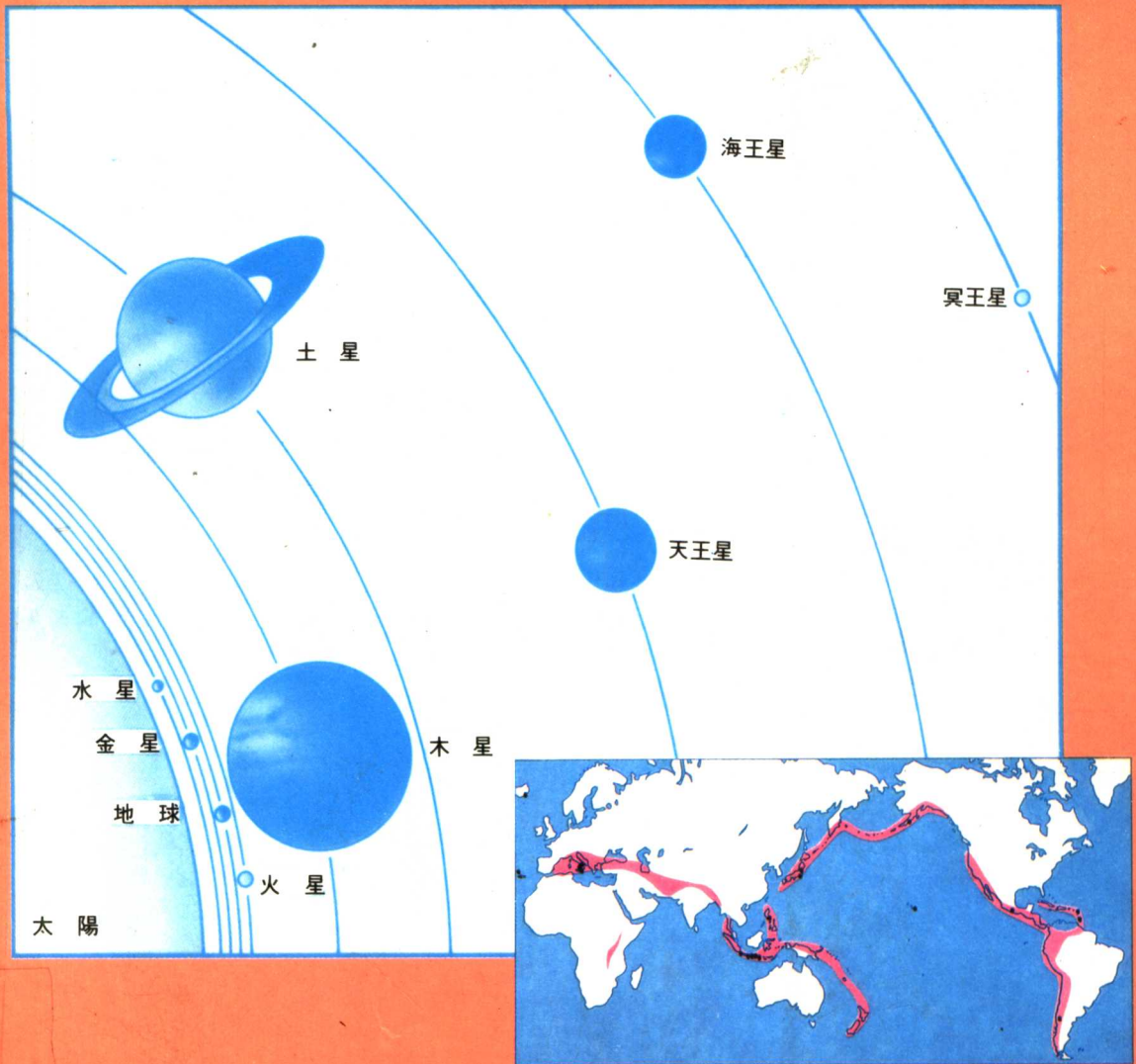


地球科學概論

張惠民 編



明文書局

地球科學概論

張惠民 編

明文書局

版權所有
翻印必究

225 地球科學概論
平裝一冊定價三五〇元

編著者：張 惠 民
出版者：明 文 書 局
發行人：李 潤 海
 台北市敦化南路492號
印製所：永華彩色製版印刷有限公司
 中和市平和路18巷5號4樓之2
發行所：明文書局股份有限公司
 行政院新聞局局版台字1993號
地 址：台北市重慶南路一段49號7樓
電 話：3619101·3318447·3754679
郵 撥：01436784號 明文書局
傳 真：3619101

中華民國七十九年三月

Ming Wen Book Co., Ltd.
7F No. 49, 1 Sec., Chungking South Road.
Taipei, Taiwan, R. O. C.
ISBN 957-9509-24-7

前 言

地球科學是研究地球各部分物質運動基本規律的一門科學。

地球是由具有不同物理、化學性質的物質所構成的，呈同心圈層構造的球體。由地球內部至外部分布有地核、地函、地殼、大氣圈、水圈和生物圈等幾個基本圈層。地球又是一個磁化球體，具有一定強度的磁場。各個圈層之間是相互聯繫、相互作用和相互滲透的。地球的整體和它的每個圈層是地球科學研究的對象；各部分的物質運動，變化規律及相互之間的聯繫，是地科學研究的內容。

地球是宇宙空間中不停運動着的一個天體，其所處的空間位置及運動規律，決定着維持地球上全部生命過程的太陽輻射能量的變化。地球自轉軸對黃道面保持的傾斜，造成太陽輻射的季節變化；地球的自轉造成了環境的日變化。這兩種變化對於地球大氣、水分、岩石、生物等都顯示了強烈的反應，各個圈層對太陽輻射能量的輸送和儲存，是研究地球物質運動規律的基本出發點，同時，也是研究地球氣候變遷及各地天氣氣候的依據之一。

地球科學所涉及的內容極為廣泛，大體上可以概括為天文、氣象、海洋和地質四大部分。隨着科學技術的發展，地球科學產生許多新的分支：如探討太陽系和宇宙的起源而形成天體物理學；研究天體的運動而發展了天體力學；隨着地球物理的深入研究，發展了氣象學、地質學、地震學、地磁學、地球動力學、海洋動力學、水文學和地理學。在氣象學方面，由於人類活動範圍的廣大，氣象研究的領域和內容也日益擴大和深化，形成許多新的分支，如大氣物理學、大氣動力學、大氣化學、動力氣候學、氣象導變學、高層大氣探測以及應用氣象學等。

作為地球科學的分支——氣象學，它的發展與研究和地球科學各分支有着緊密的聯繫。研究地球上能量收支及其歷史演變，是氣象學中一個帶有根本性的問題。這就要求了解地球在宇宙空間的位置、地球與太陽的關係、太陽活動、月地關係等。天文學與氣象學的相互滲透，促使“天文氣象”邊緣學科的發展，它為天氣預報、氣候研究提供了新的信息。地球形狀，結構與運動的討論，使氣象學尤其是氣候學中氣候模式的建立有了一個更為全面的整體結構。地球結構中各圈層與大氣、太陽的正負反饋作用，約制着氣候的形成及演變趨勢，這已引起氣象學者的廣泛重視。地球作為一個宇宙空間的實體，它並非是光滑的幾何面，而是存在有海洋、陸地及各種地形地貌。它們的歷史演化及現實，是討論古氣候變遷、區域天氣氣候、局地小氣候等的重要地理條件；是地球能量系統中的一個重要部分。不同地表狀況下所構成的不同能量流的轉移和分配具有重大的環境意義。地表現象是採用地圖來描述的，地圖是編製天氣預報、氣候分析、衛星雲圖、農業氣候區劃等的基本

圖表，如何識圖及了解各種地圖投影的誤差和放大係數，對於從事氣象工作來講是必備而不可少的。

《地球科學概論》一書，是作者在氣象高等院校幾年來從事教學所編寫教材基礎上完成的。在書中，我們注意到盡量結合天氣、氣候、大氣物理、農業氣候各專業的需要來編寫。當然由於水平所限，還沒能將氣象學都滲透到有關章節中去，這也正是我們今後不斷充實提高之所在。對於地球科學近代新的發展動向及成果，有些內容已趨成熟或已為公認，便結合氣象工作的需要盡量收集到本書中去，但是，由於材料來源有限，難免掛一漏萬，還請讀者見諒。另外，為了便於廣大讀者閱讀本書，一般都盡量避免較深的數論推論。

本書在編寫過程中得到系、教研室等領導的鼓勵和支持，得到龐嘉棠及劉自耕等同仁的具體幫助，全書插圖由朱雲先生繪製，在此一併表示謝意。

由於編寫時間短促，對取材、編排和論述方式必然會有許多可以商討之處，也難免有錯誤和不妥的地方，希望讀者多加指正。

張 惠 民

一九八四年六月於南京氣象學院

地球科學概論

目 錄

第一章 地球和宇宙	1
第一節 地球在宇宙間的位置	1
一 宇宙和天體.....	1
二 恆星和星系.....	1
三 太陽系.....	8
四 天文現象與氣象.....	14
第二節 地球和太陽	16
一 太陽的距離、大小和質量.....	16
二 太陽的結構.....	20
三 太陽活動.....	27
四 日地關係.....	32
第三節 地球衛星	35
一 地球自然衛星——月球.....	35
二 日食與月食.....	42
三 潮汐.....	44
四 人造地球衛星.....	47
第二章 地球的形狀、結構與運動	50
第一節 地球的形狀和大小	50
一 地球的形狀.....	50
二 地球的大小.....	52
第二節 地球的結構	53
一 地球的外部圈層結構.....	54
二 地震與地球內部圈層結構.....	59
三 地球的重力和磁場.....	61
第三節 地球的運動	69
一 地球的自轉運動.....	70
二 地球的公轉運動.....	76

第三章 地球運動與天球座標系	79
第一節 天球和天球座標	79
一 天球的概念.....	79
二 天球上的基本點和圈.....	80
三 地球自轉與天球的周日旋轉.....	82
四 地球和地理座標.....	83
五 天球座標系.....	86
第二節 各種座標間的關係	89
一 地理緯度與天文緯度.....	89
二 地理經度差和時角差的關係.....	90
三 地平座標系和時角座標系之間的關係.....	91
四 時角座標系與赤道座標系的關係.....	92
五 赤道座標系和黃道座標系之間的關係.....	93
第三節 天體的周日視運動現象	94
一 不同緯度處的周日旋轉.....	94
二 天體的中天和出沒.....	95
三 天體經過卯酉圈和天體大距.....	97
第四節 地球的自轉和歲差、章動	99
一 歲差.....	99
二 章動.....	101
第五節 地球公轉和星空的周年變化	103
一 恒星的周年視差位移.....	103
二 太陽的周年視運動.....	105
三 行星與月球同太陽相對位置的周期性變化——會合運動.....	106
第四章 地球運動與晝夜和季節的變化	110
第一節 晝夜長短的變化	110
一 晝夜及其交替.....	110
二 晝夜的長短.....	111
三 晝夜長短的緯度分布和季節變化.....	114
第二節 太陽高度	116
一 太陽高度.....	116
二 正午太陽高度的季節變化和緯度分布.....	120

第三節	日出與日沒	123
一	日出時刻和日沒時刻	123
二	日出、日沒方向	126
第四節	季節與地球的五帶	128
一	季節	128
二	廿四節氣	131
三	地球的五帶	136
第五章	時間的計量	139
第一節	時間計量的概念	139
一	時間的概念	139
二	計量時間的基本原則和時間計量系統	139
第二節	恒星時和太陽時	141
一	恒星時	141
二	太陽時	142
第三節	地方時和標準時	144
一	地方時	144
二	標準時	145
三	地方平時與區時的關係	147
四	法定時和日界線	148
第四節	曆法	149
一	太陽曆	150
二	太陰曆	150
三	陰陽曆	151
第六章	地球表面概況	153
第一節	地球表面形態及其演變	153
一	現代地球表面的基本形態	153
二	地表形態的演化	157
第二節	地形形成的基本規律及地貌表現	165
一	地形形成的動力	165
二	流水地貌	167
三	岩溶地貌	172
四	冰雪凍土地貌	174

五	乾燥區地貌	181
六	黃土與黃土地貌	186
七	海岸地貌	188
第三節	世界地形概述	190
一	世界地形概要	190
二	亞洲地形概述	193
三	歐洲地形概述	197
四	海陸、地形對氣象影響	200
第四節	中國地形概述	201
一	地理位置與疆域	201
二	我國地形的基本輪廓	202
三	我國地形主要單元	203
第五節	地球上的水	210
一	地球上的水分循環和水平衡	210
二	陸地水——河流與湖泊（一般知識介紹）	213
三	海洋	216
第六節	地球表面的植物	231
一	植物與環境	231
二	植物群落	234
三	植被類型分布	237
第七節	地球表面的動物	239
一	動物與環境	239
二	陸地動物的生態地理類型	240
三	中國動物生態地理類型	242
第七章	地圖	245
第一節	地圖投影	245
一	地圖投影的基本概念	245
二	極地投影的半球圖	250
三	墨卡托投影	252
四	雙標準緯線等角圓錐投影	254
第二節	地圖放大係數	256
一	正形投影的基本關係式	256
二	極射赤面割投影的放大係數	258

	5
三 墨卡托圓柱(割)投影的放大係數.....	259
四 蘭勃脫投影的放大係數.....	259
第三節 地圖比例尺與方向.....	261
一 地圖比例尺.....	261
二 地圖上的方向.....	264
第四節 用等高線表示地形的的方法.....	264
一 地面上的高程和等高線.....	264
二 地形元素的等高線.....	266
三 地形圖上等高線的應用.....	267
附 錄 球面三角.....	270
參考文獻.....	284

第一章 地球和宇宙

第一節 地球在宇宙間的位置

地球是太陽系中一顆適於生物存在和繁衍的普通行星。把地球當做一個行星來討論和研究時，它也是宇宙間的一個天體。爲了全面地認識地球，首先扼要地了解一下地球所處的宇宙環境是必要的。

一、宇宙和天體

古語稱“四方上下曰宇，古往今來曰宙”。宇指空間，宙指時間，宇宙就是空間和時間的總稱。宇宙不是一個抽象概念，它是由物質所組成。在廣袤無垠空間中存在着各種天體以及瀰漫物質，其表現形態是多種多樣複雜萬端的。宇宙中的一切物質處於不斷的運動和發展中，它既不能被創造，也不能被消滅，只能從一種形態轉化爲另一種形態，因此，物質是永恆存在的。宇宙在空間和時間上都是無限的，在空間上無邊無際，在時間上無始無終。宇宙是沒有中心的。總之，宇宙就是無限的、永恆的、不斷運動變化着的客觀物質世界。更簡捷的說，宇宙是星空世界的整體。

宇宙是可以認識的。廿世紀以來，天文望遠鏡逐漸改進和加大，以及觀測技術的提高，尤其是近代空間技術的興起，宇宙的可觀測範圍在日益擴大。目前，能觀測到的宇宙深度離我們已達 150 億光年。人類對宇宙的構造和發展的認識正在日益加深，現在還未認識的事物，隨着科學技術的發展，將來一定會逐步地、無限接近地被人類所認識。

宇宙間的物質，有的聚集而成日、月、星、辰，有的瀰漫在廣闊無限的星際空間，稱爲星際物質。天體就是宇宙間各種星體的通稱。包括恆星、行星、衛星、彗星、流星體、星雲、星際物質以及星際有機分子、輻射源、類星體等等，以上都屬自然天體。在天空中運行的人造衛星、宇宙火箭、行星際飛船和空間實驗室等，則屬人造天體。而天空中飄浮的雲，短時間在空中飄游的氣球和翱翔的飛機不當做天體。

在地球上看起來，天體都在天上，但阿波羅飛船登月的宇航人員站在月球上看地球，地球在天上，因此，天和地的界限只是相對的。

二、恆星和星系

(一) 恆星

恆星是由熾熱氣體組成的，能自己發光的球狀或類球狀天體。是宇宙間各種天體中最



圖 1.1 北斗七星由於自行引起的形狀變化

主要的一種。肉眼所見的天體，99%以上是恆星。在晴朗無月的夜晚，在整個天空中，人眼能夠看到的恆星約有 6500 多顆，借助天文望遠鏡，可看到幾十萬乃至幾百萬顆以上的恆星。

恆星在天空中的相對位置似乎是固定不變的。這是因為恆星離地球以及恆星之間的距離都極其遙遠，不借助於特殊工具和特殊方法，在短期內很難發現它們在天空中位置的變化，故被古人誤認為是不動的，稱其為“恆星”而沿用至今。實際上，恆星都在不停地運動和變化着。它們有自轉和在空間自行等運動。例如

北斗七星在幾十萬年之間形狀的變化，正說明恆星間方向、速度不同的運動情況（見圖 1.1）。為了便於研究恆星，把星空分成若干個區域，這些區域稱為星座。將較高而鄰近恆星聯成圖形，結合神話中的人物或動物、器具給予命名。人們可根據每一個星座的獨特的形狀來辨認恆星。在航海、航空或深山、沙漠曠野中也可利用星座來辨認方向、確定時間、氣象工作中也有利用北極星（小熊星座 α 星）來測定南北線的。

恆星的物理性質是千差萬別的。表示恆星物理特性的基本參量有距離、亮度（視星等）、光度（絕對星等）、質量、直徑、密度、溫度、壓力、磁場和電場等。

1. 恆星的距離

測定恆星距離的直接或間接的方法，都是以三角視差法為基礎。計量恆星距離通常使用的一種單位為光年，即光在一年中所走過的距離。1 光年等於 94,605 億公里。1 光年又等於 63,240 天文單位（日地平均距離為 1 天文單位，1 天文單位 = 149,597,870 公里）。太陽是離地球最近的恆星，太陽光到達地球只需 8 分多鐘，其次是半人馬座的比鄰星，距地球 4.22 光年。光年也被用作天體直徑的單位。

計量天體間距離的另一種常用單位為秒差距。天體的周年視差（即該天體對於地球軌道半徑所張的角）為 1 角秒時，這天體與地球間的距離即為 1 秒差距。1 秒差距 = 3.2616 光年 = 206,265 天文單位 = 308,568 億公里。秒差距等於視差的倒數。例如，織女星對地球軌道半徑的張角的角秒值為 $0''.12$ ，織女星和地球的距離即是 $1/0''.12 = 8.3$ 秒差距。秒差距也被用作天體直徑的單位。

2. 恆星的視星等和絕對星等

恆星的亮度常用星等來表示。在地球上觀測到的星光亮度是視亮度，即恆星在觀測點和視線垂直的平面上所產生的照度，而表徵天體的真實亮度的是光度。反映天體視亮度的星等為視星等，反映天體光度的星等為絕對星等。通常所說的星等，是指視星等而言。

視星等是在地球上測出的星等。古人把全天人眼可見的星按感覺的亮度分為六等。最亮的星為 1 等星，肉眼勉強可見的為 6 等星。亮度隨星等數目的增加而降低。現今規定星等增加一等，亮度變暗 $100^{\frac{1}{5}} = 2.512$ 倍，即 1 等星亮度為 2 等星的 2.512 倍。1 等星亮

度恰好為6等星的100倍。目前，最好的觀測工具可觀測到23等星，星等且不限於正數及整數，大於1等星可為零等，甚至負值。如全天最亮的天狼星是-1.45等，太陽為-26.8等。恒星的亮度和距離有關，因此不能用視星等來衡量恒星的光度。

恒星的光度表徵它本身的發光本領，即是恒星每秒鐘由整個表面發射出來的輻射能量。為了比較天體的發光強度，採用絕對星等。絕對星等是把天體都歸算到離地球10秒差距（即32.6光年）距離處的星等。視星等的數量關係對絕對星等也適用。絕對星等相差1級，恒星的光度相差2.512倍。如某一恒星的距離正好是32.6光年，它的絕對星等與視星等相等。假如把太陽移至32.6光年處，絕對星等是4.83等，是一顆肉眼能見的相當暗弱的星。

3. 恒星的溫度和光譜

維持恒星輻射的能源主要是熱核反應。恒星通過熱核反應產生可見光，其溫度必然很高，這就應具有巨大的質量，大多數恒星的質量在0.1—10個太陽質量之間。恒星的發光也是恒星生命史發展到某一階段的現象。恒星處於不同的發展階段，發出不同的光。

恒星的溫度是研究恒星的基礎。根據星光顏色可粗略的定出恒星表面溫度，但對有些發出不可見光的恒星，如中子星發射大量人眼看不見的X射線，這類星的表面溫度可高達500萬度。因此需要用更有效的方法測量恒星溫度，如通過測量恒星的總輻射量、光譜分析等方法。其中常用的是光譜分析。

恒星表面溫度一般用有效溫度來表示，它等於有相同直徑、相同總輻射的絕對黑體的溫度。恒星的光譜能量分布與有效溫度有關，因此可用光譜分析的方法來確定恒星的溫度。不同的恒星，光譜不完全一樣，通過對恒星光譜的分析，發現恒星的光譜可以按照譜線的種類和強度歸納為數種主要類型。不同類型之間的主要差別在於星光顏色，而顏色實際上是恒星溫度的反映。按溫度下降的次序，恒星光譜分為O, B, A, F, G, K, M七大類型，另外還有極少數的恒星光譜，則分屬於R, N, S等類型。恒星光譜與恒星的顏色及表面溫度的對應關係可見表1.1。光譜型是K, M型的恒星，表面溫度低，光譜中紅色較強，恒星帶紅色，O型恒星的表面溫度最高，約4萬度，是藍星。而太陽的光譜型是G型，是一顆黃色的星。

表 1.1 主要光譜型對應的溫度與顏色

光譜型	O	B	A	F	G	K	M
星光顏色	藍	藍白	白	黃白	黃	紅橙	紅
恒星表層的	40000	25000	11500	7600	6000	4900	3600
平均溫度(℃)	25000	12000	7700	6100	5000	3700	2600

通過對恒星光譜的研究，還可測得恒星的化學成分、壓力、密度、電場、磁場、視向速度和自轉等等。如分析恒星的光譜，發現大多數恒星的化學成分和太陽差不多，以氫、氦為主。因此光譜分析在天體物理學中占很重要的地位。

4. 特殊恒星

天空中的恒星形態是多樣的。它們不僅在物理性質和化學組成方面有很大差別，而且其空間分布和運動特性以及年齡（發生發展階段）也有很大不同。不過大多數恒星是大同小異的，但有一些恒星具有某些特殊的性質。

恒星在空間的分布，一般是單個的存在，但在已認識的恒星中，大約有 $1/3$ 是兩顆在一起，稱為雙星。雙星有光學雙星（視線方向上似乎很靠近，但實際離得很遠，沒有物理聯繫的兩顆星）和物理雙星（兩顆星在空間中視位置比較靠近，由於彼此引力作用而沿着軌道互相環繞運動的）。雙星的兩個成員都稱為雙星的子星，較亮的子星稱為主星，較弱的子星稱為伴星。主星和伴星彼此有交食現象，使雙星亮度作週期性變化的，稱為交食雙星。有的雙星的一個或兩個成員本身也是雙星。雙星是恒星世界的普遍現象，是規模最小的恒星集團。此外還有由三、五個互相有物理聯繫的恒星組成的多重恒星系統，稱為聚星。由十個以上的恒星組成的、被各成員星之間的引力束縛在一起並集中在不大的空間內的恒星群，稱為星團。如著名的昴星團。星團可分為球狀星團和疏散星團兩大類。在銀河系內，還發現位於銀河系的旋臂上分布有起源相同、物理特性相似、體積比疏散星團大、結構更為鬆散、大致呈球狀的恒星集團，稱為星協。星協常與氣體塵埃星雲有物理上的聯繫，它是一種年輕的天體。星協的發現，使我們了解到在銀河裏恒星的年齡是不同的，並且能夠成群地產生，直到現在還有恒星正在產生中。

恒星在亮度、光度上有很大差別，但大多數恒星的亮度，如同太陽一樣，在幾百年的時期內幾乎是不變的，不過也有一些恒星的亮度在短期內會發生明顯的、特別是週期的變化。這種亮度起伏變化的恒星，稱為變星。銀河系內已發現的變星約有 3 萬顆。按亮度變化的原因，變星可分為光學變星和物理變星兩大類。光學變星是由一顆亮星和一顆暗星在相互繞轉時輪流發生遮食而引起的，這類變星也叫食變星或幾何變星。物理變星的亮度變化是由恒星內部或其大氣圈的物理狀態的變化引起的。它又分為脈動變星（由於體積作週期性膨脹和收縮而引起亮度變化的變星）和爆發性變星兩類。光度在短時間內突然增加到原來的幾萬、幾十萬甚至幾百萬倍的爆發性變星，稱為新星。這種星在爆發前通常很暗，一般是看不見的，只在爆發後一段時期內才相當明亮，有的甚至亮到影響星座的形狀，所以曾被認為是新生的星而取名為“新星”。爆發時光度突增到原來的 1000 萬倍以上的新星，稱為超新星。

在體積上，恒星的差別很大，但大多數恒星的質量差異則不是太大。因此，恒星的密度有很大差別。有的恒星，體積特別龐大，密度很小，表面溫度較低而光度比太陽大一百倍左右，這種星稱為巨星，光度比太陽大 5000 倍甚至超過 10 萬倍的，稱為超巨星。而有一

些恒星體積很小，密度極大，它們的表面溫度很高而光度不大，這類星稱為白矮星。

脈冲星是1967年發現的一種天體。目前，一般認為脈冲星是一種高速自轉的中子星。它們發出很強的極為規則而短促的無線電脈冲，脈冲的週期自幾秒到百分之幾秒不等。脈冲週期就是它的自轉週期。這種星具有高溫高壓的特點。已經觀測到的脈冲星的距離大多在300至55000光年。脈冲星的半徑為10—30公里，比地球要小得多，具有一般恒星的質量，其密度特大，中心密度是水的幾百億到一千萬億倍。最近在蟹狀星雲中發現一顆脈冲星，認為它就是在1054年超新星爆發時留下來的中央星，蟹狀星雲本身則是爆發時拋射出的氣壳膨脹而成的。

按照愛因斯坦的廣義相對論，當一定質量的天體物質高度集聚到很小的體積內，集聚到一定程度，引力場便將強到使該天體周圍的空間高度彎曲，彎曲到把自己包起來，天體產生的輻射將出不來，使它自己產生的光也不能逃離它的表面，天體就是“黑”的，在其引力場範圍內，物質只能被吸引進體內，這樣的天體稱為“黑洞”。在二十世紀六十年代，科學家根據許多觀測資料推測宇宙間可能存在着大量的黑洞。但由於天體體積小，距離遠等原因，以前一直沒有被觀測所證實。目前，認為最有可能是黑洞的天體，是天鵝座X-1。

恒星在其整個生命歷程中，是非常活躍和富於變化的。星際瀰漫物質是形成恒星的原始材料。恒星從形成到衰亡經過原恒星、主序星、紅巨星、白矮星和中子星的演化過程。星際物質凝聚成團塊，稱作星雲。星雲在自身引力的作用下開始收縮，從星雲凝聚為恒星經過快收縮過程和慢收縮過程兩個階段，等到中心溫度升到700萬度以上，氫聚變為氦的熱核反應所產生的熱量足以和向外輻射的熱量相當時，星雲便不再收縮，達到流體平衡狀態，成為一顆正常的恒星，稱主序星。這時恒星正處於它的壯年期，恒星在這個階段是它一生中最安定、停留最長的時期，佔其壽命中的大部分時間。現在看到的恒星中，90%正處主序星階段，在光譜—光度圖（赫羅圖）上位於主序內，不過各恒星停留時間長短又同它的質量和光度成反比。處於星雲過渡到主序星前慢收縮階段的天體叫原恒星。因它的溫度還不足以產生熱核反應，所以不發射可見光。1966年發現一種不斷向外輻射肉眼看不見的紅外線的稱作紅外星的恒星，它的體積大於太陽的幾百倍到幾千倍，表面溫度低到只有幾百度甚至幾十度（ $^{\circ}\text{C}$ ），是最冷的恒星，一般認為大部分紅外星是處於引力收縮階段的很年輕的恒星，有一部分則可能是外壳大大膨脹了老年恒星。當恒星經過壯年期以後，中心區氫燃燒完畢，能量釋放大減，由於中心部分失去足以抗衡引力的內部壓力，就在引力作用下開始收縮，因收縮，溫度升高而釋放出的能量使恒星外殼急劇膨脹，變成體積很大、密度很小，表面溫度低、光度強的紅巨星。再過50億年左右，太陽將演變成紅巨星，其直徑將擴大約為現在的250倍，將把地球軌道也包括進去。恒星演化到晚期，核能源全部枯竭，於是熱核反應全部停止，恒星便從紅巨星變成白矮星。星體繼續收縮，最後坍縮成為中子星和黑洞。

宇宙是物質的，物質形態是無限多樣的、可以轉化的。老的滅亡，新的又生成，宇宙的發展是無限的。恒星世界的豐富多彩正是宇宙間物質的多樣性和不斷發展變化的反映。

(一) 星系

星系是恒星的巨大集團，是由幾十億至幾千億顆恒星以及星際氣體和塵埃物質等構成，佔據幾千光年至幾十萬光年的空間的天體體系。銀河系是一個普通的星系。銀河系以外的星系稱河外星系，一般稱為星系。

1. 銀河系（亦稱本銀河系）

太陽和我們地球所在的星系叫銀河系，因其在天穹上顯現出一條乳白亮帶——銀河而得名。銀河系是主要地聚集在銀河上的無數恒星所構成的天體體系。它是一個旋渦星系。它所包含的各種類型的恒星，總數有一、二千億顆，其相當大一部分是成群成團分布的，它們組成了雙星、聚星、星協和星團。銀河系內，除恒星外，還有各種類型的銀河星雲、星際氣體和塵埃。銀河星雲是屬於銀河系的星雲，由星際氣體和星際塵埃所組成的，有雲霧狀外表的天體。有亮星雲、暗星雲、行星狀星雲、瀰漫星雲等等類型。星際氣體和塵埃合稱星際物質，據估計在銀河系星際物質和恒星總質量不相上下。銀河系裏大多數恒星集中在一個扁球狀的空間範圍內，形狀好像體育運動用的鐵餅。我們晚上看到的銀河就是它在天球上的投影。

銀河系中心隆起的球形部分稱核球，外圍的圓盤部分稱銀盤。銀盤的中心平面稱銀道面。核球中心有一個很小的緻密區域，稱銀核，它是銀河系的中心。銀核的位置在人馬星座方向。在銀盤外面還有一部分恒星稀疏地分布在一個範圍廣大、接近於球形的空間範圍內，這部分區域稱為銀暈。銀暈中的物質密度比銀盤中低很多。銀暈外面還有銀冕，也大致呈球形，是一個巨大的射電輻射區。

銀盤直徑約25千秒差距（見圖1.2）。銀盤中間厚，外邊薄。中間部分的厚度大約2千秒差距。銀盤中有旋臂，這是盤內氣體塵埃和年輕的恒星集中的地方。太陽位於銀河系內獵戶臂附近，離銀心10千秒差距（3.3萬光年），在銀道西北8秒差距處。太陽附近銀盤厚度約1千秒差距。核球是銀河系中心恒星密集的区域，長軸長4—5千秒差距，厚4千秒差距，結構複雜。包圍着銀盤的銀暈，最大直徑約30千秒差距（或10萬光年）。

整個銀河系在旋轉着，對於銀河系的每一個成員來說，就是圍繞着銀心在繞轉。這就是銀河系的自轉。離開中心的距離不同，有不同的轉動速度，太陽處的轉動速度約每秒250公里。太陽帶着太陽系的其它天體繞中心旋轉的週期約為2.5億年。各恒星在環繞銀河系中心轉動的同時，還有相對於鄰近恒星的運動。在地球上看起來，太陽系正向着離織女星不遠的武仙座方向以每秒20公里的速度運動着（請參見圖1.3）。

2. 河外星系（倘銀河系稱為本銀河系，則河外星系稱為銀河系）

銀河系以外的河外星系，又稱為河外星雲。用目前最大的望遠鏡可以觀測到與銀河系同樣量級的星系有十億個以上。星系的外形和結構是多種多樣的。按照形態可以分為旋渦

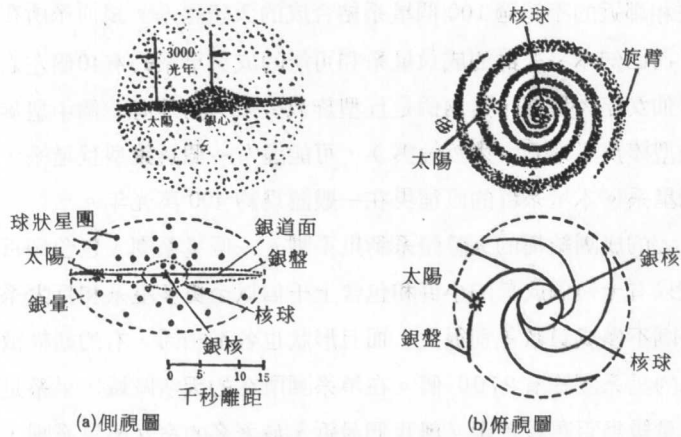


圖 1.2 銀河系結構示意圖 (a) 上圖中 3000 光年應為 3.3 萬光年，即 33000 光年)

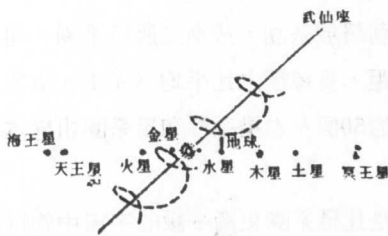


圖 1.3 太陽系相對於鄰近恒星的運動

星系、橢圓星系、棒旋星系、透鏡星系和不規則星系等幾種主要類型。旋渦星系是扁平的盤狀星系，外形像旋渦，從核球外緣附近有兩條或更多條旋臂向外延伸出去，核球部分有的比較圓，有的比較扁。棒旋星系的特點是核心部分有一像棒狀的結構，棒的兩端有旋臂向不同方向延伸出去。在橢圓星系沒有旋渦結構，星際物質和星雲也很少，它的形狀有的近於圓形，或各種扁度的橢圓形。透鏡星系的

核球及其外圍部分很像旋渦星系，但沒有旋臂結構，也沒有星際物質，通常認為透鏡星系是橢圓星系和旋渦星系（包括棒旋星系）之間的過渡型。不規則星系的形狀很不規則，沒有一定形狀和密集核心。

肉眼能看到的河外星系只有仙女座大星雲和大、小麥哲倫星雲。仙女座大星雲是離我們較接近的河外星系，距離約 200 多萬光年。由於銀河系內星際物質消光作用，在銀河帶內只看到很少的河外星系。

近二、三十年來，還發現了許多特殊星系。如塞佛特星系、N 型星系、緻密星系、爆發星系等，以上幾種星系都是活動激烈的星系，往往統稱為激擾星系。此外，還有一種超巨型橢圓星系，它們是最大的星系，往往出現於星系團的中心，而且多半是射電源。在六十年代發現的類星體，它有許多奇特的性質，有人也把它歸為星系一級的河外天體。

3. 星系群、星系團和總星系

宇宙間的星系，也存在着結群現象，常聚成各種各樣的星系集團。由兩個星系組成的星系集團稱雙重星系。由三個到十來個有物理聯繫的星系組成的星系集團，稱多重星系。