



天文觀測的

第一本書

只要擁有本書
星空將不再是屬於少數人的
遙不可及的神祕世界

傅學海◎著

臺北市立天文科學教育館 邱國光館長◎專文推薦
國立中央大學天文研究所 周 翊所長◎專文推薦

教育界熱情強推

白佩宜

國立新店高中
地球科學教師

江玉燕

台北市立明倫高中
地球科學教師

汪惠玲

國立新莊高中
地球科學教師

張亞君

台北縣立安康高中
地球科學教師

邵慶宇

台北縣立中平國中
地球科學教師

陳慧莉

台北市立弘道國中
地球科學教師

陳嘉隆

台北縣立安溪國中
地球科學教師

曾麗英

台北縣立明志國中
地球科學教師

盧招如

台北縣立新莊國中
地球科學教師

吳昌任

《追星族的天空奇緣》
作者

林詩怡

《追星族的天空奇緣》
作者

沈柏君

國立政治大學
天文社社長

吳念庭

中山女中地球科學
研習社第16屆社長

黃開洋

建國中學天文社
第29屆社長

傅鈺鈞

新竹女中
天文社社長

簡振淇

國際科學奧林匹亞
競賽金牌得主

天文觀測

第一本書

天文觀測的基礎知識與實踐

第一章

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

天文觀測的意義

第二章

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

天文觀測的儀器

第三章

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

天文觀測的數據

第四章

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用

天文觀測的應用



天文觀測的第一本書

傅學海◎著

推薦序	歡迎參加星空饗宴之旅	邱國光	3
推薦序	一本教人意猶未盡的天文入門書	周 翊	4
第一章	觀星之旅行前說明會		5
第二章	天文是一門實用的科學		19
第三章	天文學從觀測太陽開始		32
第四章	電子星象館與天文觀測		47
第五章	天文望遠鏡		60
第六章	數位相機與天文攝影		72
第七章	CCD入門與光度濾鏡		85
第八章	變星的故事與變星觀測		100
第九章	留名星宿		117
第十章	業餘天文家		127
附 錄	2010-2020必看天文現象		139



《天文觀測的第一本書》版權頁

作 者 傅學海
企 畫 選 書 陳穎青
責 任 編 輯 陳妍姝
協 力 編 輯 莊雪珠
校 對 魏秋綱
美 術 編 輯 張曉君
封 面 設 計 張曉君
行 銷 業 務 楊芷芸 林欣儀 鍾欣怡
主 編 陳穎青
總 編 謝宜英
社 長 陳穎青
出 版 貓頭鷹出版
發 行 人 涂玉雲
發 行 英屬蓋曼群島商家庭傳媒股份有限公司城邦分公司

104台北市民生東路二段141號11樓

畫撥帳號：19863813；戶名：書虫股份有限公司

城邦讀書花園：www.cite.com.tw

購書服務信箱：service@readingclub.com.tw

購書服務專線：02-25007718～1（週一至週五上午09:30-12:00；下午13:30-17:00）

香港發行所 24小時傳真專線：02-25001990；25001991

馬新發行所 城邦（香港）出版集團／電話：852-25086231／傳真：852-25789337

印 製 廠 城邦（馬新）出版集團／電話：603-90563833／傳真：603-90562833

初 版 五洲彩色製版印刷股份有限公司

定 價 2010年1月

新台幣299元／港幣100元

ISBN：978-986-262-005-2

有著作權・侵害必究

讀者意見信箱：owl@cph.com.tw

貓頭鷹知識網：www.owlsworld.com

歡迎上網訂購；大量團購請洽專線(02)2500-1965轉2729

國家圖書館出版品預行編目資料

天文觀測的第一本書 / 傅學海作. -- 初版. --
臺北市：貓頭鷹出版：家庭傳媒城邦分公司
發行, 2010.01

面；公分

ISBN 978-986-262-005-2（平裝）

1. 實用天文學 2. 觀星

322

98025242

歡迎參加星空饗宴之旅

天文學是一門以觀測為基礎的科學，仰望穹蒼日月星辰的變化，藉由觀測記錄的歸納整理，了解浩瀚宇宙的奧祕，古以觀天象授四時，為農耕、曆法的依據，現今以先進的儀器觀測星空，探討宇宙生命的起源，了解大自然的真相，由畏天、敬天到知天，因此天文觀測是揭開宇宙神祕面紗的必要手段，值得深入研究學習。

《天文觀測的第一本書》以星空饗宴之旅的方式，引領讀者從基本常識進入觀測之門，從大家最感興趣的西洋星座和中國星官切入；觀察到斗轉星移、日出、月落的規律性，體會出天地人的密切關係；觀測太陽得知太陽是一顆恆星，帶給地球光和熱，是萬事萬物的生命泉源。因為天文觀測的重要工具——望遠鏡的發明，由眼睛觀察天象變化躍升成應用工具觀測星體的結構，利用攝影技術將星團、星雲和星系的美艷形態留存記錄，是星空之旅的一大饗宴。

天文觀測初步是認識夜空中的星星，而必備的傳統教具是星座盤，如今拜電腦和網路之賜，本書特別介紹隨手可得的數位電子星座盤——星象館軟體，著名的有Stellarium和Google sky，軟體執行後就像把天空搬到電腦螢幕上，可模擬任何時代、時間、地點的星空，書中並提到古文或詩經所述的天文現象是否合理，推知古代文人雅士，在天文觀測上的功夫和正確性，或許是作者——「傅老」對古文的另一種賞析。

天文觀測首重記錄，無垠的星空未知的星體何其多，將觀測到的景象立即記錄起來，比對以前的資料，可能會發現新的星體，就有機會留名天上，但必先有先進的觀測工具和記錄方法才能成功，本書雖然是天文觀測的第一本書，在記錄方法上著墨很多，譬如變星如何觀測和介紹電子式數位相機、攝錄機等，如果想成為出色的天文觀測者，或「上通天文、下知地理」的博學之士，此書是天文觀測者必讀的第一本書。

天文科學教育館館長 邱國光

一本教人意猶未盡的天文入門書

在人類研究的眾多學問中，大概很少像天文學這般具備如此多樣性的面貌。天文離你很「近」，舉凡日夜更替、四季循環、氣候變化與潮汐漲落，都與太陽、月球與地球的相對位置和運動有關。天文也離你很「遠」，以現代的技術，人類已可偵測到百億年前發出的星光，去觀測一百多億年前宇宙剛生成時的現象。

天文很「古老」，所有的古文明都有其對天文現象的研究與闡釋，他們定出曆法以調節生活作息與農作。天文也很「現代」，人類的觀測已由可見光波段，進展到全波段的觀測，未來重力波與微中子也將成為我們探索宇宙的工具。

天文很「浪漫」，古人常將天文現象放入神話與詩詞歌賦中，直至今日仍是藝文創作的重要元素之一。天文也很「理性」，要充分了解並研究天文現象，必須具備深厚的物理與數學基礎，近年來除天文物理外，「天文化學」與「天生物學」等研究主題的出現，更代表了天文學與基礎科學的連結愈來愈廣。

天文很「神秘」，許多古文明都曾利用天象占卜人事，預測禍福，時至今日，還是有許多人相信星座與個性、運勢有關。但天文學是很「科學」的，在科學發展史上，天文學往往引領著物理學與數學的新進展，而近年來在天文學上所發現的暗物質與暗能量，或許是引爆下一階段物理大發現的導火線。

不管用什麼角度看待天文學，它都是一門觀測的科學，天文觀測可以很「簡單」又「便宜」，我們的雙眼就是一副「望遠鏡」，單憑肉眼就可看到六等星，只要天氣晴朗，抬頭仰望天空就有機會看到金星、火星及其他較明亮的星星。天文觀測也可以很「複雜」與「昂貴」，許多先進國家為了追求宇宙奧秘，往往不惜投資大量金錢，去研發新一代的望遠鏡。觀測地點也從地面，到極寒苦的高原與極地，甚至於外太空。

天文學是如此奇特，它可以高供在學術殿堂，也可在家輕鬆「賞玩」。在台灣，身居於學術殿堂，又能把天文學「玩」得如此精彩的人，實在屈指可數，而傅學海教授絕對是其中的佼佼者。這本《天文觀測的第一本書》從古代天文學到簡易的日月星辰觀測，介紹了望遠鏡的原理後，從簡單的天文攝影，到利用靈敏度較高的電子相機來做天文觀測，都有清楚的說明。書中對一些有趣的天體，諸如變星、彗星與小行星也有所涉獵，還介紹了電子星象館。最後本書提到國內外業餘天文學家的成就，這代表著業餘天文學家不僅僅是「玩」而已，他們也對科學研究做出重大貢獻。對於喜好天文但又不知從何開始的人，這是一本必看之書。如果要對本書有所挑剔的話，我想那就是由於篇幅限制，讓人有意猶未盡之感，因為以我對傅老師的認識，我想他「玩」天文的功力絕不僅只於此，我猜想許多讀者在看完本書後應會與我有同樣想法：期待傅老師的「天文觀測的第二本書」及早問世。

第一章

觀星之旅行前說明會

做一件事，從「事前的準備」就可以預見「結果的品質」，因此做好準備是成功的開始。就像旅行一樣，想知道天文，想進行天文觀測，需要知道一些「星空的背景常識」，才能享受賞玩星空的樂趣。本文就是一場「行前說明」，介紹內容包括星座的故事、星星的顏色與亮度等等，讓想要進行天文觀測的人能享受這場「星空饗宴」之旅。



獅子座

星座的起源與發展

星空是美麗且動人的，從古至今吸引了無數文人騷客歌詠頌讚，其中星座更搭配了形形色色的神話故事，吸引了許多人。古今中外，各民族都依據自己的信仰與文化來畫分群星，並附會一些引人入勝的神話。兩千多年前的古希臘人在漫漫長夜裡仰望星空，將這些光點串連成圖像，稱為「星座」，同時賦予神話故事，使得星空充滿浪漫的氣息。

依據出土的文物與歷史記載，有些星座可以上溯

到五千多年前。在美索不達米亞（Mesopotamia）流域出土的楔形文字泥版上，已有黃道12星座的圖像。這些星座經巴比倫、埃及、希臘等古文明的洗禮，又添加了一些星座。

埃及的亞歷山大港在西元二世紀時成為西方學術文化重心，當代天文學家托勒密（Ptolemy）集天文學大成並建構自己的宇宙體系，完成一套巨著《天文學大成》（Almagest，此為阿拉伯文，意為偉大之書），書中已載有48個星座，其中獅子座、金牛座等星座可追溯到西元前一千多年的古巴比倫時代。歐洲在十四世紀文藝復興以後，科學昌明，天上也跟著出現一些器具星座，比如顯微鏡、羅盤、六分儀等等。此時期航海發達，隨著船隊進入南半球，進而增添了一些南天的新星座，諸如杜鵑、天燕等星座。

天空中的世界並不屬於任何人，各民族都有自己的星座畫分。古人觀星玩斗，都是把群星串成星座，星座與星座之間並沒有界線。文明跨入二十世紀後，天文成為一門專門學問，所有天空區域都經過詳細觀



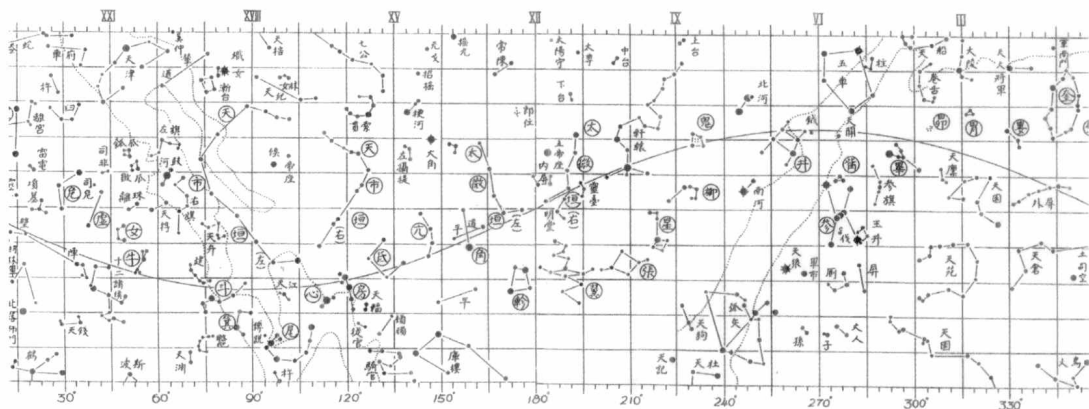
金牛座



記載的天象來推算，成書年代可追溯到四千七百多年前。在我國出土的文物中，西元前十四至前十三世紀殷商時期的甲骨文是目前所知最古老的文字之一，其中已有「心」、「火」、「鳥」等星名與天干地支的記載。

到了周朝末期的春秋戰國時代，天文已有相當的規模，漢朝以後，天文記錄已經相當完備。漢朝太史公司馬遷《史記》中記載的天上星宿畫分，大致流傳至今。另外，司馬遷在《史記》中將星象歸為天官書，把曆法歸為曆書，此後正史也一直沿用此例，將天象、曆算分別記載。

中國的「星官」相當於西方的星座，《史記·天官書》中的星官共有91個，包括五百多顆恆星。天上群星被畫分為東官、南官、西官、北官、中官五個天區，中官為天北極附近區域，東南西北四官又分別畫分為七宿，共廿八星宿。隋朝的丹元子做《步天歌》時，星象已確定分為三垣、四象、廿八宿。



天球赤道南北50度之中國星圖（太微垣、天市垣與28宿）

廿八宿起源甚早，但直到了《史記》天官書才算完備。中國大陸於1978年在湖北隨縣（今隨州市）發掘一座戰國時代的古墓，由其中一件銅器上的銘文，了解這銅器是楚惠王56年（西元前433年）賜給墓主曾侯乙的；出土文物中還有一個兩端繪有青龍、白虎的漆箱蓋，周圍有廿八宿的名稱，顯示廿八宿的形成應在戰國時代以前。

三垣分別是紫微垣、太微垣與天市垣，是在中原地區所見環繞天北極及比較靠近頭頂的天空星象。紫微、太微、天市三區，各有東西兩蕃的星圍繞成牆垣狀，因而稱「垣」。其中紫微垣象徵皇帝京城所在，所以其間的星名也反映了人間天子統治的象徵，例如太子、后妃、文昌、天廚……

與天北極相距較遠的天球赤道一帶的星空，畫分為四象，分屬四種靈獸，每一象又分為七個宿，四象共廿八宿。象徵著在野的草莽平民，所以星名都是狼、廁…等。相傳三十六天罡、七十二地煞共一百零八星都來自二十八星宿的天區。

朱雀一般稱朱鳥。玄武中的玄是黑的意思，武是烏龜，通常都畫成龜蛇纏繞之像。蘇東坡在〈赤壁賦〉中所言：「明月升於東山之上，徘徊於斗、牛之

天球赤道

天球是指以地球球心為中心，半徑無限大的假想圓球；而地球赤道往外投射至天球上所形成的大圓，即為「天球赤道」。天球也採用類似地球的經緯度系統：東西向為赤經，南北向為赤緯。以赤經和赤緯來標示天球上位置的座標系統，就是天球赤道座標。

中國古代雖有黃道座標，但以天球赤道座標為主，分為廿八宿。但是經過兩千多年，由於地軸歲差的移動，天球赤道已經與古代有所差異。

四象廿八宿

方位	代表靈獸	星宿名
東方	蒼龍	角、亢、氐、房、心、尾、箕
南方	朱雀	井、鬼、柳、星、張、翼、轸
西方	白虎	奎、婁、胃、昂、畢、觜、參
北方	玄武（龜蛇纏繞）	斗、牛、女、虛、危、室、壁



人馬座



中國星官之南斗六星，在中國民間故事中為南斗星君。

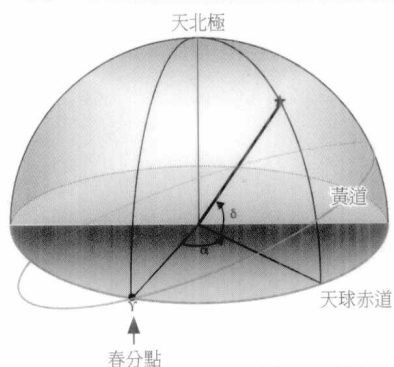
間」的斗、牛，就是指北方玄武中的斗宿與牛宿，相當於人馬座的區域。其中斗宿由六顆星組成，排列方式與北斗七星類似，因位於南方，又稱「南斗六」，與紫微垣中的北斗七星遙遙相對。民間及道教信仰有「南斗注生、北斗注死」的說法，認為南斗與北斗分別掌管世人生死之事。

恆星的名字

如同萬物走獸一樣，人類也為天上的星星命名。天空中明亮的恆星，自古就引人注目，也都有專屬的名字；這些名稱主要源自古希臘、阿拉伯、巴比倫與中國等古文明國，通常與神話、宗教、民族文化有關，而且大都附有動人的神話或傳說。以北天最亮的恆星來說，常在夏、秋兩季的晚上看見，中國稱「織女」，西方稱Vega；中文名是因附近群星像個織布的梭子，西名Vega是拉丁語，由阿拉伯文

凡事都有例外，星星的命名也一樣，有時會遷就星座形狀，例如北斗七星的命名就採前後順序而不是以明亮順序。另外，恆星中有些是亮度會變化的變星，這也會影響到原先的亮度順序。例如天琴座第二亮星「天琴 β 」就是一顆變星，有時它的亮度會暗到成為天琴座中第三亮的星星，但還是稱為天琴 β 。

希臘字母共有24個，用於一般觀星已經足夠，但對於天文研究就太少了，所以天文學家發展出其他命名方法，其中大都是用數字來命名。英國第一位皇家天文學家，也是格林威治天文台的建立者佛萊明史帝（John Flamsteed）則使用星座為姓、數字為名的命名方式：在一個星座中，由最東邊起，依序往西，用1、2、3、4……來命名。此法仍然廣為天文圈所採用。



天球赤道座標

以天球赤道、天北極為參考點之座標系統。天球上每一個位置都可以用以赤經（right ascension, α ）、赤緯（declination, δ ）表之，記為（ α , δ ）。赤緯以天球赤道作為參考面，定義為赤緯零度，分別往北天、南天移動，至天北極、南天極為止；北天球之赤緯為「+」，南天球之赤緯為「-」，所以天北極之赤緯為「 $+90^\circ$ 」，南天極之赤緯為「 -90° 」。赤經則以春分點為參考點，定為零度，由東向西繞一圈 360° 度。

春分點為天球赤道與黃道之升交點，以符號 γ 表之。 γ 為白羊座之符號，約在三千多年以前巴比倫時代，太陽在春分時位於白羊座，所以用白羊座的符號代表春分點。由於歲差的關係，目前太陽在春分時位於雙魚座，但是仍然保留了 γ 符號。

在天文上，習慣將【赤經】用「時、分、秒（h、m、s）」表之，【赤緯】以「度、角分、角秒（ $^\circ$ 、'、''）」表之。一個圓為 $360^\circ=24^h$ ，所以 $1^h=15^\circ$ ， $1^m=15'$ ， $1^s=15''$ 。

星座與季節

白天陽光在大氣散射下，使得天空明亮耀眼而無法看見星星。隨著季節變遷，夜晚的星星也會跟著轉移，整個晚上隨著星星東升西落，可以看到全天一半左右的星座。習慣上，人們會將前半夜比較容易看見且適合觀賞的星座稱為當季星座，當然這只是個概略區分，其實整個晚上都可看到不同季節的星座，即使在十月的晚上也可以看到夏夜的織女星。

從太空中看地球繞太陽的情形，比較容易了解星座隨季節轉換的情形。我們只能看到背向太陽的群星，配合地球繞太陽公轉，隨著不同月份，我們會看到不同的星座，一年輪替一次。

當我們仰望夜空時，常常有幾顆明亮的恆星先擄獲了我們的眼光，然後才會再留意到其他比較暗的星星。因此一般人觀星，通常會從大而明顯的星座開始，再轉向附近比較暗或小的星座。例如夏天晚上，入夜後群星還沒顯現，抬頭便能看到三顆明亮的恆星，大致形成一個直角三角形，稱為「夏天大三角」。其中最亮的一顆星是織女星，隔著銀河相對的是牛郎星；第三顆沉浸在銀河中的是天津四。織女是天琴座的主星，牛郎是天鷹座的主星，天津四是天鵝座的主星。通常一眼抓住這三顆星後，可以再慢慢辨認天琴座、天鷹座、天鵝座，接著再辨認海豚、天箭這些小星座。

同樣的，「春天大三角」與「冬天大三角」就成為春夜與冬夜的指標。秋天的星空比較少明亮的恆星，飛馬座中的三顆星與仙女座中的一顆星，排列成

四季主要星座

季節	可以看到的星座
春	大熊、小熊、獅子、獵犬、牧夫、天龍、室女、后髮、長蛇
夏	天鷹、天琴、天鵝、天龍、武仙、北冕、天蠍、人馬、仙王
秋	仙后、仙女、飛馬、英仙、摩羯、寶瓶、雙魚、鯨魚、白羊
冬	獵戶、大犬、小犬、金牛、雙子、巨蟹、御夫、天兔、波江



夏天大三角



冬天大三角

顯眼的四邊形，成為秋天的指標四邊形。

冬天漫漫長夜，亮星特別多，整個晚上都可看到九至十顆明星。獵戶、雙子、金牛、御夫……都屬於巨大型的星座，成員都比較亮，很容易辨認。因此，觀星人常說冬夜星光燦爛，是適合新手觀星的季節。

在冬天入夜以後，仰望天空很容易看見「冬天大三角」，其中最亮的天狼星，也是全天最亮的恆星。雖然天狼星很搶眼，但是最顯眼的星座還是獵戶座。找到獵戶座以後，就比較容易依序去找天兔、麒麟這些較小又較不明顯的星座。

天體的亮度與星等

天文學家用星等來描述天體的亮度，眼睛能看到的 darkest 亮度，大約是六星等的星星。至於恆星的顏色則反映了它們的表面溫度，紅色星溫度最低，黃色星溫度較高，青白色星溫度最高。

星星的亮度、顏色差異頗大，織女、天狼等星，顏色呈現藍白；參宿四、心宿二等星顏色火紅。有些星星的亮度暗到似有若無，銀河中星星密集。我們的好奇心因此被啟動，星星為什麼會有不同顏色？為什麼有的亮、有的暗？天上到底有多少星星呢？勾引出了好奇心，才會想要研究探討，進而發展成一門學問——天文學。

在夜空中閃爍的星星，有些明亮到即使是燈火輝煌的台北市都看得見，但是也有許多黯淡的星星，一定要到高山海邊沒有光害的地方才能看見。星星的亮度各有不同，古希臘天文學家依巴谷斯

(Hipparchus) 是第一個將星星的亮度加以定義的人，他在西元前150年左右，將天上用肉眼能看到的星星，由亮到暗分為六個等級。全天最亮的20顆明星列為第一等級，次亮的星星為第二等級……。大約三百年後，埃及亞歷山大港的托勒密把他的方法推廣，將星星亮度分為六個星等，最亮的恆星亮度為一星等，眼睛能見最暗的恆星亮度為六星等，這個觀念一直沿用到今天。

習慣上，亮度為一星等的恆星簡稱為一等星；全天最亮的20顆明星屬於一等星。比一等星暗的星星為二等星，比二等星暗的星星為三等星……以此類推，並將恆星一一標上星等，記錄在流傳下來的星圖上。望遠鏡發明後，能看到更暗的星星，推廣星等的定義，比六等星暗的星星為七等星，然後是八等星、九等星……

星星的亮度是很重要的物理量，觀測星星的亮度在天文學中占有相當的分量。天文學家在十八世紀中葉開始精確的測量星光亮度，好幾位辛勤觀測的天文學家，如赫瑟爾 (William Herschel)、哈雷 (Edmund Halley) 等人，都認為一等星約比六等星亮100倍，所以英國學者波克松 (N. Pogson) 在1856

星等與亮度

在18世紀中葉，天文學家開始精確而量化的測量恆星的亮度，英國人威廉·赫瑟爾 (William Herschel) 以及其他天文學家都認為一等星大約比六等星亮一百倍，英國人波克松 (N. Pogson) 在1856年建議明定一等星比六等星亮一百倍。到了19世紀，生理學家發現人類對光線亮度的知覺感應為算數級數；也就是說，亮度 (I) 與星等 (m) 之間的關係為 $I \propto a^m$

令星等為1的亮度為 I_1 ，星等6的亮度為 I_6 ，則 $I_1/I_6 = 100$ 。依據上式則

$$I_1/I_6 = a^{1/6} = a^5$$

將 $I_1/I_6 = 100$ 代入，得 $a^5 = 100$

$$\therefore a = 10^{25} \sim 2.512$$

亮度是實際觀測到的天體亮度，所對應之星等稱為「視星等」；而光度是天體本身所發出的真正亮度。亮度與距離有關，而光度與距離無關。同一顆恆星距離愈遠，亮度愈暗，視星等的數值也愈大；但是它的光度都相同。將天體安置在32.59光年處之星等，稱為「絕對星等」，反映了天體的光度。

四季明顯的星空指標

季節性星空指標	西洋星座名	中國星座名
春天大三角	室女座 α 、獅子座 β 、牧夫座 α	角宿一、五帝座一、大角
夏天大三角	天琴座 α 、天鷹座 α 、天鵝座 α	織女星、牛郎星、天津四
秋天四邊形	飛馬座 α 、飛馬座 β 、飛馬座 γ 、仙女座 α	
冬天大三角	獵戶座 α 、大犬座 α 、小犬座 α	參宿四、天狼、南河三