 等星，有時不能昇到 5 等星；極小時候爲 9 等星。牠的直徑約爲太陽的 100 倍；此類的其他變星，是否也是這樣的大，現在還不能決定。

【不規則變星】變光沒有一定規則的恆星叫做不規則變星；凡不屬於他類的變星，都歸在這一類。例如獵戶座  $\alpha$  星的變光範圍爲 0.5—1.1，沒有周期；武仙座  $\alpha$  星的變光爲 3.1—3.9，也沒有周期。又如天鵝座  $\omega$  星，大部分是 15 等星，但第 2 月或第 3 月的時候，約 2 星期間爲 8 等星。他如北冕座 R 星，數年爲 6 等星，忽然幾個星期減爲 10 等、12 等或 15 等；數年間各有增減以後，又變爲 6 等星。

據威爾遜山天文臺的觀測，獵戶座  $\alpha$  星的直徑也有變化；至於變光的原因或係表面上有黑

子出現，也未可知。這類變星的變光原因還是完全不知道。

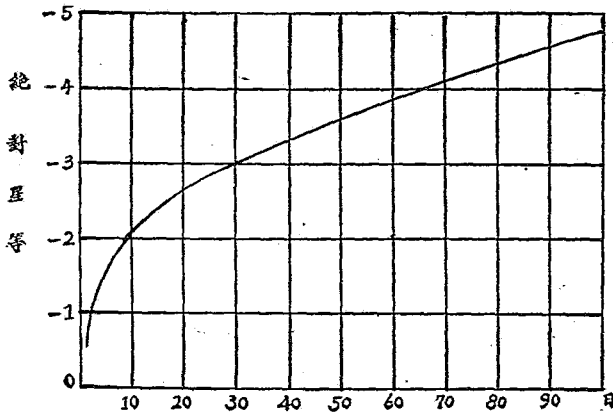
【短期變星】變光周期甚短的恆星，叫做短期變星。最初發見這類的變星是仙王座 $\delta$ 星；名造父一，所以又叫做造父變星。大概是比太陽遙大的巨星，周期約自半日乃至100日餘，而在同一變星的周期和變光曲線完全一定。仙王座 $\delta$ 星的周期為5.365日，變光範圍為3.6—4.3；僅1.5日由極小變為極大，以後徐徐減光，第2.5日稍為停滯，而後減少以達極小。

球狀星團中，有許多周期比1日更短的變星，叫做星團變星（Cluster variables），實在就是造父變星。雙子座 $\epsilon$ 星的增光減光也是連續的整齊的正弦曲線，所以算做造父變星的一種。

短周期變星的光譜，大部分是F、G和K類。光譜中的暗線和變光周期相一致，向左右移動，所以最初以為這種變星是分光變星。但是光度的極大和接近速度的極大相一致，極小和遠退速度的極大相一致，所以不能單視為雙星。近來多主張脈動說；據這個學說，則造父變星是密度小的巨星，交互膨脹和收縮，所以發生光譜線的移動。這種學說比較的和事實相合。

1908年哈佛大學天文臺雷維特女士（Miss Leavitt）研究小墨氏臘尼雲（Smaller

Mugellanic cloud) 中所發見多數短期變星的特殊關係；知道這種變星的變光周期越長則光輝越大。墨氏臘尼雲可以視為南天河的分支，是恆星和星雲的集團，有大小兩個。這些變星是在小墨氏臘尼雲裏頭，所以和地球的距離，可以當做大概一樣；故這種變星的周期可以說是和絕對星等成比例。後來沙普利 (Shapley) 證明這個關係也可以適用於其他部分的造父變星。這種關係叫做造父變星的周期光度定律 (Period-Luminosity Law) 又叫做雷維特沙普利定律。沙普利又用曲線的形狀來表示這個定律，這曲線叫做周



第七十四圖 變光周期和絕對星等的關係

橫軸是示造父變星的周期，以日為單位；縱軸則示絕對星等。圖上的曲線，就是造父變星的周期光度曲線。

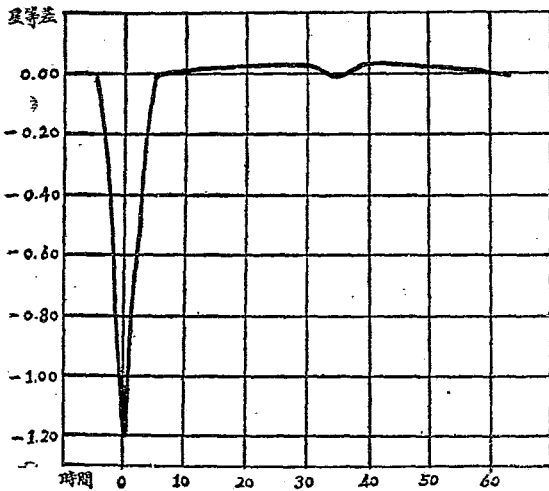


期光度曲線 (Period-Luminosity curve)

這個定律的說明，還沒有確實的學說，但普通都相信脈動說，就是熱的膨脹力和引力的收縮力交互作用，發生脈動以後，質量就發生周期的差。由這個定律，若知道周期則可以求出絕對星等，由牠和視星等的差，就可以算出距離。

【食變星】 因為交食而變光的變星叫做食變星，分爲大陵變星和天琴座  $\beta$  星類 ( $\beta$  Lyra type) 變星兩種。

大陵變星就是英仙座  $\beta$  星，約 2.5 日間保持一定的光度 2.3 等，以後忽然開始減光，約 5 小時以後變爲 3.5 等；其後 5 小時，恢復原來的光度，2.5 日後又復減光。周期 2.867



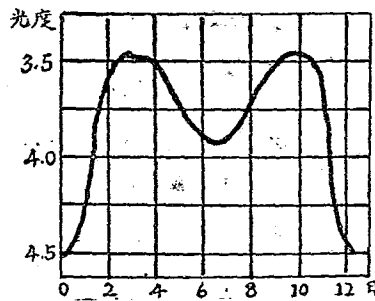
第七十五圖 大陵變星的變光曲線

日，自 1687 年蒙塔那利 (Montanari) 發見以後，繼續爲有規則的變光。

由分光儀可以證明大陵變星是亮星和暗星所合成的雙星。牠的軌道面和視線相一致，所以只有暗星食亮星的時候，才見牠減光。精密檢查牠的變光曲線，知道暗星也有一點光亮，向着亮星的方面更亮。根據斯泰平 (Stebbin) 的研究，亮星的食分爲 0.7，亮星的光度爲 0.925 等，暗星的光度爲 0.075 乃至 0.045 等；若軌道半徑爲 1，則亮星半徑爲 0.207，暗星半徑爲 0.244，平均密度爲 0.07 (以太陽爲單位)。

天琴座  $\beta$  星的變光，是兩個大小不同的亮星互相交食的結果；這可以由變光曲線推定之，也可以用分光儀來說明。

食變星的數目，已發見者約 300 個，牠們的周期自 6 小時起，乃至 29 年。食變星以外的變星的界線不甚明確，變光原因，也不甚明瞭。現今已知變星的總數約達 7000 個，尙多研究的問題。



第七十六圖 天琴座  $\beta$  星的變光曲線

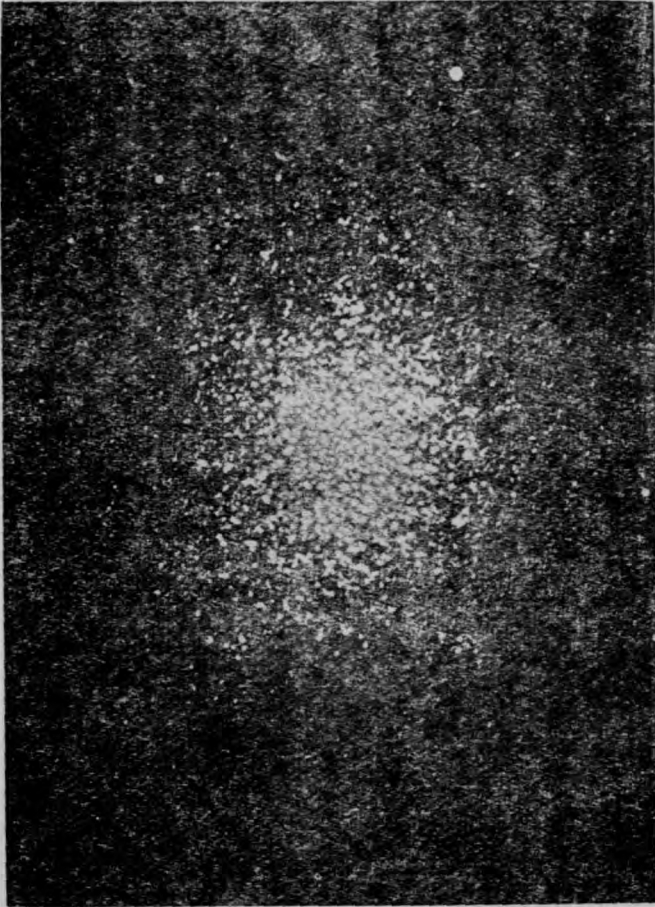
## 第十五章 星團和星雲

【星團】凡雲霧狀的天體，能够用遠鏡分析為極多恆星的時候，叫做星團 (Star clusters)；不能分析的時候，叫做星雲。

星團有兩種：一個叫做疏散星團 (Open clusters)，是多數恆星不規則的集團；普通屬於星團的恆星有公共的自行。一個叫做球狀星團 (Globular clusters)，在球狀的空間，越近中心密集越甚的恆星集團。

主要疏散星團表

星團名稱	星	座	赤	經	赤	緯	直	徑
二重星團	英	仙	2時	13分	+56°	40'	36'	
昴星團 (Pleiades)	金	牛	3時	42分	+23°	48'	120'	
畢星團 (Hyades)	金	牛	4時	14分	+15°	23'	200'	
……	雙	子	6時	3分	+24°	21'	40'	
……	巨	蟹	8時	34分	+30°	20'	60'	
昴星團三 (Praesepe)								



第七十七圖 南天人馬座中的一個星團

【球狀星團】 球狀星團以武仙座星團爲代表，這星團在武仙座  $\gamma$  星和  $\delta$  星之間；肉眼看到的和薄霧一樣，用大遠鏡或照相就可以知道是一個最少含有 5 萬乃至 10 萬個恆星的集團。現今已經知道的球狀星團約 90 個；普通是球狀，但是也有是橢圓體狀。

主要球狀星團表

星	座	赤	經	赤	緯	直徑	時	記
拉 后 半 獵 武 龍 人 飛 摩	鵬 後 馬 犬 仙 夫 馬 羯	0時	20分	-172°	38'	23'	5 或 47 星	
		13時	8分	+118°	42'	3'	視線速度 - 160	
		13時	21分	-46°	47'	23'	0 星	
		13時	38分	+23°	53'	16'	視線速度 - 135	
		16時	48分	+36°	39'	10'	視線速度 - 300	
		16時	42分	-1°	46'	9'	視線速度 + 160	
		18時	30分	-53°	59'	17'	.....	
		18時	30分	+11°	44'	7'	視線速度 - 95	
		21時	25分	+11°	44'	7'	.....	
		21時	35分	-28°	33'	6'	視線速度 - 125	

1914 年至 1918 年間，沙普利會發表決定球狀星團距離的方法三種，所得的結果，大概相同。

(1) 培利 (Bailey) 在球狀星團裏頭，發見很多的變星；獵犬座星團有 132 個變星，飛馬座星團有 51 個。這些變星都是短期變星，屬於造父變星，所以沙氏應用周期光度定律，來求出星團的距離。

(2) 沙氏發見各星團中 25 個最亮星和短期變星的平均光度之間，差不多有一定的光度差；這差是 1.3 等。星團中短期變星的絕對星等差不多是一定，就是 10.2 等，所以其中最亮星的絕對星等為 11.5。由視星等和 11.5 等的差，就可以求出星團的距離。

(3) 沙氏由以上二法所得的結果和星團的視直徑相比較，知道球狀星團的大小，大概是一定的。所以凡看為小的星團的距離一定遠，這樣也可以知道牠的距離。

按這樣方法所得的結果，武仙座星團的距離是 11100 秒差距 (36000 光年)，飛馬座星團為 14700 秒差距。沙普利所計算的 60 個星團的距離，最近為 23000 光年，最遠達 220000 光年。球狀星團約有四分之一的距離在 10 萬光年以上。

球狀星團常在銀河面附近，且以人馬座附近特別多；牠的反對側的銀河附近，完全還沒有發

見。

球狀星團的直徑約爲500光年，設其中有10萬個恆星，則平均密度爲0.06%，和太陽附近的恆星密度0.045%差不多。多數學者對於沙普利以上的研究，頗有疑問，多認爲距離應該更遠。

球狀星團中亮星的光譜多爲F類，亦有是G類；視線速度各有不同，但以接近方面居多。

【星雲】星雲是一種雲霧狀的天體，牠們的性質彼此略有不同；按哈布盧(Hubble)的分類如下：

(I) 銀河星雲 (Galactic nebulae)

(A) 行星狀星雲 (Planetary nebula)

(B) 瀰漫星雲 (Diffuse nebula)

(1) 光星雲 (Luminous)

(2) 暗星雲 (Dark)

(3) 混星雲 (Mixed)

(II) 河外星雲 (Extra-galactic nebulae)

(A) 規則星雲 (Regular nebula)

(1) 橢圓星雲 (Elliptical)

(2) 旋渦星雲 (Spiral)

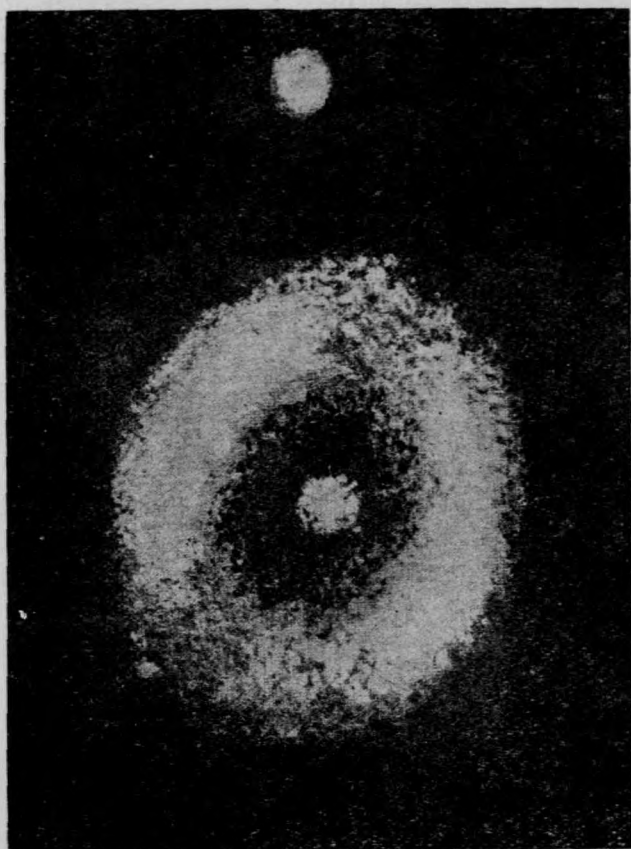
(B) 不規則星雲 (Irregular nebula)

銀河星雲大概在銀河裏頭或牠的附近，似乎在我們的恆星系即銀河系的範圍以內；現今已發見的約有 200 個。河外星雲是在銀河系以外的東西。

【行星狀星雲】行星狀星雲是一個小圓盤狀，有比較明顯的邊緣，所以和行星的外觀相類似；多有明顯的核，可以當作一個恆星。天琴座的環狀星雲 (Ring nebula) 就是這類的一個特例。按分光儀的研究，這類的星雲，也有自轉，牠的周期，各有不同；環狀星雲的周期自 132900 年起，乃至於 567 年。環狀星雲的質量為太陽的 14 倍，也有達 162 倍以上。中央部分有時變光。

【瀰漫星雲】瀰漫星雲就是形狀沒有一定的星雲。獵戶座大星雲，人馬座的三葉星雲



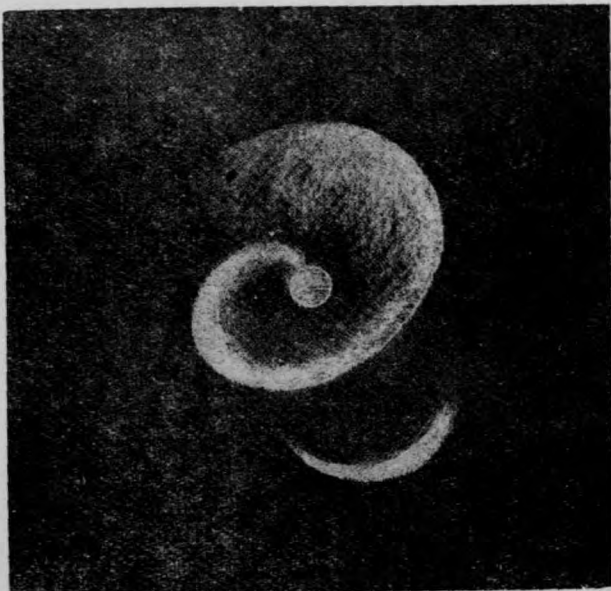


第七十八圖 天琴座的環狀星雲

(Trifid nebula) 天鵝座的網狀星雲等，都是屬於這類的光星雲。

獵戶座大星雲中央發光的部分，直徑達 6 光年。星雲的物質有顯著的不規則動搖。獵戶座星雲各部的視線速度有 10 公里乃至 23 公里之差。

行星狀星雲中心核的光譜爲 O 類，而瀾漫星雲的光星雲的光譜則爲 P 類。氫和氮的輝線雖然顯著，其他似乎還有少量的碳和氮。又有一種特有的星雲線；這是假定地球上所沒有的的一種元素的線，這元素叫做氦



第七十九圖 黃極附近的雙枝星雲



第八十圖 獵戶座大星雲

(Nebulium) 苦恩 (Bowen) 謂氫不是一個特殊的元素，是氧和氮在未安定狀態時候的東西；這還是一個未解決的問題。輝線的狀態和種類，固然隨星雲而不同；在同一星雲上，各處又有差別。

光星雲的距離，大部分還不能測定，現今已經測定所得的數值，為 80 光年乃至 1300 光年。這種星雲多在銀河平面附近，墨氏臘尼雲裏頭，也有這種星雲。

光星雲的發光原因，還沒有充分的知道。據 1929 年哈布盧的研究，星雲中所含恆星的光譜為 O 類或 B<sub>0</sub> 類的時候，星雲為輝線光譜；又星雲的光輝有時減少，減少的量是和其中恆星距離的二乘成反比例。所以星雲的光輝，是由其中所含恆星放射電子所生的極光，也未可知。又有因為星雲中含有變星，所以牠的光輝，發生變化。

我們攝取銀河像片的時候，常常有完全看不見星的部分；這部分並不是銀河的孔穴，是因為暗星雲的吸收，看不見背後恆星的原故。又獵戶座<sup>2</sup>星附近的照片，在光明星雲質的前面，顯有暗星雲的存在。

昴星團周圍有星雲質的光，這是一種反射的光；因為牠的光譜和其中恆星的光譜完全相同。



第八十一圖 天鵝座的網狀星雲



第八十二圖 半人馬座的星雲

的原故。數年前已經知道視線速度有變化的恆星光譜，雖有幾個鈣的吸收線，牠的位置完全不變；

第三編 第十五章 星團和星雲

二六三



第八十三圖 獵戶座的暗星雲

這大概是不屬於恆星的鈣雲的吸收。1925年斯特盧未發見銀河中和牠的附近各部分，有同樣的鈣吸收現象，知道鈣雲的分布頗為廣大。

主要銀河星雲表

星	座	赤	經	赤	緯	種	類	附	記
金	牛	3時	40分	+23°	26'	彌	漫	昴星團中	
波	江	4時	10分	-13°	0'	行	狀	$0.3 \times 0.3$	
金	牛	5時	30.2	+21°	57'	行	狀	$0.7 \times 4'$ , 蟹星雲	
獵	戶	5時	30分	-5°	27'	行	漫	大星雲	
大	熊	10時	9分	+55°	34'	行	狀	$3.3 \times 3.4$ , 梟星雲	
蛇	夫	17時	16分	-23°	27'	彌	漫	長 22, 暗星雲, S 字狀	
人	馬	17時	56分	-28°	2'	彌	漫	$25 \times 20$ , 三葉星雲	
人	馬	17時	58分	-24°	28'	彌	漫	$50 \times 86$ , 含星團	
人	琴	18時	15分	-18°	18'	行	漫	$26 \times 20$ , $\Lambda$ 星雲	
人	琴	18時	50分	+32°	54'	行	狀	$1.4 \times 1.0$ 環狀星雲	
天	琴	18時	55分	+22°	27'	行	狀	$8 \times 4$ , 亞鈴星雲	
狐	理	20時	52分	+31°	20'	行	漫	長 80, 綉狀星雲	
天	輪	20時	59分	+11°	46'	行	狀	$0.5 \times 0.4$ 土星狀星雲	
寶	瓶	29時	21分	+41°	59'	行	狀	$0.5 \times 0.5$	



【旋渦星雲】旋渦星雲有種種的形狀；有核大而旋渦的腕短，有核大而腕也長，又有核小而腕長，各不相同。橢圓星雲中心最明，邊緣漸暗，而性質則和旋渦星雲相似；不規則星雲的特性，也和旋渦星雲相同。

旋渦星雲的光譜，大部分是G類和K類，有時為F類。視線速度從每秒 1300 公里乃至 +1800 公里；這是測定 39 個旋渦星雲所得的結果，其中 5 個是接近而 34 個是遠離。平均速度為 +600 公里。自行甚小，測定困難。由光譜線的傾斜，可以測定星雲的回轉運動。普通越近核心，回轉速度越大，所以不是一整塊而回轉。鯨魚座有一個旋渦星雲，距離核心 1、的回轉速度為每秒 300 公里。馬阿內 (Van Maanen) 比較在立克和威爾遜山天文臺相距 10 年乃至 17 年所攝的星雲，測定牠們的回轉速度，知道腕是漸漸的延長，為包卷核心樣子的運動，牠的周期為 45000 年乃至 160000 年。

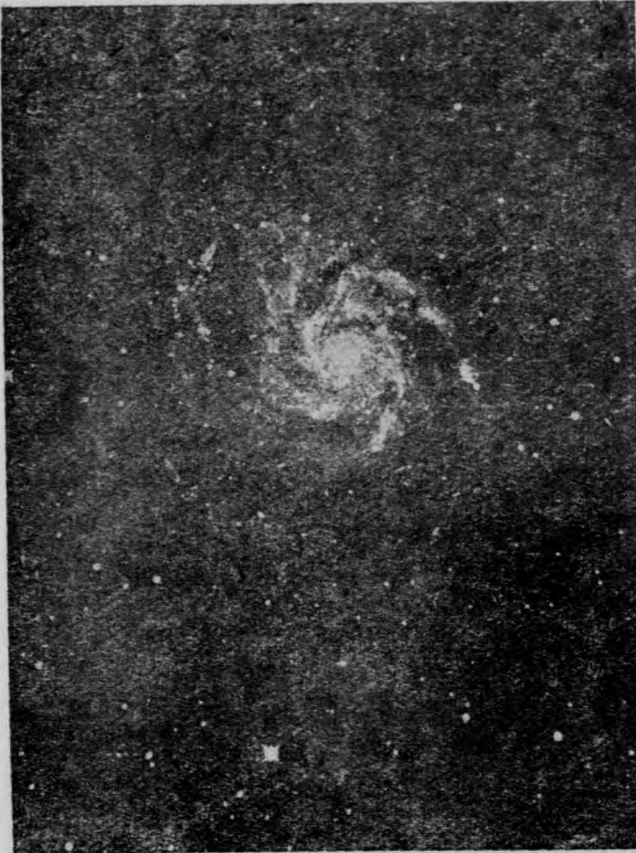
現在所發見的旋渦星雲約有 500 個；最大的為仙女座大星雲，長達 3°，也有非常的小，非注意看牠，不能知道是一個旋渦。就牠們的分布狀態來說，在銀河附近差不多沒有，離銀河越遠，牠



第八十四圖 大熊座的旋渦星雲



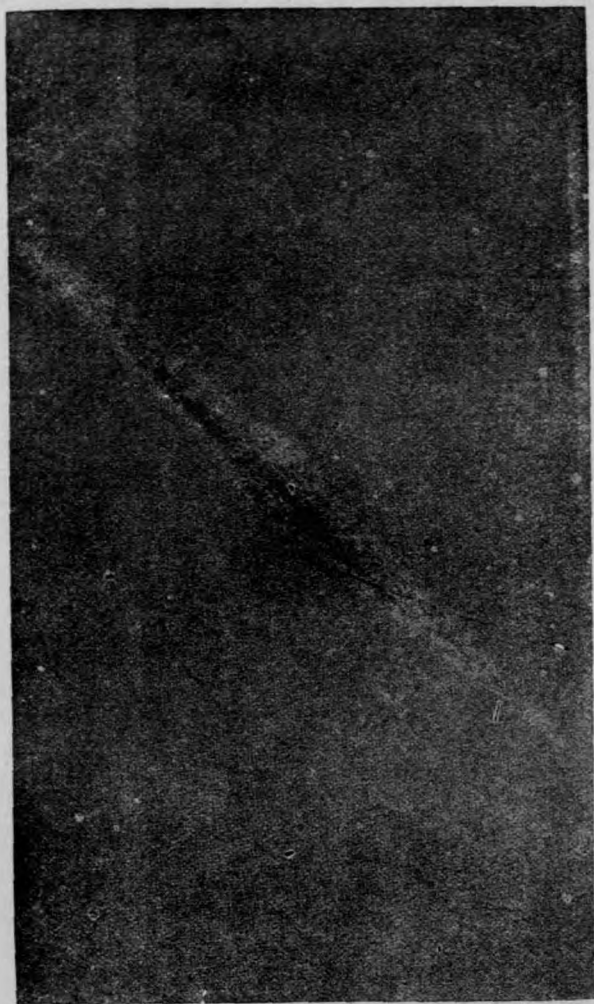
第八十五圖 仙女座的大星雲



第八十六圖 大熊座的旋渦星雲

第三編 第十五章 星團和星雲

第八十七圖 后髮座的星雲



的數目越多；在銀極的附近，密度最大。這樣分布的理由，雖然不知道，但是大概因為銀河附近有吸收物質，遮斷外部的光的原故。用大遠鏡來觀測，或攝影所得的旋渦星雲的總數，還沒有有系統的研究；從一部分的研究，來推算的結果，知道因為所用的儀器和底片的不同，有顯著的差異，但大概似乎為 300 萬乃至 1000 萬個。

1885 年哈爾特威格 (Hartwig) 發見仙女座大星雲中有新星出現，昇至 7 等星後，減光達 17 等以下。十年後，佛來銘夫人 (Mrs. Fleming) 發見 N. G. C. 5253 星雲中亦有新星出現。這些新星到底是不是星雲中的東西，固然還有多少的疑問；但自 1917 年至 1920 年立克和威爾遜山天文臺發見仙女座大星雲中有 17 個新星，以後知道的數目，增到 75 個。其他四個星雲中，也有新星發見。這些新星當然不是肉眼所能看見的，但是和普通的新星完全一樣，不過一個在旋渦星雲裏頭，一個在銀河附近而已。

1924 年哈布盧發見仙女座大星雲，三角座大星雲等 5 個旋渦星雲裏頭有許多的變星。其中仙女座大星雲有 12 個造父變星，三角座星雲中有 22 個；牠們的周期從 17.6 日乃至 50.2

日光度 18.3 等乃至 19.4 等。



第三編 第十五章 星團和星雲

1171

第八十八圖 三角座的大星雲

主 要 的 旋 渦 星 雲 表

N. G. C.	星 座	赤 經	赤 緯	大 小	附 記
221*	仙女座	0時 37分	+40° 19'	2'. 6 × 1'. 8	橢圓
224*	仙三	0時 37分	+40° 48'	130' × 40'	大星雲, Y = -816
598	仙女座	1時 28分	+30° 9'	55' × 40'	Y = -90
1068	魚座	2時 37分	- 0° 26'		
2403	狗熊座	7時 27分	+65° 49'	16' × 10'	
2841*	大 大 狗熊座	6時 15分	+51° 24'		
3031	大 大 狗熊座	5時 47分	+69° 32'	16' × 10'	Y = -30
3034*	大 大 狗熊座	9時 48分	+70° 10'	7' × 15'	不規則
3379*	大 大 狗熊座	10時 42分	+13° 6'		橢圓
4244	大 大 狗熊座	12時 12分	+88° 22'	13' × 0'. 9	棒狀
4449*	大 大 狗熊座	12時 28分	+44° 39'		不規則
4667	大 大 狗熊座	12時 31分	+26° 32'	15' × 1'. 1	棒狀, Y = +1100
4694*	大 大 狗熊座	12時 35分	- 11° 4'	7' × 1'. 5	棒狀, Y = +1140
5194*	大 大 狗熊座	13時 20分	+47° 43'	12' × 6'	Y = +250
5457*	大 大 狗熊座	14時 0分	+54° 50'	16' × 16'	
7479*	大 大 狗熊座	23時 0分	+11° 47'	3' × 2'. 5	S 字狀



N. G. C. 是德果茨 (Dreyer) 的 New General Catalog 的號數。

\* 是照相所得的。V 是視線速度。

【河外星雲的本質】河外星雲的本質，到底是什麼東西？這是現今天文學上一個大問題。向來多數學者假定一切旋渦星雲都是一樣的大小，不過距離不同而已。1926 年哈布盧茲計該時以前的材料，證明以上的假定大概和事實相一致，就是旋渦星雲的大小和光輝，大概都是一樣的程度。就河外星雲來觀察，重要的事實大概如下：

- (1) 不能直接測定三角法的視差。
- (2) 只有少數旋渦星雲有微小自行的證跡。
- (3) 中央部分的光譜，差不多是 F、G 或 K 類。
- (4) 星雲裏頭有造父變星，大旋渦星雲的邊緣，用攝影方法，可以分解為幾個恆星。
- (5) 大旋渦星雲的視線速度為每秒 1300 公里乃至 11800 公里。
- (6) 大旋渦星雲裏頭有新星出現。

(7) 這類星雲不在銀河面，多在銀極的附近。

(8) 這類星雲有迴轉。

已經測定的視差，只有大旋渦星雲，至於小旋渦星雲的情形，由牠們自行的小來推想，大概距離是非常的遠。

攝取星雲中央部分的光譜，最少也要露光 10 小時乃至 80 小時，所以只有一部分不知道。只有恆星才有 F、G、K 類的光譜，所以關於這類星雲的本質問題有兩個學說：一個是說中央部分有幾個恆星存在，周圍的黑暗星雲質反射恆星光而發輝；一個是說輝明部分是恆星的集團。按第一個所說，能夠看見反射光，應該也可以看見恆星本身，但是全部旋渦星雲的核心，完全都不見一個恆星；只有比較的小一點的核心，比較周圍稍為亮一點而已。並且反射光應該是偏光，按邁爾 (Meyer) 等的研究，則否認是偏光的事實。所以第二說或係正確。由光譜的研究，核心附近的恆星集團，分布當甚廣大疎散；所以不能個別的分解，大概因為距離甚遠的原故。

仙女座大星雲各部分的光譜，差不多都是 G 類。這樣只有一類光譜特別多的事實，球狀星團

多有這樣的現象；所以旋渦星雲的中央部分，當係數千萬乃至數億恆星的集團。銀河系內的新星每年約只有一個，仙女座星雲內的新星則甚多，大概因為星雲的恆星密度比銀河系大的原故。西阿里斯（Searge）研究的結果，說從外面看銀河系在和星雲一樣大小的距離時候，一定沒有星雲那樣的光亮。倫德馬克（Lundmark）以新星為基礎，研究仙女座星雲的距離，得牠的視差是  $0''.0000015$ ，就是 60 萬秒差距或 200 萬光年。直徑約為 6 萬光年。由仙女座星雲和三角座星雲中造父變星的研究，知道這兩個星雲的距離各為 93 萬光年和 85 萬光年。

旋渦星雲的視線速度非常大，平均每秒達  $+200$  公里；這也是和銀河系中的天體完全不同的。一個證據。銀河系內恆星的平均速度約為每秒 20 公里，二大星流的相對速度亦僅 40 公里。就自轉周期來說，旋渦星雲普通似乎比銀河系小。三角座星雲外緣的回轉周期為 15 萬年，若應用哈布盧的變星距離的數值來計算，則外緣的回轉速度應為每秒 4 萬公里；這樣迅速的速度，似乎是不可能的現象。要之，這些結果是互相矛盾的。

【**島宇宙**】從旋渦星雲的本質來說，大概有兩種的學說。一個是說旋渦星雲，雖然是一個大

的集團，但是和銀河系比較則非常的小；牠的距離和球狀星團沒有多大的區別。一個是說大旋渦星雲的大小是和銀河系相匹敵，約在100萬光年的距離，這就是所謂島宇宙（Island universe）的學說，現今有很多事實和這說相合，所以甚為一般所相信。

人馬座有一個稀薄的不規則星雲，叫做N. G. C. 6322；哈布盧由星雲裏面的造父變星的<sup>1</sup>研究，知道牠的距離約為70萬光年，這大概也是一種島宇宙。

哈布盧根據河外星雲的大小和光輝大概相同的結論，計算看為最小最遠的雲星的距離，約為8000萬光年。牠又計算得威爾遜山的100英寸返光遠鏡所能攝取的星雲距離，約為14500萬光年。沙普利由哈佛天文臺所攝取的室女座附近的一羣星雲推定牠們的距離為1億光年。

【光的吸收層】利用星雲中的造父變星來計算星雲的距離，當以星光在中途有否被吸收為前提。因為有暗星雲和鈣吸收層，所以光輝稍為變弱，也未可知，所以計算所得的距離，或比實際的距離更遠。所以吸收層的有無，是研究宇宙構造的基礎問題。

空中若有像地球大氣的氣體層，則波長越短，光的速度越遲；就是赤光比黃光速，黃光又比青

光速。所以觀測變星的時候，若分別調查黃部分和青部分的光，則各部分的極大或極小的時期，略有不同。實際沒有這樣的現象；沙普利觀測巨蛇座距離4萬光年的 N. G. C. 5904 星團中 12 個變星時候，完全沒有發見因為顏色所發生的差異。其他觀測，也是這樣，所以普通可以認為空中沒有氣體的吸收層。

## 第十六章 宇宙論

【恆星的分布】在最好情形的時候，肉眼所能看見的恆星，全天上約有 5000 個；用立克天文臺的 36 英寸折光遠鏡，可以看見約有 1 億個；威爾遜山天文臺的 100 英寸返光遠鏡，則可以照得 10 億個。用大遠鏡可以知道銀河是數億恆星的集團。假設以通過銀河中心的大圈為標準，定銀經銀緯的座標，則銀河的北極在赤經 12 時 40 分，赤緯 +38° 的后髮座裏頭；銀經是以大圈和天鷹座中赤道的交點為起點，就是自赤經 18 時 44 分位置向東計算。候失勒父子二人曾統計 18 英寸返光遠鏡視野直徑 15 內的恆星總數，知道銀河和恆星的分布的關係，結果如下：

銀 緯	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°
平均恆星數	4.2	4.7	6.5	10.4	17.7	30.3	122.0

1925年西阿累斯等由各天文臺所照得的相片統計18.5等以上恆星的分布，後又延長到21等止，現在把牠們所得的一部分結果列表於下：

一 平方度內恆星平均數表

星 等	緯 度				
	0°	15°	30°	45°	90°
6.0 以上	0.129	0.083	0.062	0.042	0.037
9.0 以上	2.82	1.95	1.32	0.871	0.724
12.0 以上	55	34.7	22.9	12.9	10.0
15.0 以上	912	513	275	123	87.1
18.0 以上	10200	5370	2000	724	479
21.0 以上	74100	34700	8710	2630	1680

由上表看起來，可以得到一個結論，就是：

- (1) 銀緯越低，各等的恆星總數越多。
- (2) 星等越低，星數增加越多。
- (3) 離銀河越近，(2)的現象越顯。

【恆星密度和恆星比】單位體積裏頭的恆星數叫做恆星密度 (Star density)，普通以1立方秒差距爲單位。恆星彼此間的距離大概在1秒差距以上，所以恆星密度多小於1。據卡普泰因的計算，太陽附近的恆星密度爲  $0.042$ 。

恆星的光度隨距離而減少；例如10等星的平均距離約爲9等星的平均距離的1.585倍。距離爲1.585倍則體積爲  $(1.585)^3$  即3.98倍；所以恆星密度若是一定，則自最亮星到9等星的恆星總數和到10等星的恆星總數的比爲3.98，就是約爲4。這叫做理論的恆星比 (Star ratio)；實際比值沒有這樣大，一部分如下表所示。



恆星比表

光度比	銀				綠	
	0°	15°	30°	60°	90°	
等 等						
5 : 4	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	
9 : 8	2.8	2.7	2.8	2.7	2.6	
12 : 11	2.6	2.5	2.5	2.3	2.3	
15 : 14	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	
18 : 17	2.1	2.1	1.8	1.7	1.7	
21 : 20	1.9	1.8	1.5	1.4	1.4	

恆星比是隨微星而減少，離銀河越遠這減少率越大。就是：

(1) 離太陽越遠，恆星密度越少。

(2) 這減少率在銀極方面比銀河附近大。

(3) 恆星比是隨光度的微小而減少，所以結果應當達到沒有恆星的所在，就是恆星系應

當是有有限的範圍。

7等星以上的恆星比，比理論的數值小不了多少；部分的調查結果，知道也有大於4的部分，這就是表示太陽在距離恆星系最緻密中心較遠的位置。1929年卡普泰因研究這個問題的結果，知道恆星系是和薄的小鏡一樣的形式，而太陽大概在中心的位置；牠的厚約為直徑的五分之一，最遠擴散到銀河面。直徑約為17000秒差距（55000光年），厚約3400秒差距（11000光年）；恆星密度約以太陽附近的百分之一為限界。沙普利和西阿累斯所得的數值，比這個更大。

一般學者都認為太陽不在恆星系的中心，但牠的位置，則各人所得的數值不同。銀河在天空上差不多是大圈，所以太陽應該在銀河面附近。據該拉西摩維克（Gerasimovic）和律頓（Lyntan）所計算，太陽離銀河面約33秒差距。卡普泰因說恆星系的中心方向在仙后座，沙普利說在天蝎座和人馬座方向，又有人相信是在天鵝座。卡普泰因計算太陽和恆星系中心的距離為650秒差距，而沙普利則推定為16000秒差距。

【銀河系】我們的恆星系是以銀河為重要的輪廓，所以叫做銀河系（Galactic system）。

用肉眼觀察銀河或且用照相來研究，都可以知道銀河內恆星的分布不是一樣，各處有作成星團的傾向。一般恆星也是一樣，在太陽的附近有昴星團和畢星團等，又有遠的球狀星團。一切恆星固然不一定要屬於某一個星團，但是大多數有這樣的趨勢。

伊·斯吞 (Eaton) 曾說銀河系是和三角座旋渦星雲相類似的大旋渦星雲；自太陽看銀河系的中心在天鵝座方向，而天鵝座和天蠍座中間的銀河部分，是這旋渦星雲兩腕相重合的位置，所以這部分的銀河的光帶特別強大。這個學說對於銀河狀態和星流運動的說明，甚為便利，但是現今應該有略加改正的必要。

沙普利說恆星通常是集成星團，分布在空間內，一部分互相混淆；並推定銀河系的直徑是 20 萬乃至 30 萬光年，厚是 5 千光年乃至 1 萬光年。球狀星團由牠的表面向外側散布；由視線速度已經測定的 18 個球狀星團中，可以知道約有半數在銀河面附近，半數則離銀河面較遠。這些星團因為銀河系的引力作用，應當在銀河系中心的周圍而動搖。沙氏推定銀河系的中心在人馬座方向，大概離太陽約 5 萬光年。牠沒有說到伊·斯吞的旋渦星雲學說。一般學者都認為沙氏所

河 北 部



推定的銀河系的大小，太大一點；但是球狀星團的距離若是正確，則沙氏的推定，當然是對的。

銀河星雲全部在銀河的內側，當然是屬於銀河系內的天體。由獵戶座大星雲裏頭所合恆星的自行，可以推定這星雲的距離為 200 秒差距，所以是在較近於太陽系的位置。

1926 年林德布拉德 (Lindblad) 統計種種恆星的運動，說明銀河系和旋渦星雲一樣，迴轉於全體重心的周圍。1927 年俄爾特 (J. H. Oort) 發表關於這個運動的量的關係的數學式。1930 年普拉斯開特由 O 類和 B 類的多數亮星的視線速度證明銀河系確有迴轉。

以上研究的結論，還不能說是確定，但是多數人所得的數值，大概一致。銀河系重心的方向大概，在銀經  $325^{\circ}$  到  $330^{\circ}$  附近，即在人馬座方向。重心和太陽的距離約為 2 萬光年乃至 5 萬光年。重心周圍星系內各星的迴轉速度，越近重心越大，自每秒 250 公里乃至 300 公里，牠的迴轉周期約 2 億年前後。銀河系的總質量，似乎在太陽百億倍乃至 6 百億倍之間。

自仙女座星雲和三角座星雲的距離來推定，可以知道牠們是在銀河系的外側；就是可以認為旋渦星雲和銀河系是同樣的東西，由種種方面來說，伊斯吞的學說，應當是真的。銀河系的直徑

大概比仙女座大星雲大，但是光輝遠不及仙女座星雲，這大概因為亮星的密度和總數都甚少的原故。其他許多旋渦星雲似乎都是島宇宙，是和銀河系相匹敵的天體。

仙女座大星雲和三角座大星雲的距離約為 90 萬光年，人馬座的不規則星團 (N. G. C. 6323) 約為 70 萬光年，墨氏臘尼雲約在 10 萬光年的外側。墨氏臘尼雲有大小兩個，直徑約為  $r_1$  和  $3 \cdot 5 r_1$ ，其中含有恆星、星雲、星團等，這大概是最近於銀河系外的世界。

【旋渦星雲的起原】 1922 年靳斯 (Jeans) 發表關於旋渦星雲的起源的學說。他先假定最初有一種質量為太陽質量數億倍的氣體塊存在；這氣體塊慢慢的自轉，同時因為自身的引力為收縮運動。當初氣體塊的形狀，大概是以自轉軸為最短軸的扁平橢圓體；因為收縮的原故，自轉速度漸漸增加，達到某程度，就發生赤道隆起帶而成銳利的尖端，全體成為兩個凸透鏡的形狀。在這尖端的位置，遠心力和引力恰相平衡。

其次，因為宇宙間其他圓塊的潮汐作用，在邊緣的物質不能成為環狀，所以在反對側放出兩條氣流，這是旋渦星雲二腕的起原。心核繼續收縮，增加自轉速度，其中的物質繼續供給二腕的作

用，最後核心的質量應當甚少。其間腕的物質也不安定，有凝集成爲大小數塊的趨勢；這就成爲各個的恆星。其平均質量約爲 $10^{34}$ 克；以後各個恆星仍然繼續漸漸凝縮的過程。

【恆星演化論】恆星是如何的演化，可以由光譜種類和溫度的關係來求牠。從前羅克頁（Norman Lockyer）說過恆星最初由低溫度漸漸上昇而高熱，以後又復冷卻下去；因爲材料不充分，所以學者都不相信這個學說。1913年羅素由新材料，發表恆星演化論；這方面的問題，就得到新發展的途徑。

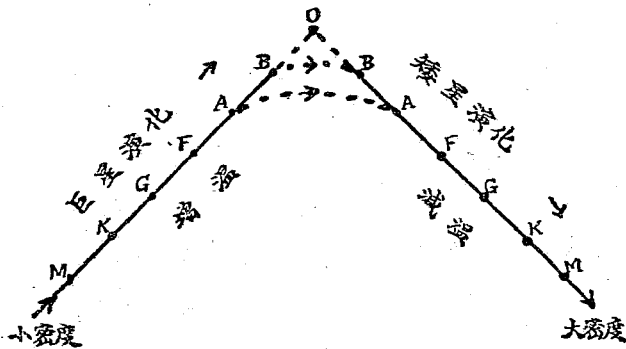
據羅素所說，恆星本來是一個漠大的氣體塊，因爲互相引力的作用，成爲一個漸漸收縮的星雲。收縮到一定密度的時候，溫度開始上昇，再收縮就發赤光，變爲M類的恆星；牠的密度還低，直徑甚大，所以叫做巨星。再收縮的時候，溫度更昇，爲K類的巨星；這樣繼續的演化，經過G, F, A等類，就達到最高溫度的B類，這以前的過程，都是巨星系列。到了B類時候，密度甚大，所以收縮所生的熱量和輻射所失的熱量相平衡；在向前進，輻射量比收縮所生的熱量大，溫度就漸漸的低降。就是恆星收縮冷卻，反而順次經過A, F, G, K類而爲M類；其間恆星的直徑小，叫做矮星系列。

以上所說的次序，是指大質量的恆星的演化系列；小質量的恆星，因為收縮的壓力，不能發生高溫，所以不能達到B類，只能達到A類左右就向矮星的徑路而演化。

近來普拉斯開特證明O類星的溫度最高，自15000。乃至22000。比他類星的质量也大，所以恆星演化的頂點，不在B類，應當改為O類。

巨星和矮星的區別，不是質量的差，是直徑大小的差別。恆星雖然收縮，質量仍然不變，所以同一的恆星，巨星時代和矮星時代的質量，差不多是一樣。根據羅素的學說，太陽是G類星。

羅素學說的可能性，有種種的證據。(1)同類的恆星裏頭，有的很大，並且很亮，也有很微小的；這就是巨星和矮



第九十圖 恆星演化的徑路



星的區別。(2)精密檢查恆星的光譜，可以知道同類的某暗線光度，因為巨星和矮星的區別，顯有不同。(3)由恆星直徑的測定，可以證明確有巨星的存在。(4)雙星的質量，是隨O類以下而漸小。(5)根據這個學說，溫度越低，巨星的體積越大，所以無論何類巨星，由全面所輻射的總量，應當差不多是一樣；就是自M類到B類，巨星的絕對星等應當一樣大小。這事實大概已經證明是對的。

1916年和1917年愛丁頓發表關於恆星的輻射平衡(Radiative equilibrium)的研究，對於恆星演化論，另開一個新途徑。他說質量在太陽質量的 $1/10$ 以下的恆星，表面最高溫度不能超過3000。以上質量若在太陽的 $1/10$ 以下，則自己不能發光，只能以暗星存在於空間。反之，質量為太陽的100倍以上的恆星，收縮所生的溫度太高，所以引力不能和牠的爆發力相平衡，應當分裂為兩個以上。就是自己能够發光的恆星的質量應該在太陽質量 $1/10$ 乃至100倍的範圍以內。

愛氏的理論的研究和現今的實際觀測的事實相一致。現今所知道質量最小的恆星是克盧草60 (Krueger 60)的伴星，根據阿特肯的測定，牠的質量為太陽的 $1/10$ ；質量最大的恆星是蓬

星表 (B. D.) + 6.1309 的雙星，各爲太陽的 86 倍和 72 倍，這是 1922 年普拉斯開特所發見。1924 年愛丁頓發表一個革命的論文。他認爲恆星的輻射原因是內部原子的崩壞；所以恆星的質量應該年年減少。恆星內部的強熱，是由物質的原子使其電子大部分放散，破壞大原子核，使還元爲簡單的核。這樣的結果，牠的體積，應該變爲前的原子的數百萬分之一，所以漸次收縮，可以達到水的 5 萬倍的比重。再繼續收縮，則電子發生反撥力，阻止彼此的接近。已經測定天狼的伴星有這樣大的密度。若這個學說充分的證實，則羅素的學說，非加以修正不可。

天狼伴星的光譜，在 A 類和 F 類的中間，牠的單位面積的表面光輝比太陽大，但是光輝的總量在太陽的 0.003 倍以下。推算的結果，輻射面約爲太陽的 0.001 倍，就是直徑爲太陽的 0.03 倍；但是質量爲太陽的 0.9 倍，所以平均密度達水的 3 萬倍乃至 6 萬倍。愛因斯坦根據理論，豫言在強大引力的場所，輻射原子所發出的光的波長比普通長。按這理論計算天狼伴星的數值和 1924 年阿丹斯所測定的結果恰相一致。所以愛因斯坦學說得到有力的證據。像天狼伴星的星，叫做白矮星 (White dwarf)；其他同樣的恆星已經發見 2 個。

1923 年羅素假定恆星熱量的主要起原是因為恆星內部物質的崩壞，修正他自己原來的學說。他假定巨星的中心溫度在  $40000000^{\circ}$  以下；恆星中央的物質，在這以下的溫度，可以變換為能。中心溫度昇到  $4000$  萬度以上，則巨星達到頂點，因為失了多量的輻射，質量減少，漸變為矮星。雖然到了矮星演化的最後，內部溫度還是相當的上升的時候，大原子崩壞，漸漸失去外部的電子，結果就像天狼伴星的樣子，達到巨大的密度。

要之，關於恆星演化的問題，目前還在研究之中，還沒有得到正確的學說。

【太陽系的起原】關於太陽系的起原問題，18 世紀中葉，就有很多人發表種種的假說；以後所發表的理論也很多，其中以 1796 年拉伯拉斯的星雲假說和 20 世紀初葉查姆柏林 (Chamberlin) 和摩爾吞 (Moulton) 的微星假說 (Planetesimal hypothesis) 最為有名。要研究這個問題，先要知道下列的重要事實：

(1) 太陽有自轉。

(2) 一切行星的公轉方向和太陽自轉的方向相同。

(3) 主要行星的軌道面，差不多和太陽赤道面相一致。

(4) 行星自轉的方向和公轉的方向相同。

(5) 衛星的公轉方向，除極少數外，和行星的自轉方向相同。

拉伯拉斯假定構成太陽和行星等的物質是星雲，就是在極遠古的時代，這物質是一個極熱的回轉扁平狀的氣體塊。這星雲因為引力作用，漸漸收縮，增加回轉的速度，使赤道部的引力和遠心力相平衡。全體仍然繼續收縮，所以赤道部的物質，漸漸發生像土星光環的扁平的環；同樣，在收縮的過程中，發生第二、第三等環，最後的中心塊就是太陽，牠的周圍留有相當於行星的幾個環。這些環各生結節，遂凝結變成一個，就是行星。行星在收縮過程中，也是生環，遂成衛星。這樣，就發生了現在的太陽系。

這個星雲說，從前為學者所信用，時間頗長；現今還有人把牠稍加修正，作為太陽系的起原學說。但是這個學說，有種種的困難。第一是環間斷的分離的問題；就是若係連續的收縮，則赤道部的物質，應該也是連續的分離。其次的困難，就是關於高熱氣體環不分裂的假定；環的各個分子，不受

中心體引力的支配，所以分子運動的結果，當然逸散於空間，而不能回來。還有其他種種的難點；所以雖然加以修正，也不能得到完滿的學說。

微星假說是以太陽最初是一個沒有行星的恆星，但是當牠在空間運動的時候，有某時期和其他恆星非常接近；太陽因為這個恆星的引力作用，發生了極激烈的潮汐作用，這和太陽的爆發作用相聯合，就在這個恆星的反對方向，發生了巨大的日珥。連結太陽和這個恆星的方向，因為牠們的運動原故，是時時刻刻有變化，所以日珥的噴出場所亦是時時刻刻有變化。前次噴出而高昇的日珥，漸漸因為太陽的引力，失去牠的速度；全體的噴出物的形態，就和旋渦星雲的腕一樣。這日珥的物質不是均等的密度，所以腕的各部分發生大小不同的結節；這為中心吸引周圍的物質，就形成行星。所殘留的周圍的物質，是為衛星；再殘餘的物質，就是構成彗星和流星的物質。

這個學說，最初需要兩個天體，當牠們逢遇的時候，大小質量和距離，都是一個問題。查姆柏林和摩爾吞認為當時太陽的大小是和現在一樣，牠所噴出的物質迅速冷卻凝固，就形成所謂微星；地球等是最初由這樣冷塊的集團所形成的東西。

斯斯認為當二星遭逢的時候，太陽的大小是達到海王星的外側，所以密度非常的低；並且所噴出的日珥，兩側各有一條，以後各自分裂為數個，這就是行星；而大部分衛星是太陽對於行星起潮汐作用所發生的東西。

哲夫利認為遭遇時候太陽的直徑約為 4200 萬公里，這比水星軌道的直徑小。他對於衛星的形成，贊成斯的學說，但是地球和月亮，作為別論。還有其他贊成略加修正的微星學說的人頗多。要之，微星假說確比星雲假說進步，能夠為種種充滿的說明，但是還不能說是正確，所以這個問題，還要加以詳細的研究。

【愛因斯坦的宇宙論】根據愛因斯坦的一般相對論原理的結論，恆星的輻射能，不是逸散於無限的空間，結果和噴水一樣，因為萬有引力的作用，再返到宇宙系內。這樣則能的到達範圍是有限的。

空間或是無限；但是能的到達範圍若是有限，則宇宙應該是有限。因為我們只能夠按能的到達來認識宇宙；沒有能的空間是虛的，我們絕對不能知道虛的空間。

愛因斯坦會理論的計算這個真宇宙 (Physical universe) 的直徑和其中所含物質的質量。哈布盧由旋渦星雲的空間分布，計算我們周圍空間物質的平均密度 ( $\rho$ ) 爲

$$\rho = 1.5 \times 10^{-31}$$

把這個數值代入愛氏的二公式，則

$$\text{宇宙的半徑 } R = \frac{c}{\sqrt{4\pi K}} \cdot \frac{1}{\rho} = 900 \text{ 億光年}$$

$$\text{宇宙的質量 } M = \frac{\pi c^3}{2K} \cdot R = 1.8 \times 10^{55} \text{ 克}$$

式中  $c$  爲光的速度， $K$  是萬有引力常數。

目前世界最大的 100 英寸返光遠鏡，只能攝取距離 1 億 4 千萬光年的星雲，這不過愛因斯坦宇宙的 600 分之一。這樣大宇宙裏面，應該有旋渦星雲  $4 \times 10^{15}$  個；這種推論，完全不能用觀測的材料來證明，所以只可以當做一種理論的豫言，還要希望有志於天文學的人努力研究。











英名	中名	頁	英名	中名	頁
Transit of venus	金星凌日	157	Vertical circle	地平圓圈	20
Trifid nebula	三葉星雲	258	Vesta	第4號小行星	186
Triple star	三合星	238	Visual magnitude	目視星等	44
Trojan group	脫羅央羣	170	Vulcan	巴甘星	156
Tropical year	回歸年	129	Wedge photometer	劈狀光度計	44
True noon	真午	121	White dwarf	白矮星	290
True solar time	真太陽時	121	Winter solstice	冬至點	23
Twilight	晨昏朦影	53	Year	年	128
Umbra	本影	70	Year end day	年終日	136
Unipolar	單極性黑子羣	74	Zeeman effect	塞曼效應	73
Uranus	天王星	2	Zenith	天頂	20
Variable stars	變星	2	Zenith distance	天頂距	21
Variation of latitude	緯度變移	56	Zenith telescope	天頂儀	144
Vault of heaven	天穹	3	Zodiacal light	黃道光	184
Venus	金星	2	Zodiacal sign	黃道十二宮	210
Vernal equinox	春分點	23			

英名	中名	頁	英名	中名	頁
Solar apex	太陽頂點	234	Summer solstice		
Solar calendar	太陽曆	130		夏至點	23
Solar constant	太陽常數	80	Sun	太陽	2
Solar eclipse	日食	110	Sun-spots	太陽黑子	70
Solar system	太陽系	3	Superior conjunction		
Solar time	太陽時	120		上合	147
South pole	南極	22	Superior planets		
Spectro-heliograph				外行星	145
	太陽分光攝影儀	74	Synodic month	朔望月	101
Spectroscope	分光儀	43	Synodic period		
Spectroscopic binary stars				會合周期	150
	分光雙星	240	Synodic rotation period		
Spectroscopic parallax				會合自轉周期	77
	分光法視差	223	Tail (of a comet)		
Spherical aberration				彗尾	186
	球面像差	33	Terrestrial planets		
Spherical astronomy				類地行星	145
	球面天文學	3	Theoretical astronomy		
Spiral nebula	漩渦星雲	256		天體軌道學或	
Standard time	標準時	125		理論天文學	3
Star	星	2	Third quarter	下弦	99
Star catalogue			Thule	第 279 號小行星	170
	星表	219	Tidal action	潮汐作用	104
Star charts	星圖	217	Tide-raising force		
Star clusters	星團	2		長潮力	105
Star density	恆星密度	280	Time epoch	時刻	120
Star drift	星流	236	Time interval	時間	120
Star ratio	恆星比	280	Time stars	時星	121
Stationary error			Torsion balance		
	局部誤差	55		扭轉天秤	47
Stationary point			Transit instrument		
	留點	148		中星儀	41
Structure of universe			Transit of mercury		
	宇宙構造	4		水星凌日	155

名詞索引

7

英名	中名	頁	英名	中名	頁
Pluto	冥王星	2	Regular nebula	規則星雲	256
Polar axis	極軸	34	Relative coordinates	相對座標	26
Polar caps	極冠	161	Retrograde motion	逆行	148
Position angle	方位角	26	Reversing layer	反瓣層	82
Positive eyepiece	正目鏡	28	Rice-grain structure	米粒組織	81
Practical astronomy	實用天文學	3	Rille	月谷	94
Praesepe	積尸增三	251	Right ascension	赤經	23
Preceding spot	先行黑子	75	Ring nebula	環狀星雲	256
Precession	歲差	62	Saros cycle	沙羅周期	119
Primary	主星	238	Satellites	衛星	2
Prime vertical	卯酉圈	22	Saturn	土星	2
Prominences	日珥	84	Selective absorption	選擇吸收	53
Proper motion	自行	15	Sextant	六分儀	140
Quadrature	方照	148	Shooting stars	流星	2
Quadruple star	四合星	238	Short period variables	短期變星	242
Quiescent prominences	寧靜日珥	84	Sidereal day	恆星日	120
Radial motion	視線運動	230	Sidereal month	恆星月	101
Radial velocity	視線速度	66	Sidereal period	恆星周期	150
Radiant point	輻射點	198	Sidereal rotation period	恆星自轉周期	77
Radiative equilibrium	輻射平衡	239	Sidereal time	恆星時	120
Rays (of the moon)	輻射紋	94	Sidereal year	恆星年	128
Reflecting telescope	返光遠鏡	27	Small circle	小圈	20
Refracting telescope	折光遠鏡	27	Smaller Magellanic cloud	小墨氏臘尼雲	247

英名	中名	頁	英名	中名	頁
Nodes	交點	98	Peculiar motion		
North pole	北極	22	Penumbra	本動	234
Nova, New stars			Perihelion	近日點	65
	新星	241	Period-luminosity curve		
Nova Herculis	武仙座新星	244		周期光度曲線	249
Nova Aquilae	No. 3		Period-luminosity law		
	天鵝座第3號			周期光度定律	248
	新星	242	Personal equation		
Nucleus	彗核	186		人差	38
Nutation of the earth axis			Perturbation		
	章動	16	Phobos	攝動	98
Objective	物鏡	27	Phoebe	火衛一	164
Objective prism				土衛九	182
	物端稜鏡	43	Photo-electric photometer		
Obliquity of the ecliptic				光電光度計	44
	黃赤交角	23	Photographic magnitude		
Occultation	月掩星	104		攝影星等	44
Old astronomy	舊天文學	3	Photometer	光度計	44
Open clusters	疏散星團	251	Photosphere	光球	81
Opposition	衝	148	Physical libration		
Optical double stars				真天平動	103
	視雙星	238	Physical double stars		
Outer ring	土星外環	179		真雙星	239
Pallas	第2號小行星	166	Physical universe		
Parallactic motion				真宇宙	295
	視差動	234	Planetary nebula		
Parallax	視差	16		行星狀星雲	255
Parallels of altitude			Planetary system		
	地平緯圈	21		行星系	145
Parallels of declination			Planetesimal hypothesis		
	赤緯圈	22		微星假說	291
Parallels of latitude			Planets	行星	2
	黃緯圈	25	Pleiades	昴星團	251
Parsec	秒差距	223			

英名	中名	頁	英名	中名	頁
Light equation	光差	69	Mean solar time	平太陽時	123
Light year	光年	223	Mean sun	平太陽	123
Line of nodes	交點線	151	Mercury	水星	2
Local mean time	地方平時	124	Meridian	子午圈	54
Local time	地方時	124	Meridian altitude method	子午圈地平緯度法	143
Local true time	地方真時	124	Meridian circle	子午儀	37
Long period variables	長期變星	241	Meridian plane	子午面	54
Longitude	經度	54	Meteoric shower	流星羣, 流星雨	198
Luminous nebula	光星雲	255	Meteorite	隕石	196
Lunar calendar	太陰曆	130	Meteorology	氣象學	6
Lunar eclipse	月食	106	Metonic cycle	默冬章	133
Lunar ecliptic limits	月食限	107	Mimas	土衛一	182
Lunar partial eclipse	月偏食	109	Minor planets	小行星	145
Lunar total eclipse	月全食	107	Mixed nebula	混星雲	255
Magellanic clouds	墨氏臘尼雲	17	Mira	蒭藁增二	244
Magnifying power	放大率	31	Moon	月亮	2
Magnitude ratio	星等比	225	Moon's path	白道	98
Mare	海	91	Mounting of telescope	遠鏡裝置	34
Mars	火星	2	Multiple stars	聚星	238
Mean noon	平午	123	Nadir	天底	20
Mean solar day	平太陽日	123	Nebula	星雲	2
			Nebular hypothesis	星雲假說	18
			Nebulium	氫	260
			Negative eyepiece	負目鏡	29
			Neptune	海王星	2
			New moon	新月	99



英名	中名	頁	英名	中名	頁
Galactic nebulae	銀河星雲	255	Hidalgo	第 944 號小行星	150
Galactic system	銀河系	232	Hilda	{ 第 153 號小行星 希爾達羣	170
Gallisto	木衛四	174	Horizon	地平	20
Ganymede	木衛三	174	Horizontal coordinates	地平座標	21
Gange-field	規定視野	16	Hour angle	時角	24
Gegenschein	對日照	185	Hour circle	時圈	22
General precession	總歲差	64	Hyades	畢星團	251
Geocentric latitude	地心緯度	55	Inferior conjunction	下合	147
Geo-coronium	地氦	51	Inferior planets	內行星	145
Geographical latitude	地理緯度	55	Inner ring	土星內環	179
Geoid	平均面	55	Interferometer	干涉儀	229
Giant star	巨星	229	Invar	鋼乏	42
Globular clusters	球狀星團	251	Io	木衛一	174
Great circle	大圈	20	Irregular nebula	不規則星雲	256
Greatest elongation	大距	147	Irregular variables	不規則變星	242
Great red spot	大赤斑	171	Island universe	島宇宙	276
Gregorian calendar	格列高里曆	134	Julian calendar	朱理安曆	133
Group of comets	彗星羣	196	Julian day	朱理安日	139
Guiding star	導星	34	Juno	第 3 號小行星	166
Guiding telescope	導遠鏡	34	Jupiter	木星	2
Head (of comets)	彗頭	186	Leap year day	閏年日	138
Heavenly bodies	天體	1	Librations in latitude	緯天平動	103
			Librations in longitude	經天平動	103

名詞索引

3

英名	中名	頁	英名	中名	頁
Declination axis	赤緯軸	34	Equatorial bulge	赤道隆起帶	61
Deimos	火衛二	164	Equatorial coordinates	赤道座標	24
Descending node	降交點	151	Equatorial parallax	赤輻視差	69
Descriptive astronomy	敘述天文學	5	Eros	第 433 號小行星	68,169
Diffuse nebula	彌漫星雲	255	Eruptive prominences	爆發日珥	84
Direct motion	順行	148	Europa	木衛二	174
Diurnal aberration	周日光行差	67	Evolution of stars	星體演化	5
Diurnal motion	周日運動	60	Extra-galactic nebulae	河外星雲	256
Doppler effect	杜拍那效應	77	Eye-and-ear method	耳目法	38
Double stars	雙星	2	Eyepiece	目鏡	27
Driving clock	轉儀鐘	34	Faculae	光斑	81
Earth	地球	2	Family of comets	彗星族	196
Earth-shine	地球反照	100	Finder	尋星鏡	34
Eccentricity	偏心率	98	First quarter	上弦	99
Eclipse year	食年	118	Fixed stars	恆星	2
Eclipsing variables	食變星	242	Flash	閃光	52
Ecliptic	黃道	22	Flash spectrum	閃光光譜	82
Ecliptic coordinates	黃道座標	25	Flocculi	譜斑	84
Effective temperature	有效溫度	79	Focal ratio	焦點比	33
Elements of the orbit	軌道根數	150	Following spot	隨後黑子	75
Elliptical nebula	橢圓星雲	256	Foucault's pendulum	佛科氏擺	58
Equation of time	時差	123	Full moon	望月	99
Equatorial	赤道儀	34	Galactic coordinates	銀河座標	26

英名	中名	頁	英名	中名	頁
Atmosphere	大氣	50	Chronometer	計時鐘	42
Atmospheric refraction	蒙氣差	52	Circle of longitude	黃經圈	25
Aurora	極光	50	Circumpolar method	拱極星法	142
Autumnal equinox	秋分點	23	Circumpolar star	拱極星	142
Azimuth	地平經度	21	Civil day	民用日	128
Binary stars	雙星	239	Civil time	民用時	128
Bipolar	雙極性黑子羣	74	Cluster variables	星團變星	247
Bode's law	波特定律	149	Color index	色指數	44
Callipus cycle	卡利波斯周	133	Coma (of a comet)	彗髮	188
Canals	運河	164	Comets	彗星	2
Cassegrainian telescope	蓋賽林式遠鏡	30	Companion	伴星	238
Cassini's division	噶西尼環縫	179	Comparison spectrum	比較光譜	43
Celestial equator	天球赤道	22	Complex	複極性黑子羣	74
Celestial latitude	黃緯	25	Conjunction	合	147
Celestial longitude	黃經	25	Constellations	星座	205
Celestial mechanics	天體力學	4	Corona	日冕	86
Celestial meridian	天球子午圈	22	Coronium	氦	87
Celestial poles	天極	22	Cosmogony	宇宙原始論	4
Celestial sphere	天球	19	Counter-glow	對日照	185
Cepheid variable	造父變星	241	Crape ring	土星暗環	179
Ceres	第1號小行星	166	Crater (of the moon)	圓形山	93
Chromosphere	色球	82	Crescent moon	蛾眉月	99
Chronograph	記時儀	33	Daily rate	每日行	42
			Dark nebula	暗星雲	255
			Date line	日界線	127
			Declination	赤緯	24

# 名 詞 索 引

英名	中名	頁	英名	中名	頁
Aberration of light	光行差	16	Ascending node	昇交點	151
Aberration constant	光行差常數	67	Asteroids	小行星	2,145
Absolute magnitude	絕對星等	227	Astraea	第5號小行星	163
Achromatic lens	消色透鏡	27	Astrographic catalogue	攝影星表	219
Algol variable	大陵變星	241	Astrographic charts	攝影星圖	218
Almagest	托雷密天文集	11,219	Astrometry	星象學	3
Altitude	地平緯度	21	Astronomical clock	天文鐘	42
Angular distance	角距	19	Astronomical day	天文日	128
Annual parallax	周年視差	66	Astronomical latitude	天文緯度	54
Annular eclipse	環食	113	Astronomical physics	天體物理學	4
Anomalistic year	近點年	129	Astronomical time	天文時	128
Aphelion	遠日點	65	Astronomical unit	天文單位	69
Apparent diameter	視直徑	19	Astronomy	天文學	1
Apparent noon	視午	121	Astrophotography	天體攝影學	4
Apparent solar day	視太陽日	121	Astrophotometry	天體光度學	4
Apparent solar time	視太陽時	121	Astrophysics	天體物理學	4
			Astrospectroscopy	天體分光學	4

中名	英名	頁	中名	英名	頁
十九畫			二十畫		
羅氏 (Ross)		36	蘭格利 (Langley)		98
羅克頁 (Norman Lockyer)		287	二十一畫		
羅素 (Russell)		80	霸斯 (Boys)		47

中名	英名	頁
基勒 (Keeler)		180
荷爾高達 (Holwarda)		246
淮斯 (Weiss)		200
勒未利挨 (Leverier)		182
勒麥 (Roemer)		176
亞平寧 (Apenines)		91
亞里斯多德 (Aristotle)		10
亞里斯塔卡 (Aristarchus)		10
培利 (Bailey)		254
培提 (Pettit)		98
培賴恩 (Perrine)		157

## 十二畫

第谷 (Tycho Brahe)		13
普拉斯開特 (Plaskot)		79
揚格 (Young)		115
腓 (Faye)		74
腓布利喜阿斯 (Fabricius)		244
奧古斯都愷撒 (Augustus Caesar)		134
奧維爾斯 (Auwers)		69
黑爾 (Hale)		73
黑腓利烏斯 (Hevelius)		246
黑爾姆荷爾茲 (Helmholtz)		80
菩恩 (Bowen)		260
菩斯 (Lewis Boss)		233
斯托麥 (Störmer)		51
斯來斐 (Slipher)		182
斯泰方 (Stefan)		79
斯泰平 (Stebbin)		250
斯特盧未 (Struve)		223
斯特羅姆堡 (Stromberg)		236
斯基阿巴累利 (Schiaparelli)		164

中名	英名	頁
<b>十三畫</b>		
愛丁頓 (Eddington)		117
福該爾 (Vogel)		220
頓林克 (Denning)		202
該拉西摩維克 (Gerasimovic)		282
靳斯 (Jeans)		286
塞基 (Secchi)		220
塞曼 (Zeeman)		73
雷克塞爾 (Lexell)		192
雷維特 (Miss Leavitt)		247

## 十四畫

葉凱士 (Yerkes)		28
赫麥特 (Hermert)		46
豪爾 (Asaph Hall)		164
維特 (Witt)		169
蒙塔那利 (Montanari)		250
蓬 (Bonn)		218
蓬文內克 (Pons-Winnecke)		188
蓬德 (Bond)		180

## 十五畫

賴特 (Wright)		185
德累挨 (Dreyer)		273
摩爾 (Moore)		234
摩爾吞 (Moulton)		291
摩爾豪斯 (Morehouse)		186

## 十六畫

邁開爾松 (Michelson)		229
邁爾 (Meyer)		274

中名	英名	頁	中名	英名	頁
法蘭克林阿丹斯 (Franklin-Adams)		218	哈布盧 (Hubble)		255
波克松 (Pogson)		225	哈佛 (Harvard)		56
波特 (Bode)		149	哈雷 (Halley)		186
彼阿齊 (Piazzi)		166	哈爾丁 (Harding)		166
彼刻林 (Pickering)		97	哈爾特威格 (Hartwig)		270
彼斯 (Pease)		229	<b>十 畫</b>		
拉普拉斯 (Laplace)		17	哥白尼 (Copernicus)		12
拉姆普蘭特 (Lampland)		160	哲夫利 (Jeffreys)		60
拉塞爾 (Lassell)		182	紐科姆 (Newcomb)		64
佛來銘夫人 (Mrs Fleming)		270	高加索 (Caucasus)		91
佛爾夫 (Wolf)		72	俾拉 (Biela)		192
佛爾夫累耶 (Wolf-Rayet)		221	射恩腓爾德 (Schoenfeld)		218
阿几蘭德 (Argelander)		218	倫德馬克 (Lundmark)		275
阿丹斯 (Adams)		183	埃拉托斯塞尼斯 (Eratosthenes)		10
阿利 (Airy)		183	埃彼克 (Oepik)		183
阿特肯 (Aitken)		239	格列高里十三世 (Gregory XIII)		134
阿善特 (Abbot)		80	格林尼治 (Greenwich)		41
阿爾卑斯 (Aips)		91	海根斯 (Huygens)		180
<b>九 畫</b>			海福爾德 (Hayford)		46
約翰侯失勒 (John Herschel)		17	馬阿內 (Van Maanen)		265
洛威爾 (Lowell)		155	馬斯開林 (Maskelyne)		47
美羅特 (Melotte)		176	威廉侯失勒 (William Herschel)		15
拜厄 (Bayer)		216	威爾星 (Wilsing)		95
柏恩哈姆 (Burnham)		239	威爾遜 (Wilson)		233
律頓 (Luyten)		282	威爾遜山 (Mt. Wilson)		233
科布楞茲 (Coblentz)		160	<b>十一 畫</b>		
科爾舒忒 (Kohlschütter)		223	累利 (Rayleigh)		53
俄利維埃 (Olivier)		202	莫得 (Maunder)		78
俄爾特 (J. H. Oort)		285	得盧利 (De Lury)		79
俄爾柏斯 (Olbers)		166	密勒 (Miller)		87
查利斯 (Challis)		183	晒納 (Scheiner)		95
查姆柏林 (Chamberlin)		291	達格拉斯 (Donglass)		164

## 專 名 索 引

中名	英名	頁	中名	英名	頁
<b>三 畫</b>			因格 (Encke)		188
于魯伯 (Ulgh Begh)		12	朱理亞愷撒 (Julius Caesar)		133
<b>四 畫</b>			西阿累斯 (Seares)		275
巴那德 (Barnard)		168	伊斯吞 (Easton)		283
巴格達德 (Bagdad)		12	多挨腓爾 (Doerfel)		91
什密特 (Schmidt)		95	托祿密 (Ptolemy)		11
什發茲柴爾德 (Schwarzschild)		190	<b>七 畫</b>		
什發培 (Schwabe)		71	利未蘭得 (Livländer)		183
夫蘭斯提 (Flamsteed)		216	沙普利 (Shapley)		248
<b>五 畫</b>			亨得松 (Henderson)		223
白塞爾 (F. W. Bessel)		16	亨開 (Hencke)		166
叩斯特納 (Küstner)		56	克拉克 (Clarke)		46
立克 (Lick)		157	克拉維斯 (Clavius)		93
尼科爾松 (Nicholson)		75	克盧革 (Krueger)		289
布拉德利 (Bradley)		15	克羅美林 (Crommelin)		117
布盧克斯 (Brooks)		192	希巴爾卡斯 (Hipparchus)		10
布朗 (Brown)		60	<b>八 畫</b>		
加里尼 (Galileo Galilei)		13	奈端 (Newton)		14
加爾 (Galle)		183	刻白爾 (Kepler)		13
卡文提什 (Cavendish)		47	武德瓦德 (Woodward)		49
卡姆培爾 (Campbell)		234	昌德勒 (Chandler)		56
卡普泰恩 (Kaptyné)		219	來布尼茲 (Leibnitz)		91
<b>六 畫</b>			歧爾 (Gill)		219
托姆普 (Tombaugh)		184	林內 (Linne)		95
			林德布拉德 (Lindblad)		285
			法斯 (Fath)		185





15278

中華民國二十八年六月再版

(51074.1)

☆自然科學  
小叢書  
天文學概論

每冊實價國幣壹元肆角

外埠酌加運費匯費

版權所  
翻印必究

編著者 陳遵媯

主編者 王雲五

長沙南正路

發行人 商務印書館

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館

(本書校對者王煊菴)

中G三二一八

港

3  
75/37  
(3)

