

1



第一章 天文學的演進與影響

1-1 天文學的緣起

1-2 天文學的演進

1-3 天文學在中國的發展

日夜為何得以規律交互輪替？天到底有多高？閃亮的星星是什麼東西？漆黑的夜空有多深邃？我們從哪裡來？將往何處去？這一切有起點、終點嗎？這些問題自有人類以來，就不斷出現，也深深影響了人類社會、思想的發展（圖 1-1）。生活上的實際需要加上好奇心，人類很自然的試圖了解天文現象。



圖 1-1 我國古代將宇宙天體的次序結構與封建等級的社會制度相對應。圖示為漢武梁祠石刻，象徵天帝的星座位於北極星附近，位置不動，周圍為皇族、將相，臣民則拱皇帝而行，北斗七星成為天帝的座車。

1-1 天文學的緣起

天文學緣起於人類生活的需要以及對大自然的天生好奇。人們日出而作，日落而息，逐明月而夜間狩獵，生活與天體運行息息相關。人們掌握了日夜交替與月相盈虧圓缺的規律，有了生活中最基本的時間尺度。

隨著漁獵、游牧而農耕的生活方式，人們開始注意大自然寒暑更迭、植物枯榮、潮水漲落、動物出沒的規律性。這些環境的改變，對於農業生產和游牧活動有明顯的影響，因而促使了對季節變化的掌握。人們在觀察動、植物的生態，以及季節變化時，同時也發現不同的季節裡，天空出現的星象也呈規律性變化，而有了年的觀念。人類在生活中逐步累積經驗，逐漸認識自然，文明也跟著不斷提升，對宇宙天體的知識也隨著觀測資料累積與人類文明進步而發展。

1-2 天文學的演進

最早的天文學以觀察天象為主，像是太陽的升落、月球的盈虧、四季的更替。而要適當安排這些關係，就得編制曆法，也就是所謂「觀象授時」。

1-2.1 觀象授時與曆法

天文學啟蒙的重要原動力來自古人對於精確測量時間的渴望。我們日常使用的基本計時單位，皆源自天體的規律運動。最古老的計時工具是日晷（圖 1-2），而早在中國夏朝以及巴比倫時代，就已經利用圭表測量日影長短來計時。有了基本時間單位後，人們便不再仰賴陽光，而能利用沙漏、水滴等工具來計時（圖 1-3）。



圖 1-2 日晷是最古老，也是最簡單的計時工具。

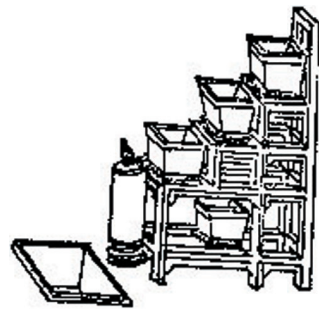


圖 1-3 水鐘是機械計時器。

不同的民族發展出不同的曆法，大致可分為三大類：陽曆以太陽的視運動（兩次太陽在天空相同位置相隔的時間）為依據，而不考慮月球的運動，現行使用的公（國）曆即是。陰曆則以月球的視運動（兩次相同月相相隔的時間）為依據，現行的回曆即是。第三種就是陰陽合曆，既考慮太陽的周年視運動，也考慮月球的朔望周期，我國使用的農曆即是。

曆法的複雜在於年、月、日等單位，彼此間並非簡單的整數關係。最早的曆法一年從 354 到 365 天都有。五千年前，巴比倫人結合月球與太陽的運行，制定了陰陽曆，一年分成 12 個月，每個月 30 天，因此一年共有 360 天。這也是圓周為 360 度的起源，如今使用度的小圈圈符號（°）就代表太陽。埃及人首先使用太陽曆，一年 365 天，但是仍舊有 12 個月，每月 30 天，因此多出了 5 天。埃及人已經知道一年其實應該是 365 天又 6 小時，因此每隔 4 年就需多加一天，成為閏年，以使曆法與天體運行一致。

中國早在黃帝時期，就已經利用日出時翻過一片竹片的方法來記載時間。尚書中便記載了當時的天官羲和觀察日月星辰，以判定節氣，並已瞭解到一年的長度為 366 天。殷商時代（西元前 16~11 世紀）利用六十干支計日，並使用陰陽曆，包括複雜的大、小月、閏月等。到了春秋時代，19 年置 7 閏月的曆法已然成型。

從觀察天象到編曆授時，從仰觀天體位置變化到研究天體運動，人類一步步揭開宇宙的奧秘。時至今日，隨著觀測設備的進步，天文學的研究範疇，從太陽系中的小型天體，到百億光年之外的星系；從瞬息萬變的流星，到宇宙本身的誕生與演化。現代的天文學研究，結合了科學知識與科技的發展，成為最具挑戰性的研究領域之一。

1-2.2 觀測儀器的演進

早期天文觀測以目視為主，輔以天文儀器。上古時代人們就已經藉由測量規律的日影變化來測定時刻。中國最古老而又最簡單的天文儀器，便是直立在地面的標竿（稱為表），以及正南、北方向平放的尺（稱為圭），用以標定每天正午時刻，同時確定每年的節氣以及天體過中天的時刻（

圖 1-4)。依照古籍推測，可能早在西元前 15 世紀，人們已經掌握了立表測影的方法。

渾儀是古代觀測天體位置的重要儀器，可以測定天體的座標（圖 1-5）。渾象則是用來表演天體視運動的儀器，與當今的天球儀雷同。這類演示性的儀器常被稱為渾天象，或稱為渾天儀。張衡製造的著名渾天儀「渾象」（圖 1-6）具備機械傳動裝置，以漏壺流水為動力，使渾象轉動與天球運轉同步，有如機械天文鐘與日曆，為我國儀器工藝的重大成就。



圖 1-4 置於北京古觀象台的圭表，建於明正統二年至七年（西元1437～1442年），利用日影長短的規律變化來測定時刻、方向與節氣。



圖 1-5 北京古觀象台中的渾儀。

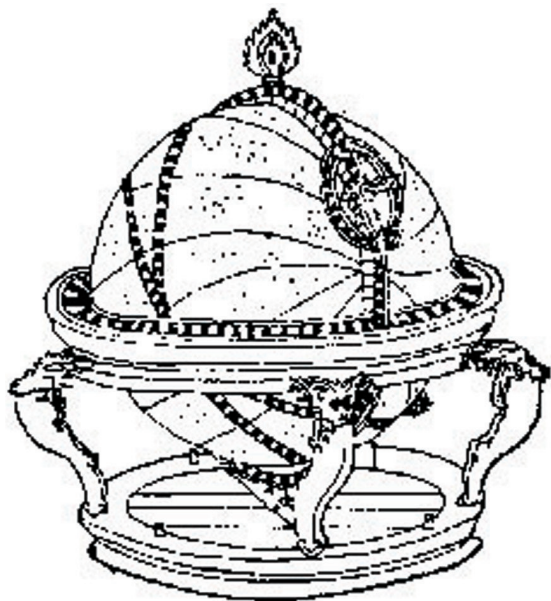


圖 1-6 張衡與渾象。

蘇頌、韓公廉在北宋元祐七年（西元 1092 年）製作「水運儀象台」（圖 1-7），是結合渾儀、渾象、計時和報時三種裝置的大型天文儀器，堪稱中國歷史上最宏偉、複雜的儀器，是我國工藝技術達到高水準的另一個標誌。在哥白尼之前，我國的古天文儀器是舉世無雙的。

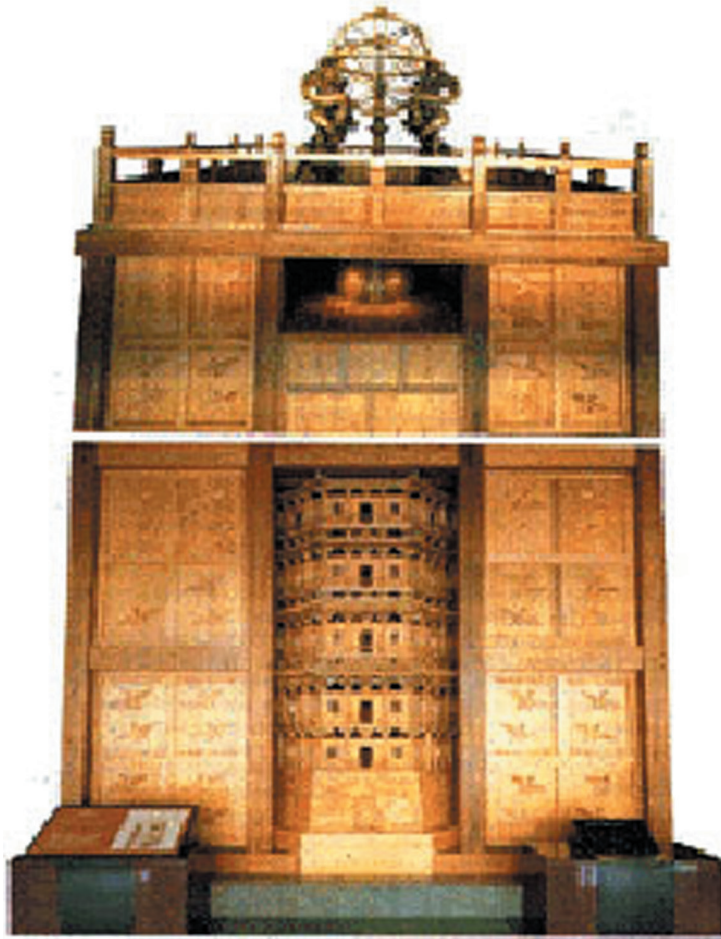


圖 1-7 臺中國立自然科學博物館的水運儀象台複製品。

亞洲西部兩河流域的巴比倫人，在西元前一千七百多年前左右，就已經發明了日晷和漏壺，且統一了曆法，能由長期的天象觀測所累積的天文知識來預告日、月食。埃及人也早已使用圭表和日晷，並有自己的曆法。希臘在西元前二世紀左右，以月亮的圓缺來定月，以太陽的周年變化來定年，曆法全都是陰陽曆。

哥白尼（Nicolaus Copernicus，西元 1473～1543；圖 1-8）為了從事天文研究，曾自己製造四分儀、三角儀，及等高儀來測定天體的位置，並有自己觀測用的天文台。第谷（Tycho Brahe，1546～1601）在 1572 年發現歐洲首次記錄到的新星，且在 1576 年建立了一座配備精密觀測儀器的天文台，並曾創製赤道式的天文儀器（圖 1-9）。在十七世紀之前，天文學是在沒有任何光學儀器幫助下發展的。

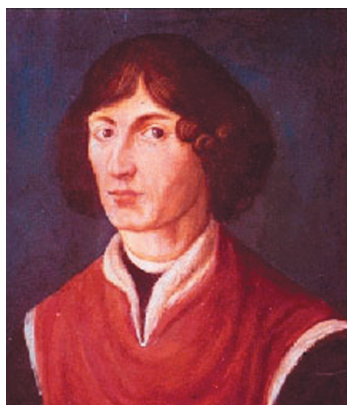


圖 1-8 哥白尼首先提出詳細的日心地動學說，主張包括地球在內的所有行星都繞行太陽運動。



圖 1-9 第谷利用自製天文台內的精密儀器準確測量天體的位置。這座天文台內並沒有望遠鏡，因為當時還沒有發明望遠鏡。

伽立略（Galileo Galilei，1564～1642；圖 1-10）首先使用望遠鏡從事天文觀測，獲得許多重大發現，在天文學發展史開闢了新紀元。而牛頓（Isaac Newton，1642～1727；圖 1-11）除了在數學與物理學的重大貢獻外，則利用凹面鏡聚光成像的原理，設計了新的反射式望遠鏡。



圖 1-10 伽立略。

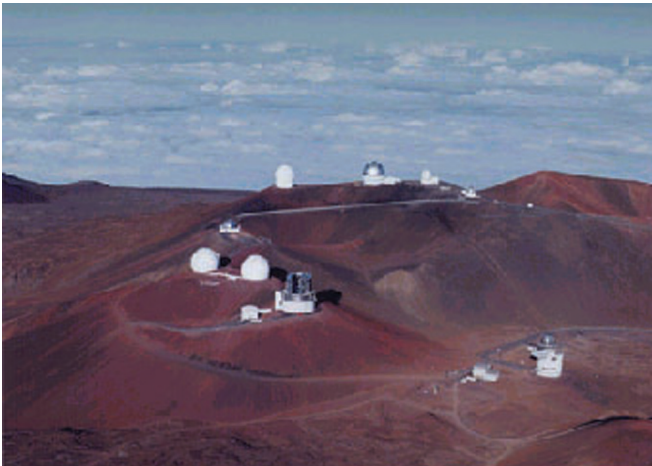


圖 1-11 牛頓。

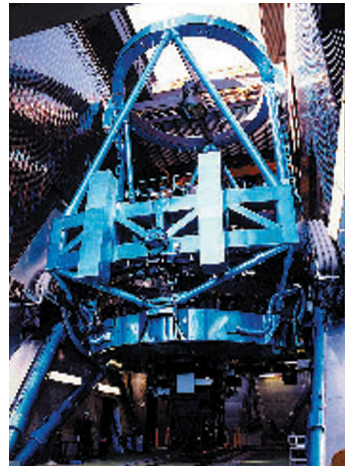
高中選修地球科學(下)

進入廿世紀後，大型望遠鏡相繼投入研究工作（圖 1-12(a)、(b)），如今已有多座口徑 8~10 公尺的光學望遠鏡開始運作。二次大戰時，無線電波望遠鏡問世，之後多座電波望遠鏡組成干涉儀，大為提高分辨力。廿世紀中葉，人類足跡首度踏上月球（圖 1-12(c)）。到了廿世紀末期，人們把望遠鏡送上太空，（圖 1-12(d)）。天文研究隨著儀器的精進，以嶄新的面貌走入新的世紀。

(a)



(b)



(c)



(d)



圖 1-12 (a) 美國夏威夷島高山上觀測條件良好，放置了多座國際大型望遠鏡。
(b) 夏威夷島的日本國家天文台，口徑 8.3 公尺的光學望遠鏡。
(c) 人類已經登上月球，逐漸把足跡邁向地球以外的世界。圖為人類踏上月球的第一個腳印。
(d) 如今人類已經把望遠鏡放入太空，研究宇宙天體，圖為環繞在地球軌道上的哈柏太空望遠鏡

1-2.3 宇宙觀的演進

宇宙論是研究宇宙結構與演化的學科。淮南子云：「上下四方曰宇，古往今來曰宙」，亦即宇與宙分別表示空間與時間。空間和時間的概念，隨著我們對宇宙的了解而更迭，宇宙的界限，也隨著天文學的進步而逐漸擴大。

古人認為地球是宇宙的中心（圖 1-13），因為觀察到太陽在天空運行的速度，隨季節快慢不一，而提出複雜的天體運行模型。

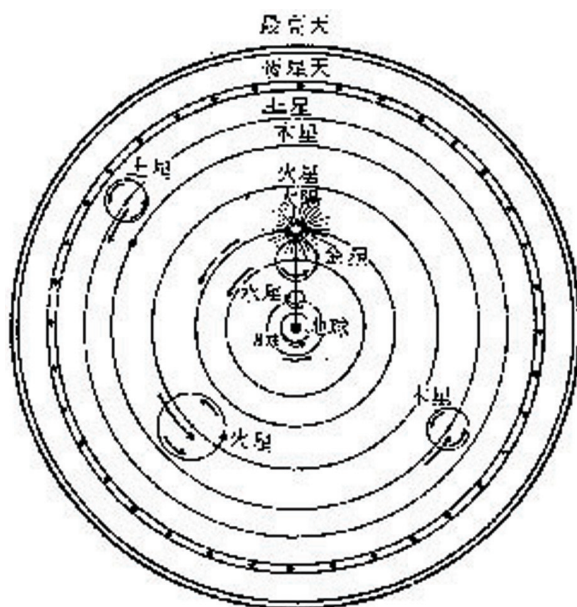


圖 1-13 地心學說認為地球居於宇宙中心，眾天體繞地球運行。

遠古時代對日月星辰的出沒，風雨雷電的產生，甚至天地萬物的形成，既不知其原因，也無法加以控制，於是委諸於「天」。「天」具有超能力，可以主宰一切，而統治者奉天承運，自稱「天子」。晉書天文志中記述：「古言天者有三家，一曰蓋天，二曰宣夜，三曰渾天。」說明了中國古代的三派宇宙理論。其中蓋天說主張「天圓如張蓋，地方如棋局」的天圓地方說（圖 1-14），認為天是個半球形。渾天說則主張天乃完整的球殼，也就現代天球的概念，地球位於其中，天球每日帶著日月星辰繞行一周，可以轉到地下去。張衡渾天儀寫道：「渾天如雞子，天體圓如彈丸，地如雞子中黃，孤居於內，天大而地小。天表裏有水，天之包地猶殼之裹黃。天地各乘氣而立，載水而浮。周天三百六十五度又四分度之一……」。

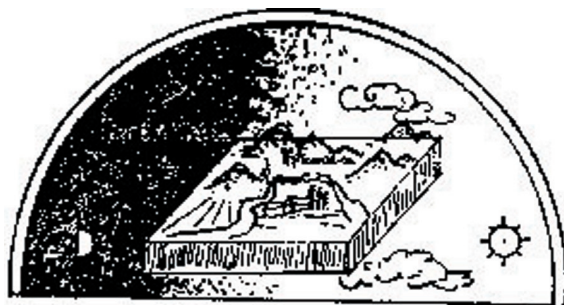


圖 1-14 蓋天說主張天圓地方。

蓋天說與渾天說皆認為天為實體，日月星辰皆依附其上，隨著一起運動。渾天說較為天文學家接受，因為他們能夠使用渾儀具體測量天體視位置。

宣夜說認為天乃無邊無際的空間，而非具體形質，還認為日月眾星等天體乃自然浮生虛空之中。宣夜說可以說是我國古代天地學說中最先進的一種，可惜缺乏定量的推算，而只停留在思考的層面，未能進一步發展。

在地球的另一邊，於西元前220年左右，古希臘天文學家提出了「本輪均輪說」（圖 1-15），認為地球位於宇宙中心，以地球為中心的圓叫做均輪，而以均輪上的點繞行中心的圓叫做本輪，行星沿著本輪作等速圓周運動，用來解釋行星的運動及因為距離改變而造成的亮度變化。

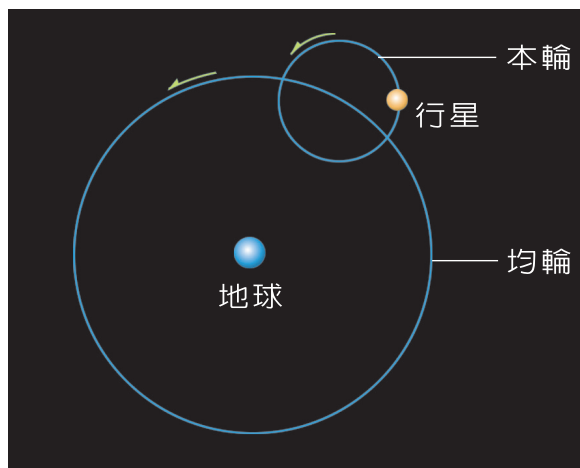


圖 1-15 古希臘人認為地球位於宇宙中心，天體則繞著地球運行。

在西元兩世紀左右，托勒密（Ptolemy；圖 1-16）綜合了希臘和羅馬的天文學理論提出地心體系的理論，認為地球位於宇宙中心靜止不動、行星和月亮在本輪上等速運轉，本輪中心則沿均輪運轉、太陽直接在均輪上繞地球轉動。此學說更提出地球不在均輪的圓心，而是偏離一段距離，而恆星天每日繞地球自東向西轉一周。



圖 1-16 托勒密。

16世紀初哥白尼提出日心體系的宇宙模型，認為太陽居於宇宙中心，靜止不動，而包括地球在內的行星則都繞著太陽運轉。地球自轉造成了天體看起來的周日運動，而地球繞太陽公轉的結果，則造成太陽在恆星間的周年運動，如此一來，很多之前認為的複雜現象，能夠以簡單的模型解釋。

哥白尼的學說，當然還有些缺陷，但確實對人類的宇宙觀起了革命性的影響，並且動搖了歐洲中世紀宗教神學的基礎，開創出近代天文學的新紀元。更重要的是自然科學自此走出神學，開始大步前進。

1-3 天文學在中國的發展

我國早在商周時就把赤道附近的恆星劃分為二十八宿。戰國中期，魏人石申所著石氏星經標有 121 顆恆星的坐標位置，可能是世界上最早的星表。現存最古老同時星數最多的星圖是敦煌星圖（圖 1-17），一般認為繪于唐中宗時期（西元 705~710 年），星數達 1350 顆，現存於倫敦大英博物館內。

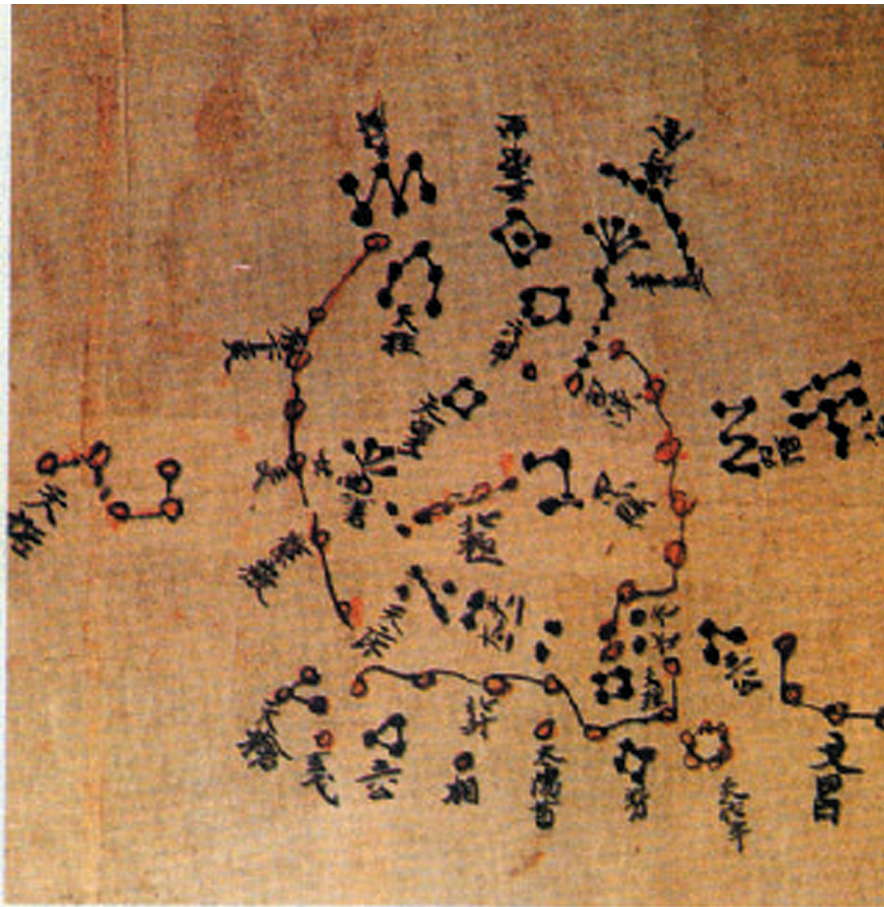


圖 1-17 敦煌唐代星圖為現有最古老星圖。

我國很早就有水、金、火、木、土五顆行星的觀測記錄。1973 年在長沙馬王堆三號漢墓中出土的帛書中有五星占約 8000 字。五星占約寫成於西元前 170 年左右，其中有記錄秦王政元年（西元前 246 年）到漢文帝前元三年（西元前 177 年）70 年間木星、土星和金星的位置，並描述了這三顆行星在一個會合週期內的動態。

我國古代對特殊天象的觀測極為重視，它們的出現往往被皇帝視為上天旨意的表達，為此歷代都有專人從事天象觀測，所以日食、月食、太陽黑子、極光、新星、超新星、彗星、流星雨、隕石等特殊天象都有豐富而詳盡的觀測記錄（圖 1-18）。早在西元前一千多年，在殷商的甲骨文中，就已有日食和月食的記錄。

從漢代起把日月食的計算作為曆法工作之一，而且對它們的成因也有所認識。北宋（西元十一世紀）科學家沈括在夢溪筆談中有如下精確的敘述：「黃道與月道，如兩環相疊而小差。凡日月同在一度相遇，則日為之食；在一度相對，則月為之虧。雖同一度，而月道與黃道不相近，自不相侵。」

太陽黑子的多寡是太陽表面活動之一，漢成帝河平元年（西元前 28 年）我國就有了世界公認最早的黑子記錄。一直到清代，我國共有二百多次的太陽黑子記錄。

我國具有世界上最早也最豐富的彗星記錄（圖 1-19）。從殷商末期（西元前 11 世紀）到清末，我國古代的彗星紀錄，約有 2000 次左右。春



圖 1-18 以甲古文記載，約為西元前 1300 年的新星爆發事件，為最早的新星記錄。其中的文字為「(月之)七日己巳夕，有新大星並火」

秋書中記載：「魯文公十四年秋七月，有星孛於北斗。」其中孛就是彗星，表示早在西元前 613 年，我國就已經有了可靠的彗星記錄，也是世界上最早關於哈雷彗星的紀錄。

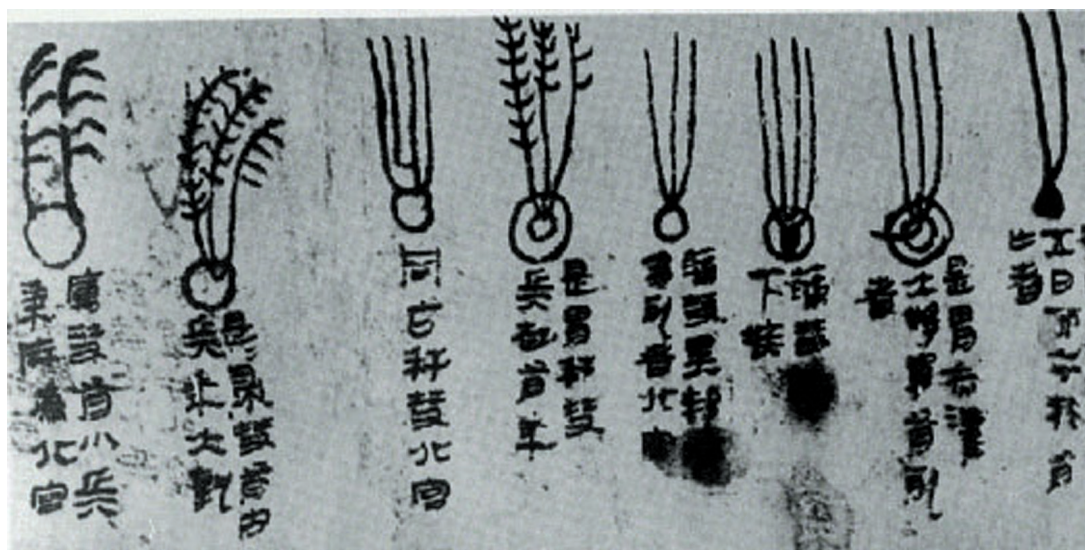


圖 1-19 西漢帛畫中的彗星圖。

在出土的長沙馬王堆三號漢墓帛書中（圖 1-20），有 29 幅有關彗星的圖，且每幅都有自己的名稱，這是世界上有關彗星型態最早的圖示。晉書天文志中說「彗體無光，傅日而為光，故夕見則東指，晨見則西指，皆隨日光而指。」可見當時已發現彗星本身不發光，是受



圖 1-20 長沙馬王堆出土天文星象雜占圖

太陽照射而發光，而且彗尾總是背著太陽。這比歐洲的記錄早了約 900 年。

春秋中有記：「魯莊公七年四月辛卯夜，恆星不見，夜中星隕如雨」，記載的是西元前 687 年天琴座的流星雨事件。從這一次算起，一直到清末為止，我國流星雨的記錄超過 400 次。其中有些將出現和消失時刻，方位、數目、顏色、亮度都紀錄的很詳細。由於流星雨是流星群與地球相遇而成，而流星群通常被認為是彗星瓦解的產物，與彗星軌道相關。我國古代許多流星雨的記錄，對研究流星群和彗星的關係提供了極寶貴的資料。

在中、日、韓、阿拉伯、歐洲等國的古書中，從西元前 1300 年到西元 1700 年的天象資料中，有 90 多次新星或超新星記錄，其中 68 次為中國的觀測。早在漢代就有元光元年五月客星見於房的記載，這便是西元前 134 年出現在天蠍座中的超新星。另外西元 1054 年七月（宋仁宗至和元年五月）金牛座的超新星爆炸，據記載最明亮時相當於太白（金）星的光芒，長達 23 天在白天可見，直到 1056 年四月（宋嘉祐元年三月）肉眼才看不見它。現代天文學理論認為某些恆星演化到末期，會發生超新星爆炸。著名的**蟹狀星雲**（圖 1-21）就是西元 1054 年看到的爆炸遺跡，驗證了恆星演化的理論。

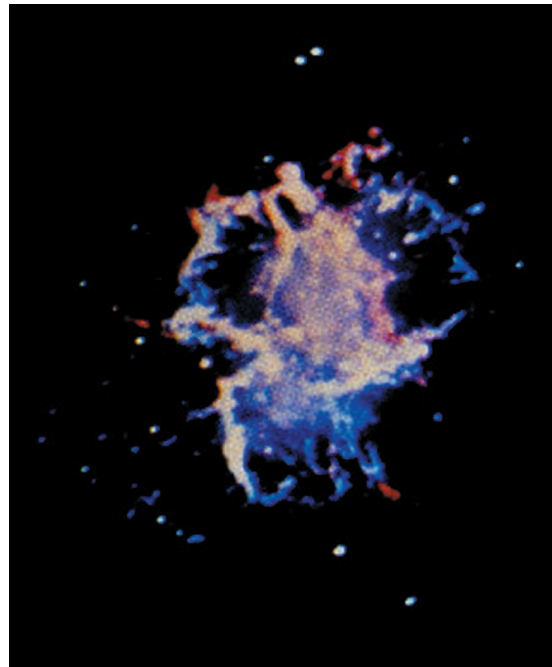


圖 1-21 此太空中的雲氣因為形似螃蟹而被稱為「蟹狀星雲」，位於金牛座方向，距離我們約 7200 光年。

中國在元宋時期達到天文學發展的頂峰，之後雖偶與印度與阿拉伯在曆法上的交流，但中國天文學基本上停滯不前，直到明末，隨著西方宗教傳入中國，並引入近代天文學，才又開啟中國天文的新紀元。

明萬曆 11 年（西元 1583 年），耶穌會義大利籍傳教士利瑪竇(Matthieu Ricci) 前來中國傳教，同時宣揚當時歐洲包括天文學在內的科技知識，引發時人如徐光啟、李之藻等人吸收並積極翻譯引入西方天文著作。由於傳

統曆法無法準確預報天象，終而導致崇禎曆書的編纂。此曆書歷時 5 年，於崇禎 7 年（西元 1634 年）完成，奠下中國邁入近代天文學的里程碑。參與改曆者還包括湯若望 (Shall Von Bell)，他曾翻譯書籍介紹伽立略望遠鏡的製造原理。西方天文學開始在中國落地生根。

廿世紀中葉以後，中國陸續建立可見光與電波的望遠鏡（圖 1-22），臺灣也在近年急起直追，除了建立觀測設施外（圖 1-23），也積極推廣教育並投入最尖端的研究工作。

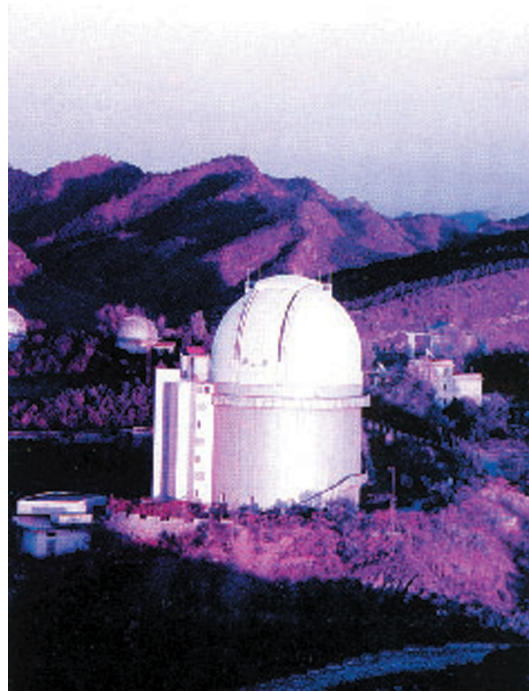


圖 1-22 北京天文台興隆觀測站的光學望遠鏡。

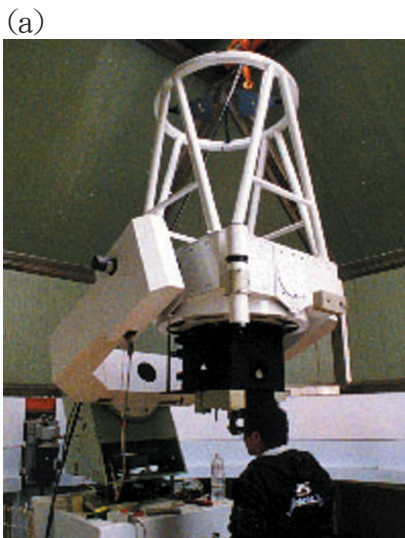


圖 1-23 臺灣除了建立本身的基本觀測設施外，也積極參與國際合作，進行尖端研究工作。圖示為(a)鹿林山天文台，及(b)與美國共同建造，位於夏威夷的電波望遠鏡。

作 業

1. 我國古代在天文觀測儀器方面，有哪些成就？
2. 從天文研究單位的網站上，查詢國內有哪些正在進行的研究計畫。