

自然科學小叢書

宇宙觀之發展

R. H. BAKER 著

馮雄 譯

王雲五周昌壽主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

宇宙觀之發展

R. H. Baker 著
馮 雄 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

中華民國二十五年六月初版

(53344)

自然科學
小叢書
宇宙觀之發展一冊

The Universe Unfolding

每冊定價國幣叁角伍分

外埠酌加運費匯費

原著者 R. H. Baker

譯述者 馮 雲 雄

主編者 周王 昌 壽

發行人 王 雲 五

印刷所 商 務 印 書 館

發行所 商 務 印 書 館

* 版 權 所 有 *
* 翻 印 必 究 *

敘言

茲書所述，爲宇宙觀之發展情形。所注意者，蓋不在天體之何由生成，亦非討論未有人類以前遠古地球開闢之狀，實祇於數千年來人心之視宇宙，究爲何物，就其觀念遞嬗變化之跡，而鋪敘之。自有生民以來，仰觀上天，俯察下地，曷嘗不有動於中，而欲明覆載之理。其所得宇宙之情形，或經歷千百年，而罕啓新知，或一時而窮探理窟，屬思若走雲雷。譬之繪畫，昨日起稿，繼見蕭疏數筆，今日某處補山，某處列樹，已成全畫，明日更加渲染，則雲水蒼茫，益顯景物深遠，若收千里於尺幅。茲書所述，正是宇宙觀之進步情形也。

古人心目中之宇宙，亦可以草木之花芽喻之。初民所見之宇宙，包藏於星斗之間，蒼天之表，似不出於土星 (Saturn) 之軌道以外，此誠可謂爲一嫩芽。迨哥白尼 (Copernicus) 氏出，立宇宙中心，爲太陽而非大地之說，於是羣星所存之天球始擴張。花芽滋長，然他日所放之花，究爲何狀，當

時尙未能逆睹也。

三百年前，此花芽突然怒放。羣星所存之天球，不復存於人之心目。向時以爲在窮人目視力所及之處，諸星成羣，綴於天球；今則人更求於其範圍以外，有所察見，而不勝其驚喜之情。更降至已往一百五十年間，天文家益窮探羣星所存之境域，而集羣星爲一大系，是爲銀河系 (System of the Milky Way)，直至最近數年以前，此銀河系乃吾人所知物質宇宙之全部。今日則吾人心目，又越過銀河，而深入向來所未想見之空間。乃知在銀河之外，又有百萬道銀河，相隔不知若干百萬光年 (light year)，異哉！

宇宙觀之逐漸發展，乃人之成就，然其遭遇蓋極艱難。人立於地球之上，地球不過宇宙間之一小行星，與其周環之境域浩大無垠者相較，其爲微渺，無可比擬，然人能發明強有力之儀器與方法，以探索宇宙之奧秘。諸天景象，光怪陸離，人則編排之，以成包羅廣博之分類表。此分類表所顯示者，厥有二事，引人驚嘆，一爲宇宙浩大，一則人心神妙也。

目錄

敘言

第一章	羣星之天球	一
第二章	宇宙邊界之脹裂	一三
第三章	羣星之距離	三五
第四章	星團	五七
第五章	星雲及塵雲	七五
第六章	銀河系	九五
第七章	銀河以外	一一七

插圖目錄

鋅版圖

第一圖	天球每日旋轉情形	四
第二圖	主要行星之軌道	一〇
第三圖	星之視差	三七
第四圖	星之光譜與光度關係圖	五三
第五圖	銀河系之旋轉	一〇〇
第六圖	在遠處望見銀河系所可有之三種形狀	一〇九
第七圖	銀河外銀河系之速度與距離關係圖	一三二

銅版圖

第一幅	土星及其光環	一一
-----	--------	----

第二幅	北三角座之大漩渦星雲·····	三一
第三幅	星團·····	六七
第四幅	人馬座區域·····	七八
第五幅	銀河中暗縫·····	八一
第六幅	大麥哲倫雲·····	一一三
第七幅	仙女座大漩渦星雲·····	一二一
第八幅	銀河外銀河·····	一二五

宇宙觀之發展

第一章 羣星之天球

約在三千年前，荷馬（Homer）氏於所著伊里亞德（Iliad）詩，描摹希臘初民所見宇宙之狀。謂地面平圓，大洋環繞於外。天爲圓穹，乃不動之實體，置在大地之上，而保護之。白晝之時，太陽照耀，黑夜之時，羣星閃爍。日月羣星，每日循其軌道，行過高穹，由東方大洋湧起，至西方而落入大洋之中。惟大熊星（Great Bear）〔即北斗星（Great Dipper）〕則在北天旋轉，而無降落之時。

初民所知之全部宇宙，遠不如地之大，祇是在當時所知有限之地面上，籠罩之青天圓幕，其高出地面，亦非過遠，天體與地面接近，故其體積頗小，蓋天體在天幕上運行，亦必不大，方易升降也。荷馬氏描寫宇宙之形狀，僅於敘述推羅（Tyre）城被圍之事時，偶然涉及，所言殊不完備。故日月羣

星落入大洋後，如何復返至每日升起之處，實使人不能索解。古人有謂日月羣星之歸途，係在地下隧道中者；又有謂在大地周圍山嶺後向北繞過，而返原位者。然不如謂天球能旋轉者，爲較易使人起信也。

羣星不動綴於天球之說，似創於西元前第六世紀中，學者多謂亞諾芝曼尼（Anaximenes）氏主之。亞氏爲愛奧尼亞（Ionia）自然哲學家之一。古希臘學派甚多，此其最古之一派也。亞氏謂羣星如金剛石，嵌在天球內面。天球完全罩在大地之上。天球每日旋轉，自東向西，遂令羣星出沒。此說較天體不動之說，大爲進步，蓋能將一切天體之每日運動，以一種原因解釋之也。自此以降，逾二千年，至哥白尼氏之時，且越過哥氏之時而下，人尙以羣星之天球爲宇宙之邊界，惟於原謂爲天球中心之地，則旋不視爲平圓面，而視爲球體耳。

當鴻濛草昧之世，初民於宇宙，常逞其想象，而有種種揣測，吾人亦偶有跡象可尋；若以古希臘人之宇宙與之相較，則古希臘人之宇宙，可謂爲人目所見之宇宙。卽在今日，凡人心中心毫無成見，張目視身外之天地者，所見宇宙，亦復如是。雖今日諸「固定」之星，已移動少許，而因地球之歲差連

動 (Precessional motion) 亦使諸星座之方向略有移動，然大概言之，則人目所見宇宙形狀，仍是古希臘人所見者也。

人立之處，若周望無障礙，則所見大地，甚似平圓面，而所見高天，甚似穹幕覆於地上。惟若再細察之，例如在大洋上望船舶遠駛，當船身已隱於水天分界線下之時，猶得見船上桅柱，則可斷言地面在遠處向下彎曲，而不難想像人乃立於一大圓球之頂上也。

今人觀察羣星之出沒，則覺天似非安置在地上。古人以爲天爲完全之圓球，包圍大地，故其下半部掩蔽不可見，吾人亦易作如是想。然殊不能卽辨明羣星之非固定在此天球內而羣星與地相離，似爲同遠，而羣星互相關聯之位置，日復一日，年復一年，似無改變。羣星所存在之天球，離地遠至如何，人目無可憑以決定。如此天球離地不遠，則羣星閃爍，並非極大之發光體，其明暗不同，色亦有異也。

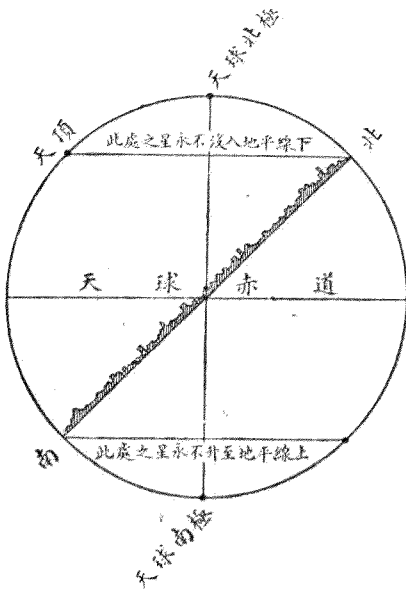
人如於晚間細觀星座，則見羣星所存之天球，似在旋轉，而其旋轉之情形，亦可察知。天球蓋向西旋轉，令羣星沿平行軌道，每日繞吾人而行，而人如立於北緯之中央，則見此平行軌道，乃向南傾

斜。恰在正東升起之星，或春分秋分時之太陽，升至最高之點，係當南天之半，由此斜向下落，而其沒入地下處，則恰在正西。此一軌道，係沿天球赤道 (celestial equator)，其一半乃在地平面上也。

愈向北行，則羣星每日旋轉之圓軌道爲人所見之部分愈多，直至至得其全部爲止。在北天之一圓區域以內，羣星旋轉，不見有隱沒之時；而羣星旋轉所繞之中心點，即天球北極，在其最近，有北極星爲之標識，北極星即小斗星

(Little Dipper) 柄之末一星也。在南地平面以下，亦有相等之圓區域，其中中心點在天球南極，其中之星座，有南十字座 (Southern Cross)，在北緯中央之處，永不能望見之。

人如夜夜觀察星象，即可知天球旋轉一周，較太陽旋轉一周（即



第一圖 天球每日旋轉情形。
人在北緯中點觀測。

一日之時間，需時略短。例如以昴宿 (Pleiades) (即七姊妹星 (Seven Sisters)) 言之，其升起之時間，每夜提早四分鐘，是也。故每夜昴宿各星之位置，較前一夜同一時刻之位置，略向西移。在秋季黃昏之時，昴宿出現於東天；在冬季同時，此星座高懸於南天；在春季同時，則在西天，於太陽落後，亦即沒入地平面下。是以在一年中各日之同一時刻，諸星座隨季節之推移，而向西進。解釋羣星之浩蕩運行，則於太陽在諸星座間之顯明移動求之。

太陽對於羣星，乃逐漸東移，經一年而一周，正似其每年繞地一周者然。是以太陽每日西行，恆落後少許，遂覺諸星座有如上文所述之進行情形。除在此一種影響以外，太陽之向東運行，尋常殊不顯明，因在白晝不能望見羣星故也。有一種儀器，名曰假天 (planetarium) (又名行星運動儀)，頗能將行星之運動情形，表示明白，惟為便於研究起見，諸行星之速度，遠較依照比例所應有者為大。其中太陽之光，故令減暗，俾諸行星不致為所掩蔽。由此儀器，可明察太陽之運動。其每年之軌道，名曰黃道 (ecliptic)，乃對於地球赤道成二十三度半傾斜之一大圓周也。

在諸星座之前，運行之明亮天體，人目能見者，其數凡七。是為太陽，太陰（即月球），及五明亮

行星。五星俱向東行，其軌道殆爲圓形，而對於太陽之軌道，僅略有傾斜，故其離開黃道，永不過遠。月球在地球上運行一周，需時二十七日又三分之一日。諸行星運行一周之時間不等，最小者爲水星（Mercury）之八十八日；最大者爲土星之約三十年。諸行星雖俱向東行，然時復躊躇不進，或退向西行。其進行之軌道，蓋成爲有圈之線，在行星運動儀上，以較速之運動，明顯表示。

今人所見天上情形，如上所述者，古希臘人已深知之，而其對於宇宙之觀念，卽以此爲根據。柏拉圖（Plato）氏之對話集，可知其心目中之宇宙，乃包圍在恆星天球之內，此恆星天球每日自東向西旋轉，而所繞行之軸線，則通過大地。大地在天球之中心，爲固定不動之球體。羣星之向東運動，與太陽及太陰之運動相似，乃與其每日運動之方向成傾斜。七天體在地球與天球之間，繞地球而旋轉，以其與地球之距離爲次序而記之，則爲太陰，水星，金星（Venus），太陽，火星（Mars），木星（Jupiter），及土星。諸星之運行，其經過羣星座之急速程度，則依上所述次序而減低。古人設想，以爲羣星座在土星之外，並不過遠也。

此後羣星之研究，不能有顯著進步，直待望遠鏡，分光儀（spectroscope），攝影片，次第發明，而

近代才智之士，更運其巧思，製爲種種儀器，始大改舊觀。蓋人於晚間，仰觀深藍色之天幕，注視羣星之運行，其所見羣星，不過閃爍之光，其明暗不同，色彩有別，方向各異（卽在天球上之位置各異）而已；觀星者所費時間，大部分祇察出此種差異而已，自不能別有所獲。惟此閃爍之羣星，固足利用以決定夜間之時刻，預測季節之更新，爲陸行海行者指示方向，並爲研究行星運動者指示天上位置之標記，卽在今日，猶利用之。

古代天文學家，研究羣星，其最有興趣之問題，殆無逾於七曜者。以戲劇爲喻，羣星立天上之舞臺，而諸行星及太陽與太陰，則值得特別研究。七曜乃天上戲劇中之演員，其行動必須注意。此爲古代天文學家之觀念，甚屬正確，蓋必待明瞭諸行星與太陽及太陰等之關係後，羣星始能各顯其重要性故也。

如視地球爲動而非靜，亦復能說明天體之升降，此理未嘗不自呈於古代天文學家之心目。顧因改用此說，則與當時世人之常識大不相合，故古人僅有數輩，敢於違衆而加以稍深之研究。本都（Pontus）之赫拉頡利圖斯（Heraclides）氏，乃西元前第四世紀中人，似爲信天體之每日自東

向西運行，乃祇因地球反對方向旋轉所致者之第一人也。

薩摩斯 (Samos) 之亞里斯他克 (Aristarchus) 氏，爲西元前第三世紀中人，研究天文，立說更進一步。不僅謂地球旋轉，且謂其每年繞太陽運行一周，而羣星當地球旋轉時，並不見其前後移動，自必離地甚遠。惟在當時，尙無足以爲亞氏此說之明證者。其後幾逾二千年，地上居民，心目中仍認地球爲不動。在此長時期間，行星繞地之旋轉，幾全憑周轉圓 (epicycle) 之理論以解釋之。

周轉圓之理論，始於別迦 (Perga) 人阿坡羅尼阿斯 (Appollonius) 氏，亦爲西元前第三世紀中人。以最簡單之情形言之，謂行星之運動，乃爲兩種整齊圓運動合成之結果。行星本身繞一較小圓周而運行。此小圓周卽周轉圓，其中心點係沿以地球爲中心之較大圓周而行動。如此則行星之進行，畫出成串之圈，如人所察見；若視地球不在大圓周之中心點，則益可解釋行星運動之不整齊。以此種理論，與別種幾何學理論相湊合，卽可說明太陽、太陰、及行星之複雜運動。阿坡羅尼阿斯氏作如是想像，惟未詳細論之耳。

周轉圓之理論，旋卽在天文學上佔得最高位置，如是幾歷二千年。喜帕卡斯 (Hipparchus)

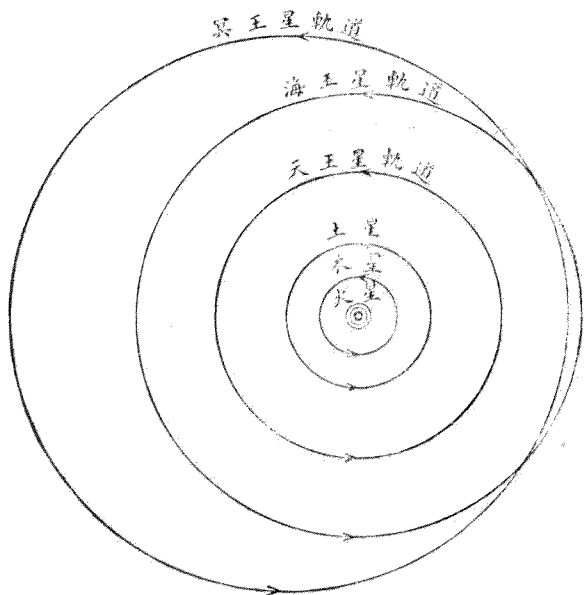
氏者，西元前第二世紀中人，而向來推爲古代天文學家之領袖者也，採取此種解釋方法，而於太陽太陰之行動，尤重用此法以說明之。托勒密（Ptolemy）氏亦爲西元前第二世紀中人，推演此說，以解釋行星之圈線運動。因此之故，又因在托勒密氏之大著作，名曰大書（Almagest）者中，述及其法，故周轉圓理論，即稱曰托勒密氏理論（Ptolemaic theory）也。

降至西元一五四三年，波蘭之天文學家哥白尼氏，創立地球運動之說，謂地球每日自西向東旋轉，而每年繞行太陽一周，亦沿自西向東方向。行星仍沿周轉圓進行，共有周轉圓三十四，人所察見行星不整齊運動，即由此周轉圓所致。惟在地爲宇宙中心之理論中，原有多數周轉圓，以解釋行星圈線運動者，今則其中之最大周轉圓，業已消滅。新解釋法較舊法爲簡單，然其解釋之有效則相等。當時尙不能證明地球乃運動者，然旋有學者，運其才能，以護此新說。

在哥白尼氏天體系統中，以地球爲行星之一，繞太陽而旋轉。如此立說，方爲子地球以正當之地位。今茲在行星系統中，諸星以其離太陽之近遠爲標準，可序次爲水星，金星，地球及作其衛星之太陰，火星，木星，土星（銅版圖第一幅。）在土星以外，乃恆星之天球，前此不遠，尙視爲悉如舊說，今

則視爲不動，而羣星各各附於其上，以地球每日自西向東進行，故看來天球乃每日自東向西旋轉也。

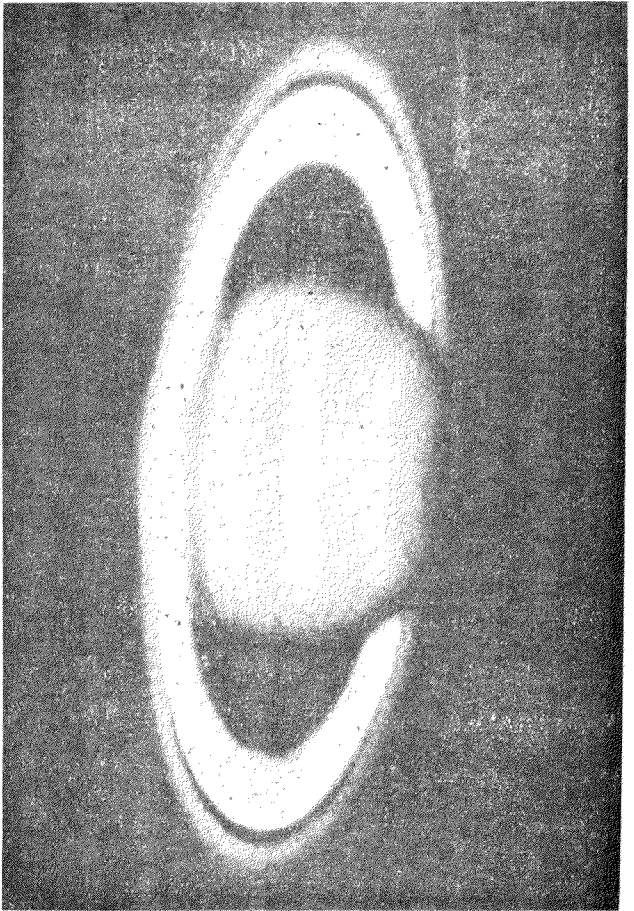
托勒密氏所定羣星之天球，乃僅在土星軌道外不遠。今既不以天球爲每日須繞地球旋轉，則此天球可以加大。其實則此天球亦確宜加大。哥白尼氏嘗謂天球如不放大，則諸星座每年於地球繞近太陽時，當顯出向後向前之運動也。



第二圖 主要行星之軌道。

水星，金星，地球之軌道，在火星軌道以內。

行星軌道實際並非圓形，亦不在同一平面上。



第一幅 土星及其光環。此為古人所知最遠之行星（巴那德氏攝影）。

願當時尚無可據之理由，以定羣星天球之大小，而謂其有類於今日所知宇宙之大小。蓋倘定此天球之直徑，祇有地球與太陽距離之七百倍，則羣星向前向後移動之極限，已不過十分之弧，卽等於人目所見太陰直徑之三分之一。在天球上同一區域中所有羣星，其方位如有若此之變動，用當時所有天文儀器，實不能察出。今日天文學上，有較近之星對於較遠之星，發生相對視差 (Relative parallax) 之問題，當時則無此種問題，蓋當時尚以爲羣星離地，其遠相等也。

是以哥白尼氏之宇宙，仍不甚巨大。以太陽爲中心，天球之直徑，蓋不過冥王星 (Pluto) (此爲近日發現之行星) 與太陽距離之十八倍，故祇較最近之恆星之實在距離之四分之一爲略大而已。當時所知之宇宙，仍然爲在果殼中之宇宙，以爲羣星乃固定在天球內面也。

惟當時新發明之以太陽爲中心之宇宙，乃能擴展無限制者。此羣星天球，已遠較前世天文學家所想像之宇宙爲大。其後此宇宙復擴張，終至脹破。在哥白尼氏以後，世人心目中之宇宙，日益開展，有時極速，使人失驚，終成今人所見之巨大。且仍擴張無已也。

第二章 宇宙邊界之脹裂

自哥白尼氏有太陽爲宇宙中心之學說，然後觀察天文窮究其理之人，益得逞其想像，不至於處處受羈絆。既以地球及衆行星爲太陽之附庸，則於羣星之究爲何物，可循新途徑以研究之；羣星或者本身亦與太陽相似，而各附有行星系統。至於太陽，則亦不過羣星之一耳。故雖哥白尼氏推重太陽在宇宙中之重要位置，然旋即有人指出太陽之重要位置，祇限於一區域，太陽不過無量數衆星之一，以其與人相近之故，人乃覺其特別光耀而已。在第十六世紀末葉，白魯諾〔佐達諾〕（Giordano Bruno）氏，以爲羣星乃遙遠之太陽，因離地極遠，故即費長時間，亦難定其究爲動或靜；而太陽既爲一星，則或亦正在運行也。

自學者採取地球旋轉之學說，則往古多年關於天象之定論，因之舍棄，如謂有天球存在之觀念，即其一也。以恆星天球爲物質宇宙之境界者，舊說相承，已有二千年之遠；昔人以爲空間之界限，不能踰此，無復致疑，而在此境界以外，則人心目中，乃感覺其神妙不可測。然在哥白尼氏以後，科學

家中，遂無復有知名之士，尙信古人所想像之天球，爲確然實有其物者矣。學者或尙以爲有充滿羣星之天球，顧不復謂有遍綴羣星之天球也。學者大都已知羣星距太陽之遠近不等，惟尙無確實證明耳。

羣星天球之邊界既破，昔以羣星爲嵌在天球內部之凹面者，今則視爲散落分布於空中矣。顧此羣星散布遠至無窮之宇宙，其引起人研究之興趣，初未見勝於昔時包括在天球內之宇宙。故在哥白尼氏時代以後兩世紀內，天文學家聚精會神，祇在太陽系內部之研究，其在此方面，確有進步。觀察羣星者，大都以測定羣星方向，益求精密爲主，總使羣星之位星更爲確定，可據以表明行星之位置及其運行情形也。

惟在此時期以內，觀測羣星，本身亦尙有進步可紀。則有布刺厄「泰科」(Tycho Brahe)氏，於西元一五七二年，見仙后座(Cassiopeia)中，突有一星出現，其光明增加甚速，旋即與金星相等，而經過六個月後，乃黯淡而至於不可見。又有刻卜勒(Keppler)氏，於西元一六〇四年，見蛇夫座(Ophiuchus)中有「新星」(new star)出現，在短時期中大放光明，可與木星匹敵。而伽利略

(Galileo) 氏，於一六一〇年，用新發明之望遠鏡，得見無數之星，若由肉眼不用望遠鏡觀之，僅見少數而已。伽利略氏又首見銀河乃無數之星所聚集而成也。

自西元一六五〇年，邁則 (Mizar) 氏始於斗柄見有數星，在望遠鏡中觀之，則爲成對之星，爰記錄之；又於較明亮之星雲 (nebulae) 及星團 (star cluster)，特加注意。赫列 (Halley) 氏於西元一七一八年，指出羣星乃動而非靜，實爲闡明此理之第一人。諸家之觀測，足以開示後人，使研究天文學者，知若轉移目光，從太陽系而至太陽系外之羣星世界，則尚有無盡之寶藏，正待開發也。

西元一七五〇年，英格蘭達耳咸 (Durham) 城來特「托馬斯」(Thomas Wright) 氏，著宇宙探原論 (An Original Theory of the Universe)，始將在巨大而有界限之天體系統中之羣星組織情形，描寫大略。來特氏有所謂「磨石學說 (grindstone theory)」蓋根據銀河之形狀而立此說。謂銀河爲光明之帶，環繞天上，在望遠鏡中觀之，爲億萬之星，由此可推測包括有太陽之羣星系統，大略成圓盤形狀，其厚度與其直徑相較，則爲甚小。在此圓盤範圍以內，羣星散布，雜

亂無序。太陽殆居於其中心。極多數之星，沿此圓盤之主要平面，依對於地球之各種方向，而投射於天上，而其合成之光輝，即銀河之本原也。

待至康德「伊曼紐爾」(Immanuel Kant)氏，乃採用來特氏建設羣星系統之學說，加以修正，而據此創立更加巨大廣博之系統，頗近於玄想。康德氏著天之學說(Theorie des Himmels)一書，所記年時，爲西元一七五五年，惟發行在數年以後。康德氏於此書中，創立次第增加之天體系統。謂自太陽系爲始，第二系統爲銀河系(galactic system)，由多數太陽集合而成，其中或尙附有行動之天體。再高一級之天體系統，則由多數銀河合成，於吾人之銀河以外，更有其他相似之銀河，而此系統仍僅爲別一種更高一級之天體系統之一部分。康德氏認星雲爲吾人銀河以外之星系，其本身亦爲銀河。是爲「島式宇宙學說(island universe theory)」嘗有多時，最爲人所採用，其後廢棄。今則重生，略改其方式，引起人研究，爲一時最流行之理論。

與來特氏及康德氏並世者，有亞爾薩斯(Alcace)人藍伯(J. H. Lambert)氏，於銀河系之構造及星系之分階級(此星系包括彼星系，次第而進，以至於吾人想像之止境)所具觀念，略

與來特氏等相似。『天體各自轉動，地球繞太陽而旋轉；太陽繞太陽系之中心而旋轉；太陽系又繞其本身與他系之共同中心點而旋轉；此一羣，此若干系之集合體，繞其本身與相類他羣之共同中心點而轉動；如何終止，非人所能知矣。』

當此之時，天文學家立論，頗多臆測之詞，遠非實際觀測結果，可爲憑證，臆測愈遠，乃至無甚重要。惟三氏大膽立說，甚有類於靈驗之預言家，尤以從最近所發明者觀之，其理論乃確有先見。其目光之銳利，直透過宇宙之苦蕾，而見得豔麗複雜之花，若在先民，以及繼起之衆學者，不過能察見暗淡不明，範圍展至無窮遠處之構造物，其任何一部足爲他部之代表者而已。來特氏，康德氏，及籃伯氏，窮探空海，吹送船後餘煙，直至銀河，而深入其外，使後之探險者，用其測深之鉛錘與繩，有所采獲，而三君與同享光榮焉。

赫瑞勒〔威廉〕(William Herschel)氏，英格蘭人，爲天文學家中於太陽系以外更加探索，範圍既廣，且有系統者之第一人。故享恆星天文學創始者之盛譽。其墓碑刻拉丁文曰 *caelum perripit claustra*，猶言：『君突破天之境界』也。赫氏確是始視恆星系爲三度空間構造物而

詳加研究之人。赫氏多才多藝，不止爲卓異之音樂家而已，且能製造大反射望遠鏡，發見天王星 (Uranus) 並太陽系中別種特色等。其終身自課，孜孜不倦，在科學上之成就，爲研究天之構造。赫氏既決心致力於此，則於一七七五年，開始觀天。天文學之發展，雖已有數千年，歷時不爲不長，然如從科學上研究宇宙構造之問題，則亦祇爲近代之事，與北美合衆國之建國相先後而已。

若有人焉，已入深林密箐之中，而欲外出，最捷之途徑，自爲沿樹木似屬最少之方向。樹木如分布整齊，又矮小而易於望見在林邊者，則尤宜用此法。在銀河系內觀測天文，情形正復相似。赫瑞勒氏爲使複雜問題化爲簡單之故，乃如來特氏之所爲，入手卽假定羣星分佈，多少整齊。又假定其望遠鏡之視力，能深至太陽系境界爲止。如別種情形相等，則在任何方向上，至於此境界之距離，乃與在此方向上在一定大小區域內羣星數目之立方根成比例。試舉例以明之，假定在兩種方向上，數得之星爲六十四與二十七，則至太陽系邊界之兩種相當距離，乃成四與三之比也。

赫瑞勒氏之研究步驟，爲用其十九英寸直徑反射望遠鏡，次第對向天上各區，而細數其視域中所見之星數。其望遠鏡之視域，爲十五分，卽約等於滿月之視面積之四分之一。在天上各區中有

數部分僅可見兩三顆星，然在銀河中最明亮處，則一區中星數，多至五百八十八顆。赫氏共觀測三千四百區，由計數結果，得依所立定律，推算自恆星系中心至恆星系能見之境界上之相對距離，於是可定恆星系能爲人望見者之形式。此乃狀如粗製之磨石，與來特氏所想像者相符，其直徑爲其厚度之五倍或六倍，然是破裂之磨石，卽其周圍有三分之一，乃破裂者，蓋銀河圓周之三分之一，大有暗淡之處，分銀河爲平行之光條也。

此「破裂磨石學說」亦頗簡單。雖一種學術，初創之說，常屬如是，然赫瑞勒氏旋卽察知所據之設論有悞，不合事實，爰以布告學人，緣羣星之分布，絕不均勻整齊故也。羣星集成團，或成浩蕩之雲，而繁星密布之區，又時隔以暗淡區域，其中僅可見極少之星也。

惟赫瑞勒氏細數天上星數，而不能有所采獲，其原因尤在所用望遠鏡視力所及不遠，未能透入空間深處之故，蓋其望遠鏡僅能見十五等星，而無論沿何方向，赫氏決不能察及恆星系之境界也。赫氏之宇宙，祇約有六千光年直徑，爲銀河系之部分，與太陽相近，而爲氏所能見者而已。赫氏之宇宙，雖據太陽言之，乃對稱者，然於銀河系全體之情形如何，殊罕能有所表明，僅在銀河平面上，其

範圍較擴張，情形稍有不同耳。

以上所述，乃昔人於天之構造問題，着手作有系統之研究時，所得結果。由是可見，以後研究此問題時，應破除何種困難，又使人惕然知警，覺欲解決此大問題，定須經歷長歲月也。顧赫瑞勒氏之量星數法，亦祇爲其研究天之構造時之一小部分工作而已。赫氏自製大望遠鏡，用以發見各種恆星現象，爲前人所未知。又觀測多數雙星（其中確有相對旋轉者），星團（cluster of stars）及各種星雲，而編成星體目錄。自赫氏發明以後，天文學真成爲星學矣。

赫瑞勒「威廉」氏之子，曰赫瑞勒「約翰」(John Herschel)氏，擴充其父研究星數之區域，至於南天。於好望角 (Cape of Good Hope) 觀測。據其所見，銀河乃平薄之圓環，內部羣星散落，蓋銀河並非羣星集成之圓盤所投射之影像也。銀河有暗淡處；如視銀河爲圓環，則此暗淡處乃圓環之缺口，尙爲近理；如視銀河爲羣星集成之圓盤所投射之影像，則此暗淡處必爲圓盤中由中心起之極長洞穴所投射之影像，殊覺更難解釋。然今人察知銀河暗淡處，實由天空塵雲 (dust cloud) 闢入銀河而生，倘使赫瑞勒「約翰」氏早明此理，則不須曲爲解釋矣。

在赫瑞勒氏父子之後，研究銀河者立說不一，有一說最有價值，漸爲衆所尊信，此說創自普洛克托 (Proctor) 氏。其在英格蘭明白發表此說頗早，蓋在西元一八六九年。普氏謂銀河乃恆星雲所合成，恆星雲如帶，排列在天空中，距離各不相同。鹿特丹 (Rotterdam) 之伊斯吞 (Eaton) 氏，復進一步，舉出證據，欲以顯示恆星雲之合流，成雙臂螺旋 (double-armed spiral) 之狀，與奇異之漩渦星雲相似。昔康德氏曾有「島式宇宙」之學說，其不爲人所採用，已有五十年，而不爲人所提及，亦踰二十五年，今則復因此而得人追憶也。

卡普退 (J. O. Kapteyn) 氏，於荷蘭國哥羅凝加 (Groningen) 研究銀河系之構造，始用近代之統計學研究方法。卡氏於一九〇六年，建議選擇天上若干區域，詳細研究，邀世界各處天文家，一齊注意，所選區域，約有二百處，面積不大，均勻分布於南北兩極之間。所注意者爲各區域中羣星之數目，明暗程度，運動情形，距離遠近，乃各種特色等。卡氏蓋欲集合羣力研究，取得資料，以期另闢途徑，解決大問題也。

卡普退氏卒於一九二二年，在去世以前不遠，發表其研究進行情形之最後報告，指明羣星離

日愈遠，則漸稀薄；而其由密而稀也，在沿銀河方向上，變化最緩，在與銀河成直角方向上，變化最急；在沿銀河方向上，至二萬七千光年之距離處，星之密度 (star-density) 僅得在太陽附近處星之密度之百分之一；在與銀河成直角方向上，至五千四百光年之距離處，星之密度，即已祇有在太陽附近處星之密度之百分之一也。此類巨大之距離，係以光年計之，而不用尋常之英里，以免所用數字過大。一光年之距離，即光行一年之距離，約等於六、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇英里，即六萬萬英里。

今世計算羣星，與赫瑞勒氏之法，不同之處，重要者有二事。今之觀測方法，係向天上各區域攝影，而由照片上計算星數。在威爾遜山 (Mount Wilson) 天文臺，用一百英寸直徑望遠鏡，攝取之相片，其上星數，為赫氏所見星數之三十倍。惟研究之困難，尙不在計算星數之多，而在分辨何項之星，應行計入。今時計算星數，係依星光明暗程度分類，即依所謂星等 (magnitude) 是也。

一等星為明亮之星，較二等星明亮二倍半，二等星又較三等星明亮二倍半。依此倍數定律，可將任何物體之明暗程度已測定者，定其等級。肉眼所能見之星，僅至六等。星等更高之星，祇可於望

遠鏡中見之。用一百英寸直徑望遠鏡，可將暗至二十一等之星攝影。二十一等星，較一等星乃暗一百萬倍（此倍數即二·五之二十次方）較一等星為明亮者，尚有數星，依此倍數定律，當以較小之數表其星等。如天狼星（*Sirius*），為羣星中最明者，其星等乃負數一·六也。

星等自視星之實在明暗程度與其離地球之遠近而異。如一切星本體之明亮相同，且離地球同遠，則星等相同。如其本體之明亮相同，惟離地球之遠近不同，則人目所見諸星之明暗不同，而其星等即表示其相對之距離。試取兩星研究之，假設一為一等星，一為二等星。此二等星較一等星暗二倍半，則其離地之遠必為二等星者之一·六倍，因星光明暗，與其距離之平方成反比例故也。是以二、三、四、五、六……等星，與其與地之距離，與一等星相較，必為其一·六、二·五、四·〇、六·四、一〇·〇……倍。天文學家依星等分計一區域中之星，實即計算與地相隔各種距離處星之數目也。

上言假定星之本身光暗程度相等，則星等相同之一切星，乃散布在以地球為中心之一球面上。凡較此恰暗一等之一切星，則散布在此球面以外之別一球面，而後一球面之直徑，較前一球面

大一·六倍，即後一球面之體積，較前一球面之體積大四倍之譜。如羣星係均勻散布於宇宙之空間，則暗一等之星，其總數必較明一等之星大四倍也。如在任何方向上，各星等星數之增加加速或加緩，則知沿此方向，星之排列加密或加稀。是以次第計數各星等之星數，即能窮望遠鏡視力所及，以決定羣星排列在空間之大概情形。

以上所述，爲今世用統計學研究方法以求測知銀河系構造情形之根據。然有當知者，即羣星之實在明暗程度，未必俱同，惟縱有差異，尙不足以使結論失效，因計數之星極多故也。從羣星相片獲得資料，所遇困難，尙不在計數羣星，前已述及；其困難卻在應計數何星之問題。蓋計數羣星，先必決定星等；計數之星多至若干萬，則此決定星等一事，即已極繁也。

全部天空中之羣星，較各種攝影星等 (photographic magnitude) 爲明亮者，總數若干，甚易從所選各區域計算之結果求得之。俱載於第一表。細察此表，知每增加一等，星數增加之比率，未有大至四者；假如羣星係均勻分布者，則每增加一等，星數必增加四倍，故今有以知其不然也。

是以星之排列，大概離地愈遠則愈稀，而星等較高即較暗之星，其由密而稀之變化情形亦較

第一表 較某一種攝影星等爲明亮之星數

星等限	星之總數	星等限	星之總數
四、〇	三六、〇	一三、〇	二、七二〇、〇〇〇
五、〇	一、〇三〇	一四、〇	六、五〇〇、〇〇〇
六、〇	二、九四〇	一五、〇	一五、〇〇〇、〇〇〇
七、〇	八、二〇〇	一六、〇	三三、〇〇〇、〇〇〇
八、〇	二二、八〇〇	一七、〇	七〇、〇〇〇、〇〇〇
九、〇	六二、〇〇〇	一八、〇	一四三、〇〇〇、〇〇〇
一〇、〇	一六六、〇〇〇	一九、〇	二七五、〇〇〇、〇〇〇
一一、〇	四三一、〇〇〇	二〇、〇	五〇五、〇〇〇、〇〇〇
一二、〇	一、一〇〇、〇〇〇	二一、〇	八九〇、〇〇〇、〇〇〇

急速。惟即在威爾遜山用一百英寸直徑望遠鏡攝影所得之最暗之星，如再進求一等，則星之總數亦增加幾近一倍。故二十一等星對於地球之平均距離，雖已甚大，然即在二十一等星處，其離行星

系之最外境界，尙遙遠無可測。此望遠鏡能見之星數，幾有十萬萬，而依西耳（Seares）氏之所估計，則此巨大驚人之星數，尙僅有全部銀河系中星數之百分之三而已。

取所選天上各區域星數計算之結果，依照其與銀河之距離而排列之，則見在沿銀河方向上，羣星離地，自密而稀，變化最緩，而在銀河上下，羣星離地，自密而稀，變化最速；此即上文述及之情形。在一百英寸直徑望遠鏡視力所及範圍內之恆星系部分，學者最初約略定爲『形如一蜂羣，不成圓球而成扁體，其最密處，在其中心。』此爲「卡普退氏宇宙（Kapteyn universe）」即「赫瑞勒氏磨石宇宙」之放大者也。

如此大略推測恆星系之形狀，則認太陽之位置，殆即在全部之中心點。惟太陽雖與中央平面相近，可以無疑，然向來計算星數，係在天上，沿與銀河平行之圓周，分割區域，而行之，故太陽在恆星系中，是否確居中央位置，尙不能確定。試沿銀河迴環視察，則見在人馬座（Sagittarius）內，銀河最明亮，而在對面之御夫座（Auriga）內，銀河最暗淡。倘銀河系係對稱者，則地球自必在沿後一方向上，與其邊界相近。故在銀河系之統計學研究中，第二步爲定太陽之偏心地位。於是又有複雜

問題發生。

柯耳氏依所選天上各區域沿銀河之地位，排列計數之星數，細加研究，而覺星數最多之區域（假定在沿通過此系中央之方向上），乃視在計數時所規定星等之限度而異。以最明亮之星言之，此係沿船底座（Carina）之方向。若計數所包括之星，逐漸加暗，則星數最多之方向，沿銀河而逐漸東移，直至最暗之星悉行包括時，此方向乃止於人馬座區域以內。故知在吾人周圍，星之分布，乃有兩種情形：一爲近處之恒星雲，爲恒星景象之主體；一卽銀河之本身，暗淡而更遠之羣星多屬之。

約在一世紀以前，赫瑞勒「約翰」氏注意於一羣排列如帶之明星，穿過銀河，相交之角度頗大者，謂：『觀此星帶之景象，頗使人疑恒星系中與地球最相鄰近之天體，乃爲成片或成層而有附屬性之集合體之一部分。』一八七四年，美國天文學家谷耳德（Gould）氏，指出此明星合成之狹帶，實圍繞全天，而成大圓，與銀河本身相似。此大圓對於銀河傾斜，成十二度之角，其穿過銀河之處，在北方爲仙后座（Cassiopeia）在南方爲南十字座（Southern Cross）。此星帶包括獵戶座（Orion），金牛座（Taurus），仙后座，天鵝座（Cygnus），天琴座（Lyra），天蠍座（Scorpius）等

中最明亮之星，以及沿南天而至大犬座 (Canis Major) 間諸最明亮之星。

此明星之帶，所屬之天體系統，可稱爲本星系 (local system)。由計數羣星之結果，知此本星系，似爲甚扁而略傾斜之恆星雲，其中心點係沿船底座方向上離太陽不遠。人目能直見之羣星或用不甚大之望遠鏡能見之羣星，多屬於此恆星雲中。視力較強之望遠鏡，則能透過此本星系以外，而入依照銀河系本身排列之羣星之範圍以內。銀河系則爲較大之天體系統，其中心點在沿人馬座恆星雲之方向上，與太陽相離頗遠。上述之結論，乃栖耳氏在西元一九二七年所發表，此乃用統計學方法研究銀河系景象之第二步結果。

同時之天文學者，則多聚精會神，以研究天體構造之大問題。有兩家之學說，特爲重要，與今茲所論，頗有關繫。一爲沙普雷 (Shapley) 氏，在威爾遜山天文臺，測定球狀星團 (globular star clusters) 之距離，頗有成就。沙氏於一九一八年，指明此類星團，集爲一大系統，與銀河成對稱，其直徑爲二〇〇〇〇光年，其中心點在沿船底座之方向上，與太陽相距，約五〇〇〇〇光年，此方向與銀河系中心點之方向幾屬相同，後來用計數羣星方法測知之。

與沙普雷氏上說同其重要者，則爲沙氏在一九二三年所指示之現象，即特萊耶 (Drayer)

氏新編星表 (New General Catalogue) 中第六八二二號星雲，乃遠較球狀星團所包括之天體構造爲遠。哈布爾 (Hubble) 氏於西元一九二五年，舉出明證，以指示在三角座 (Triangulum) 中之明亮漩渦星雲 (銅版圖第二幅) 亦爲銀河系以外之別一天體系統。學者旋即察知一切漩渦星雲，以及其他羣星集合體，乃遠在銀河系範圍以外，而其本身實亦巨大之銀河也。

在西元一九二五年前後，宇宙之內幕，次第揭開，其迅速至足驚人。宇宙情形，有若干部分，收入人心目中，極爲明白；又有若干部分，僅引起人之研究興趣，而使其有所猜測，不祇科學家如此，即常人亦復如此。今已能將舊時所未能見之景象，補充若干部分，而將人可察知之宇宙，描寫其大概，匪昔時所能及，惟將來尙須據研究所得，不時修改闡明之。以最近在一九二八年所推測之宇宙景象，經天文學家多人所審定者言之，有如下述。

吾人之銀河系，乃由數百萬萬之星集合而成之扁平系統。其外圍約成圓形，直徑爲二〇〇、〇〇〇光年，厚度約爲其十分之一。在中央之核之兩對邊，相隔約三〇〇、〇〇〇光年，發射兩道恒星

雲所成之大星流，在同一平面，依同一旋轉方向而彎曲，與遠處漩渦星雲之臂相似。依此見解，吾人之銀河系，實亦一漩渦星雲，與三角座中之漩渦星雲相似（銅版圖第二幅），惟較長耳。吾人之恆星雲乃衆多漩渦星雲中之一，正似吾人之太陽，乃羣星之一也。

在銀河系中，沿在御夫座之方向上，自中心點至邊界上之中點，有太陽存在；而以本星系言之，則太陽位於本星系中心點之附近；此本星系，乃扁平之恆星雲集合體，或由若干恆星雲合成。其直徑約爲一〇・〇〇〇光年，其平面則對於較大之銀河系主要平面，成十二度之傾斜角。其他恆星雲，人得見其投影者，則成爲銀河之圓環，其最光明之部分，係在人馬座中（銅版圖第四幅），指明銀河系中心之方向，此中心點距太陽爲五〇、〇〇〇光年。在此大系統之組織中，有塵雲霧人，頗關重要，而此大系統之一部分，乃被其掩蔽，而不得見。尙有其他漩渦星雲若干，暨各種形式之羣星集合體若干，與銀河系相隔，其距離須以百萬光年計之。此種星雲暨星之集合體，卽銀河外之銀河也。

上述包括地球之銀河系之情形，自屬僅得大概，不過就吾人所知之事物，擇要述之，猶作畫者於紙上用鉛筆鉤寫，聊見景物輪廓而已。其中所述數種距離，亦是約估之數，藉以見宇宙之大，究至



第二幅 北三角座之大漩渦星雲。
銀河外漩渦星雲之最近者，與吾人銀
河系當屬相似（業岐茲天文臺攝影）。

如何程度，使人略識天空之浩渺而已。若將較重要之細節補入，則須天文學家多人，通力合作，積多年之功夫，始能獲有資料。天文學家在銀河系之內觀測，欲將其各部分之真正關係，確實表明，殊非易事。譬之，人在深林之中，決不能看清各樹之位置也。倘使人能升至最近之銀河外銀河系中，而觀察吾人銀河系之形狀，若飛鳥在天，俯視大地，所見當較明白。又上文所述銀河系大概，僅為靜止時之象，實則銀河系動而非靜，須有活動之圖畫以表明之，猶之地上活動事物，攝成活動影片放映之，方能見真象耳。

前兩章，曾鋪敘過去三千年間天文知識進步之主要歷程。每次之大進步，係由天文學家多人，用力研究，鏗而不舍，始有成就。人有求知身外事物，及其與人關係之大願，故促起天文學家之用力研究。古人心目中之宇宙，如渺小花芽，發榮破蕾，逐漸開展，其情形可於前兩章中識之。

在哥白尼氏時代以後，天文學家目光，始穿過原來視為綴有恒星之天球，而至其外似無止境之羣星境域。自望遠鏡發明，乃得注視千百萬之星，不勝驚訝，以為此千百萬之星，亦即太陽以外，千百萬之太陽，如此猜想，亦頗近真。觀測歷時既遠，則知羣星閃爍，雖使人目眩神迷，然其系統實秩然

有序，至於此系統之形狀，究屬何若，則尙待研究，而觀測愈精詳，則所見星數愈多，昔祇知有數百萬者，乃增至數百萬萬。天之境界展拓，而以銀河系之境界爲其新境界，在其內者爲人所能見之宇宙，此外則無所知。來特氏及康德氏曾言及吾人宇宙外之衆宇宙，然祇虛存想象，無可以觀測之事物，爲之證明，故學者不敢置信耳。

僅在近數年以前，第二次分割之宇宙境界，又復衝破，學者用最大之望遠鏡，觀測天象，窮其視力所及，得見有數百萬之恆星系，俱巨大使人失驚。此爲銀河外銀河，其團結一如羣星。惟衆銀河是否合成一系，卽所謂超銀河（metagalaxy），而以其境界爲宇宙之第三次境界，則祇爲由引伸而得之類似現象，今尙未能證明也。

依天文學之發展次序言之，研究天之構造，以統計學方法爲第一種方法。直至最近時爲止，以前僅有此法，可資應用。故上文先詳述自赫瑞勒「威廉」氏以至今日，諸天文學家採用此法之情形，及其結果。惟統計學方法之效用，非漫無限制者，凡用此法者，亦已見及。由此法考定天上景物，祇得其平均情形，天上儘有異常之景物，如星團及星雲，以及阻礙視線之塵雲，俱有趣味，且亦重要，然

在統計學方法中則多不顯出。譬如以粗筆作畫，橫掃紙上，自不能繪出景物之細微跡象。且統計學方法於宇宙之大，究至如何程度，亦不克明白表示也。是以用此法所不能考定之細節，不得不從漩渦星雲，依類似原理，以補足之，而由較新之測光法（photometric method），所得結果，以研究宇宙中各部分之距離也。

天文學上，無論作何種研究，不能不知天體之距離，故此種知識，最有大價值，而在宇宙構造之問題中，尤爲第一重要。如吾人能知銀河系中各物體之距離暨其方向，一一無遺漏，則在理論上，卽能製作銀河系之模型，極爲近真，而宇宙構造問題，得以完全解決。惟天體之數無窮，則製造如此模型，在實際上，自必經過無窮遠之年代耳。

就銀河系各天體，一一考察，勢既有所不能，則不得不取簡捷之法代之。試就所有天體之中，擇其分布情形，足以代表羣星分布情形之大概者，卽取此多數特殊之天體，而定其距離。則由此製成之天體模型，能表顯諸特殊天體之排列情形者，亦卽全部銀河系之模型。今日研究宇宙構造之測光法，較新且似更有效驗者，卽屬如此。天體距離及其測定方法之重要，顯然可見，當於下章述之。

第二章 羣星之距離

西元一九三三年，美國芝加哥（Chicago）市開世界博覽會，以紀念過去百年，即所謂「進步之世紀」（century of progress）者之種種成就，而在此「進步之世紀」之初，天文學家尙不能測定太陽系以外天體之距離。直至第二十世紀之初，已知距離之星，不過六十，且大都未定其確數。今日則用原來直接法測定距離之星，已逾二千，而用新發明之方法，以測定距離之星，其數何止數千，方有加無已。天空間距離，既有種種可靠之數，且所知日廣，則天文學家研究之能力，自亦隨之大為增加。

測定星之距離之法，其起源最古，且全屬直接施測者，為觀察其視差之法，易言之，即從不同之兩處，觀測此星方向之變異是也。視差法起源之古，蓋與人類之由來相同。何以言之，人憑藉兩目視物，其方向不同，故能大略估計近在身旁各物體之相對距離。視差法之效用，殆等於一時祇用一目，如此着想，其理甚易明。

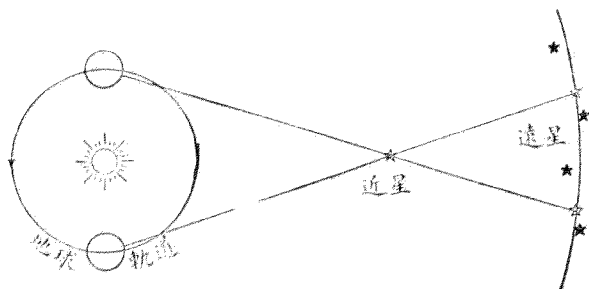
近處之物，如有兩目輪流觀之，則此物對於背面較遠之處，似有左右移動之狀。倘觀較此物體略遠之別一物體，則移動較少。倘觀更遠之第三物體，例如在二百英尺以外之物體，則移動之結果，殆不能察出。由經驗得知，若兩觀測點相距有定，則一物體之視差，隨其距離之增加而減小。若令兩觀測點之距離增加，而物體之距離不變，則視差加大，例如以相離之兩觀測者代替一人之兩目時，是也。

在地球之上，觀測點相離最大之時，係在兩觀測者分位於赤道上地球直徑兩端之時。由如此兩點觀測，太陰方向之差，幾約有二度，即爲其視直徑之四倍。相當之太陽方向之差，僅有一七·六秒，由此知太陽較太陰遠約四百倍；卻有極巧者，即太陽較太陰大，亦約四百倍，故太陽與太陰，看來乃同大之圓盤也。最近之星，較太陽遠約二七五、〇〇〇倍。在地球上兩觀測者所見此星方向相差，僅有〇·〇〇〇〇六秒，即與此數字中小數點在五百英里以外之視差相等。如此極小之視差，非任何望遠鏡所能察出也。

兩觀測者之一，若能升至別一行星，則其距離可以加遠。惟尙有一法，較此佳妙。即觀測一星之

方向，可前後相隔六月時間行之，如此則地球前後位置，乃在其環繞太陽大軌道上之相對兩點。地球之直徑不及七千英里，其軌道之長徑則幾有一八六〇〇〇英里也。然此數法，看來可喜，若略用實例計算，則見其仍有困難；蓋最近之星，其方向之差，仍不能較在一百英尺以外，所見上文中小數點爲大，且此已是最相宜之實例故也。由此可知，憑藉觀測視差，以定星之距離，事乃甚難，須有大望遠鏡，用精密方法，而觀測者又應爲熟練之人也。

天文學家觀測羣星視差，最初從事於此者，乃爲欲證實哥白尼氏地球繞日旋轉之說，如是者有年。然諸家所欲得之證明，卻出於意外之處，蓋一七二二年，卜拉德賚 (Bradley) 氏於格林維基天文臺 (Greenwich Observatory) 發見羣



第三圖 星之視差。

當地球繞太陽旋轉時，人見鄰近之星似對於較遠之星有前後移動之情形。

星位置，因其光差 (aberration of light) 之影響，而每年有周期之移動也。自此以後，測定羣星視差者，乃全爲計量羣星距離。然經過百餘年，諸家觀測，皆徒勞而無功耳。

卒至西元一八三八年，柏塞爾 (Bessel) 氏於哥尼斯堡 (Königsberg) 宣稱彼已測定天鵝六十一 (61 Cygni) (此爲雙星) 之視差。此星移動，異常急速，與其鄰近之星相較，乃有直起直落之勢。由此觀之，此星似較他星爲近於地球，而用以研究視差，最爲相宜。卜拉德贊氏又察得此星前後移動，每年經過之角爲 0.6 秒，此乃離地較太陽遠六十餘萬倍之星，應有之視差影響也。自此以後，他星之視差，逐漸測定，然在視差表中，星數之增加甚緩，直至發明在望遠鏡下用照相片以代人口觀測之法，始能測定多數星之視差也。

西元一九〇三年，士勒辛革 (Schlesinger) 氏，於業岐茲天文臺 (Yerkes Observatory) 用四十英寸直徑望遠鏡，作星象攝影研究，發明觀測計算新法，使直接測定視差法之精密程度，大爲增加。於是此種研究，開一新時代，而世界各處天文臺，安置有大望遠鏡者，共同從事於斯，不下十餘處。故今日用直接法已經測定視差之星，不止二千也。

此種測定視差之新法，係就天上包括有所欲測定之星之區域，於相隔六月之時間，由望遠鏡中攝影。於相片上，精密量出此星對於比較星 (comparison star) 之位置變化。所謂比較星，即與所欲測定之星方向相近之星，然其離地則極遠，而不能察出其視差之位置變化者也。測定一星視差，常必須前後經過數年，以便分辨因此星本身在一直線上運動而生之週期視差影響。既將星之視差擺動之全部範圍測定，常即以其一半爲星之視差，此乃所謂日心視差 (heliocentric parallax)，即星之方向，由地球所見者與由太陽所見者之最大差異也。

天體之視差既定，則計算其距離，甚是易事，惟表示此種距離，應選用何種單位，卻有研究。恒星與恒星間距離極大，若用英里計之，則須用位數極多之數字，極爲不便。例如天狼星爲最明亮之星，且爲與地球最相近諸星之一，其與地球距離，已約有五〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇英里。此較地球與太陽之距離，大過約五十萬倍。在天文學上，計量太陽系中距離，常即取地球與太陽之距離，以作單位。惟計量恒星距離，則天文學家另取較大之單位，有用秒差距 (parsec)，者有用光年者。

秒差距者，義爲此星之視差恰等於一秒之弧者之距離。此巨大距離，等於一九、二〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇英里。以秒差距計算之距離，爲視差之秒數之倒數。例如天狼星之視差爲〇・三七秒，則其距離爲二・七秒差距也。

光年爲光在一年間所行之距離。光之速度爲每秒一八六、〇〇〇英里，故一光年約等於六、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇英里。三・五光年等於一秒差距。是以天狼星之距離爲八・八光年。此兩種大距離單位，用以表示離地球不甚遠之星，頗爲便利。然如銀河外銀河，如以此兩種單位表示距離，又動以百萬計，故間有用更大之單位，如千秒差距 (kiloparsec) 及大秒差距 (megaparsec) 者。

由今時觀測結果，知恆星中有十二星（內有所謂雙星者一，作爲一星計之）與地球相離，較前述天鵝六十一爲近。第二表中，載有此十二星暨天鵝六十一，此十三星與地球之距離，皆不及十一年。

第二表 距地不及十一光年之羣星

英名	譯名	星等	視差(秒)	距離(秒差距)	距離(光年)
Proxima Centauri	半人馬座比鄰星	一〇・五	〇・七八三	一・二八	四・一六
Alpha Centauri	半人馬 α 星	〇・一	〇・七五七	一・三二	四・三〇
Barnard's star	巴那德氏星	九・七	〇・五三八	一・八六	六・〇六
Wolf 359	倭爾夫氏第三五九號星	一三	〇・四〇四	二・四八	八・〇八
Lalande 21185	拉蘭德氏第二一八五號星	七・六	〇・三九二	二・五五	八・三一
Sirius	天狼星	一・六	〇・三七一	二・七〇	八・八〇
B. D.-1294523	B. D.-1 ⁹⁴⁵²³	一〇	〇・三五〇	二・八六	九・三二
Innes' star	印涅斯氏星	一一	〇・三四〇	二・九四	九・五八
Kapteyn's star	卡普退氏星	九・二	〇・三一七	三・一六	一〇・三
Tau Ceti	鯨魚 γ 星	三・六	〇・三一五	三・一七	一〇・三
Procyon	南河三星	〇・五	〇・三一二	三・二一	一〇・四
Epsilon Eridani	波江 ϵ 星	三・八	〇・三一〇	三・二三	一〇・五
61 Cygni	天鵝六十一星	五・〇	〇・三〇〇	三・三三	一〇・九

驟觀之，似此表所載與太陽爲最近鄰之諸星，必僅包括最明亮之星。其實未盡然，蓋第一明亮之星，即天狼星，以及最明亮諸星中之半人馬 α (Alpha Centauri) (譯者案：中名南門二) 及小犬 α (Procyon) (譯者案：中名南河三) 雖均在此表中，然十三星中之七，則非肉眼能見，其星等俱在六等以上。由此可知，羣星本身之明暗，大有差異，實屬顯明。此論極爲重要。人所見星之亮度 (brightness) 實不能確示其距離。僅由大望遠鏡始能察見之暗星，或者實因本身暗澹之故，而其離地並不過遠；或者本身實甚明亮，而祇因離地太遠之故，以致望之暗澹。然如以平均情形言之，而取多數之星，一齊研究，則明亮之星，自必爲最近之星耳。

羣星中之最近者，乃僅在望遠鏡中始可察見之一星，其星光爲十等，稱曰「比鄰星」(Proxima)，頗爲名實相符。一九一五年，印涅斯 (Innes) 氏於南非洲之聯邦天文臺 (Union Observatory) 觀測此星，而表明其有此種特殊之位置。「比鄰星」在芝加哥不能望見，以其永不升至此處地平線以上故也。此星之在南天，係與明亮雙星半人馬 α 爲鄰，相距不逾二度。此雙星即向來認爲最近太陽之星也。比鄰星與此雙星三者，在恆星系中，乃一齊運行者。

當地球繞日旋轉時，較近之星，看來每年畫出視差小軌道，而此軌道之大小，即使人辨明星之距離。星離地球愈遠，則每年位置之變化愈小，而測定之距離，愈不可信。至將及二百光年距離之處，則地球旋轉之視差影響，實際上不能察出。大多數之星，距離遠在二百光年以上，故今日不能用直接測定視差法以定其距離。他時更造較大望遠鏡，則此種測定範圍，可略為擴張。然若能令兩觀測點相離益遠，則測定結果，當更有效；今之兩觀測點，乃在地球軌道上之相對兩點也。

自赫瑞勒「威廉」氏之時代以來，天文學家，已知吾人之太陽系，對於周圍之羣星，乃沿大約可以明亮之天琴 α (Vega) (譯者案：即天琴座 (Lyra) 中最明亮之星，中名織女) 表明之方向，向前進行。其速度為每秒鐘時十二英里；每年進行之距離，大約等於地球軌道直徑之二倍。吾人向前進行，故羣星看來沿反對方向進行，此種地球上所見之向後運動，自屬在最近之星最為顯明。此確有視差影響，且隨時間而增加。如星離地球甚遠，而此種影響，不能在一年之內察出，則可靜候兩年或數年，直至可以測定其影響也。

驟觀之，太陽系向前進行，所畫之基線，永遠加長，即足據以測定一切衆星之距離。若羣星本身

乃固定者，固屬如是。然羣星全屬運動者，故在實際上，常不能分辨各星本身特殊運動之視差影響。羣星之距離，仍不能用此直接視差法以測定之。此法之適用，祇限於最近之星而已。然在近年，已發明他法，可測定距離極遠之星矣。

上文常用星等一辭，實則爲視星等 (apparent magnitude)，卽由地球上觀測而定星光明暗之等級，全屬於人之客觀方面者也。如觀測星光，而知其視星等，又已知星之距離，則可推算假定此星約至某特定距離處時，其星等爲何。天文學家所特定之標準距離，爲十秒差距，在此距離，星之日心視差當爲十分之一秒。在此距離處之星等，爲絕對星等 (absolute magnitude)。

既知任何一星之視星等 m ，及其距離之秒差距數 d ，求其絕對星等 M ，公式如下：
$$M = m + 5 - 5 \log d$$
用此公式時，須明瞭對數，然茲祇解說此公式之意義，讀者卽不熟悉對數，亦屬無妨。此重要公式，表明三項之關係，其中之視星等，可由觀測而定。如有別法，以測定星之絕對星等，則其距離卽可用此公式算出。惟如尙未知星之距離，如何可知其絕對星等乎？此問題之答案，係於研究變星 (variable star) 之性質時發見之。

有數千之星，其亮度時時變化，名曰變星。此非指星光閃爍而言，乃指星光之別一種變化情形，增減較緩者而言，其經過之周期，有爲數小時者，有爲數日者，有爲數月者，亦有變化無方，不能預料者，有多數之星，其明暗之變化，乃由星蝕 (eclipse) 所致。蓋此等星看來爲單星，實則爲成對而緊相接近之星，互沿軌道旋轉，而其軌道平面之方向，則幾於正對地球。故當雙星旋轉之時，交替掩蔽而成星蝕，其相隔時間，大致有定，而當星蝕之時，此雙星之亮度即減低。在英仙座 (Perseus) 中之阿爾哥爾星 (Algol) (中名大陵五) 即惡眼之「惡鬼星」 (Demon star)，乃蝕變星 (eclipsing variable star) 中最有名之一例。惟吾人所注意者，尚不在此類變星，而在別一類變星。

大多數之變星，並非上述之蝕變星。此別一類變星，通常以爲祇是單星，而其亮度之增減，必在其本身內之變化。依所謂脈動學說 (pulsation theory)，凡星光變化在其本身者，俱時時漲縮，若有節奏者然。在收縮時，加熱加明；在膨漲時，加冷加暗。惟有當言之無隱者，即此種脈動，尚不能解釋變星之一切現象，至於毫無疑義。昔人立此學說，原以說明最顯著之造父變星 (Cepheid variables) 也。

仙王 (Delta Cepheus) (譯者案：中名造父) 足爲此類變星之代表，故此類變星，名曰造父變星。此類之星，大都色黃如太陽，惟爲超巨星 (supergiant star)，其本來面目，乃遠較太陽爲大，且遠較太陽爲明亮也。此類星既有如斯特色，與尋常之星不同，故極少見，大約在一百萬星中，能稱爲正則之造父變星者，不過一星而已。惟以全部宇宙而言，則其數亦復不少。此類星本身極光亮，故雖遠在他星暗淡不能爲人所見之處，此類星仍可察出。其光度之變化，乃連續增減，約有一等之譜，其循環之周期，則長短不同，有不及一日者，有大至數星期者。

造父變星之光度增減，原因雖尙未明瞭，然其變化之顯著關係，足以透露其距離者，則無可致疑。其光度變化之周期，隨其星本身之平均光度之增加而增加。茲據沙普雷氏近年觀測所得之資料，製成第三表，以明白表示此種週期與光度 (luminosity) 之關係。表中之絕對星等爲攝影所得之星等，且爲平均星等，即星光最明時星等與最暗時星等之平均數也。

造父變星，其光度變化周期爲一日者，其平均絕對星等爲負 0·三等。略加計算，可知此星較太陽亮一百五十倍。如其周期爲十日，則絕對星等爲負 1·九等，即較太陽亮五百倍。如其周期爲

一百日，則絕對星等爲負四·六等，即較太陽亮六千倍，確爲超巨星也。如將此等數值，暨第三表中其他數值用曲線繪出，則得所謂周期光度曲線，表示周期與絕對星等之關係。此種關係，可假定爲任何處之造父變星無不有之。

今得一計量天體距離之最有效方法矣。造父變星，散布於天上各處，以其本身之光明，故雖在極遠之處，仍可得見。不僅其在銀河之遠方恆星雲中者，可由望遠鏡察見；且即在銀河外銀河中者，亦可見之。無論宇宙中何處，其所有造父變星，祇須有一星可以察見，則其距離可以測定，而他星與之相聚者之距離，即可推測。其法殊簡，不外先觀測此變星，俟其光度變化之周期已定，乃由週期光度曲線，讀出相當之絕對星等，同時觀測此變星之視星等，然後依前述公式以推算其距離，可也。

在造父變星中，如造父一，其周期平均約爲一星期，在此一類之星外，尚有一類之星，爲數之多，

第三表 造父變星變光周期與絕對星等之關係

變光周期日數		絕對攝影星等	
一〇〇	一〇	負四·六	負一·四
五〇	一〇	負三·五	負一·四
一〇	一〇	負一·九	負一·四
一〇	一〇	負一·四	負一·四
一〇	一〇	負一·四	負一·四
一〇	一〇	負一·四	負一·四
一〇	一〇	負一·四	負一·四
一〇	一〇	負一·四	負一·四
一〇	一〇	負一·四	負一·四
一〇	一〇	負一·四	負一·四

與之相似，惟其光度變化周期，則在半日上下。其色爲藍而非黃，其中未有一星，能明亮至不用望遠鏡仍可察見者。在數處大球狀星團，位於吾人銀河系之附近者，尤常有此類之星發現。因此之故，此類星特稱爲星團類造父變星，或僅稱爲星團變星 (cluster variables)。

前述之正則類造父變星，其變光周期與絕對星等有連帶關係，利用以測定距離，極有價值；若夫星團變星則無此種關係。然星團變星亦符合一種定律，利用以測定距離，其功效相等。其變光周期之長短，可置不論，其實在之光度，則幾於相同。其絕對攝影星等，乃是零等，易言之，卽此類星看來極暗淡者，實則遠較太陽爲明亮，其相差倍數，殆有一百倍也，依此計算星團變星距離，方法更爲簡單，祇須觀測其視星等而已。

最近數年之中，天文學家，闡明宇宙真相，進步極速，大部分得力於星團變星及正則造父變星。測定距離，既得便利，於是可作別種研究，例如沙普雷氏研究球狀星團系統，哈布爾氏研究銀河外銀河系，以及今時天文學家用功遠探銀河系是也。以後數章當詳述之。然有當明辨者，卽以星之絕對星等與其視星等相較，而定其距離，此種新法，實需用對於空間透明程度之知識。星之絕對星等

與星之顏色，兩者究有如何關係，今當首先研究之。

明亮之星，其色不同，人所習知。試於冬夜觀天，則見獵戶 α (Alpha Orionis 即 Betelgeuse) (譯者案：中名參宿四)，爲紅色，獵戶 β (Beta Orionis 即 Rigel) (譯者案：中名參宿七) 爲藍色，兩星位於此四邊形星座之兩對角，而在其北方，則有御夫 α (Alpha Auriga 即 Capella) (譯者案：中名五車二) 爲黃色，其色之不同，蓋未容忽視也。至於較暗淡之星，若於望遠鏡中觀之，則星光集中，可辨明其彩色，如用攝影法測定，則尤爲便易而正確。設有兩星，在人目觀之，明亮相同，其彩色較紅者，在攝影片上常較暗也。

金屬受高熱時，初發紅光，溫度再升，轉現藍光，星之光色亦然，足以表明其表面之溫度。紅色之星，即溫度最低之星，其溫度以攝氏分度法之絕對溫度計之，約較二千度爲略底，大略等於鉑之熔點溫度。故即溫度最低之星，亦屬甚熱。黃色星溫度如太陽約爲六千度。藍色星更熱，其溫度有高至二萬度甚至三萬度者。

當用分光儀觀測時，星光分成三稜鏡之光譜，自紫色至紅色，與虹之彩色相似。光譜中，常有暗

線多條，此表示星光散播其輻射時效力較弱之光波長度。自一八二三年，夫牢因和斐 (Fraunhofer) 氏開始研究星之光譜以來，學者察得羣星之光譜中，暗線不同。星光愈紅，則暗線愈複雜也。用攝影法研究恆星之光譜，爲哈佛大學 (Harvard University) 研究成績之重要部分，經時殆已有五十年。所攝天上各部分之相片，數以千計。法爲於望遠鏡之接物鏡前，裝置巨大之三稜玻璃，其在照相乾片上所留之像，乃星之光譜，而非星之形像。經過如是研究而分類之星，已在二十五萬以上。

此種光譜上顯出之暗線，種種不同。如分類排列，依星之溫度爲序，由高向低，卽依星之紅色增加程度爲序，則見羣星之光譜，連續排成一系，自最熱之星以至最冷之星。其在羣星光譜中不能求得適當位置之星，在一百星中，未逾一星。研究恆星光譜，爲敘述便利起見，曾參照此種變化次序，定爲六級，以 B、A、F、G、K、M 代表之。此爲德雷拍 (Draper) 氏標準分類表中之主要分類。每類又分爲十分，例如某星之光譜，適在 B0 類與 A0 類之中間，則屬於 B5 類也。

光譜 B 類之星爲藍色，所含暗線，以氦原質之暗線爲其特色。獵戶座中之明星，多爲「氦星」

(helium star) 光譜 A 類之星，例如天狼星及織女第一星，亦爲藍色；其光譜以氫原質之暗線爲其特色。光譜 F 類之星帶黃色，如老人星 (Canopus) 爲其一例；G 類之星爲黃色，如太陽又御夫 α (譯者案：中名五車二) 俱是其例。此兩類星之光譜，有金屬之暗線數千道，爲其特色。K 類之星，爲橙黃色，如牧夫 α (Arcturus 即 Alpha Bootis) (譯者案：中名大角星) 爲其一例；M 類之星，爲紅色，如獵戶 α (譯者案：中名參宿四) 爲其一例。此兩類星之光譜，更爲複雜，既有暗條，又有暗線也。

羣星光譜中之暗線，多由星外大氣之吸收作用所致。在星外大氣中，每一種氣體原質，例如氫氣，在光譜上，各作成特有之線條。惟有當辨明者，即所謂「氫星」，並非所含之此種原質特多。據吾人研究所得，知一切衆星，含有同樣物料，而其含量之比例，亦略相同。在 B 類星之高溫度時，氫氣於作成其暗線，最爲顯著。羣星之所以能依光譜分類，乃由於溫度不同之故，非因其化學成分有何差異也。

上文述恆星光譜，極爲簡短，頗多疏漏。本意祇爲使學者略識大概。所注重者，乃在光譜所分星

類與絕對星等之關係也。

前已述及，羣星之實在光度，大有不同。「比鄰星」甚暗淡。非人目所能見，而天狼星顯然為天上最明亮之星；顧「比鄰星」與地球之距離，尚不及天狼星與地球之距離之半。學者逐漸考定羣星之距離，乃發見星光絕對星等，與星之光譜分類，有顯著關係，殊堪注意。一九一三年，羅素（Henry Russell）氏於普麟斯吞（Princeton）大學，始以「光譜與光度關係圖」（spectrum-luminosity diagram），明白宣示學者，此圖對於後來之天文學研究，大有深切影響。

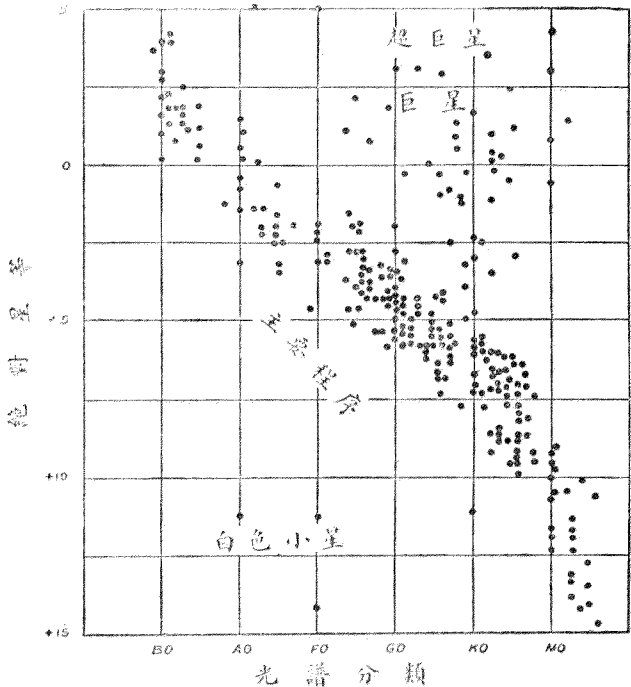
此圖（第四圖）由多數之點，集合而成，每點代表一星，其絕對星等暨光譜分類為已知者。各點之垂直位置，以星之絕對星等定之；其水平位置，以星之光譜分類定之。星之絕對最明亮者，其點之位置，近於圖之頂部；星之最紅者，其點之位置，近於圖之右邊。綜合諸點觀之，乃成阿刺伯數字 7 加一點（即 7.）之反文，而 7 字之斜畫特加粗者。

大多數之星，其點之位置，在一條狹帶之內，此帶起自圖之左上角，止於其右下角。此為「主要程序（main sequence）」太陽亦在其內，太陽乃黃色星，屬於光譜 GO 類；其絕對星等為四·八

五，易言之，即在標準距離十秒差距處，太陽當暗淡如五等星也。

星光沿主要程序變

化，紅色愈增加，星光愈暗淡。在圖之頂部，為藍色之B類星，其中有較太陽明亮萬倍者，故人能從遠處見之。在主要程序之底部，為紅色之M類星，其光度或僅有太陽之萬分之一。此種暗淡之星，距地球最



第四圖 星之光譜與光度關係圖

近者可由望遠鏡中察見；較遠者則不能見。紅色星光度之降低，乃因其溫度之低之故，而星體之小，亦其一因也。

圖中7字反文上筆中各點，代表各色之星，如何解說，諒為讀者所欲知。此等之星，稱曰巨星 (giant) 及超巨星 (super-giant)。在超巨星中，有紅色星，其絕對光度較主要程序中相當之紅色星，高出足有十五等，即大一百萬倍者。但同一類之一切紅色星，其表面溫度大概相同，則以每平方英尺而論之，光明當屬相等。巨星之表面自必有巨大面積也。

是以在天文學家能計量星之直徑以前，已有甚好理由，足以使人信羣星大小，差異甚大，而紅色超巨星，乃一切衆星中最巨大者。故邁克爾孫 (Michelson) 氏建議用干涉儀 (interferometer) 測定星之直徑，於一九二〇年在威爾遜山天文臺，用大反射望遠鏡以作試驗，其時即擇用獵戶s之紅色超巨星也。

由實驗測得獵戶s之直徑，不止二萬萬英里。其大小允可稱為超巨星，其明度亦然。天蠍 α (Antares 即 Alpha Scorpio) (譯者案：中名心宿二) 亦為紅色，而較前一星幾大一倍 (即約

等於太陽直徑之四百五十倍。惟此星在一切已知星中雖爲最大者，然所含物質，僅有太陽所含物質之三十倍；以其中物質分布之處太廣，故其平均密度乃較地球外包圍之空氣稀薄三千倍也。

在第四圖中，尙有出於主要程序以下之點，數雖不多，亦屬重要，可以注意。此數點表示一類白色星，其光度較大多數白色星爲暗淡，相差可至一萬倍。此爲「白色小星（white dwarf）」其中最著名者爲與天狼星緊鄰之一星，光色特暗者。此類白色小星，論其質量，與羣星彷彿，論其大小，約與太陽系諸行星相似，然而密度，則必較地球（或吾人所熟知之任何自然物質，及人造物質）大至數千倍。如此密度之高，至可驚異，故在羣星中，無可與之比擬者。此類白色小星，足以破壞任何關於恆星構造之學說，以其不能賅括之也。

天文學家對於天體距離之知識，既日有增益，乃闢研究之沃壤。試舉一例言之，自有光譜與光度等級關係圖，學者得以分別研究各星。乃知星之爲物，非止爲暮夜高天之閃爍微光而已，蓋物質宇宙之構造，巨大而複雜，實由羣星所積成。有使人驚異者，即星之重量，相差無多；其質量無較太陽之五分之一爲更小者，亦僅有略較太陽之五倍爲大者。然星之體積，則大有不同，故其密度以及絕

對光度，亦大有差異也。

測定天體距離，近年又發明別種新法。在天文學研究境域中，更無別種問題，較此研究爲勤，且所獲較此爲富者。近在一百年前，此恆星距離之問題，尙全未解決；人多以爲此非人能解決之問題。然若此問題，確屬不能解決，則不僅著者不能述爲此章，且併以下諸章，亦不能著筆矣。

第四章 星團

人喜羣居，鳥喜羣飛，天上星辰亦然，無足異也。向使造化措施，使衆星分佈於天空，規律齊整，誠反足使人怪異耳。始初之星，如何集成星團，乃至衆星如何生成，此類問題，可置不論。茲所研究者，爲宇宙在人心目中，其真相如何顯露；宇宙之真象漸顯露，人於衆星集成團體，一同運行，益能辨認明白也。

星團依其相反之性質，分爲兩類：一爲疏散星團 (open cluster) 一爲球狀星團。第一類可以昴宿爲代表。第二類可以武仙座 (Hercules) 之大球狀星團爲代表。

疏散星團亦稱不規則星團 (irregular cluster)。近年天文學家著書，有喜用「銀河星團 (galactic cluster)」以指疏散星團者，乃因其集於銀河平面周圍，頗爲顯明之故。疏散星團雖與地球附近之本星系有連，然此本星系對於恆星雲之主要平面傾斜，而疏散星團則未見受有顯著影響。疏散星團向銀河攢聚，而大多數實在銀河之內，其離銀河之赤道圈罕有踰十五度者。間或相

離較遠，則是最近之星團也。

星團並非天上羣星運行臨時集合而成，實是永遠之團體，對於環境，循整齊之路徑而前進，如一隊船舶，受同一號令而開駛也。星團中衆星，進行速度相同，方向亦相同。就研究所得者言之，連星 (binary star)，複星 (multiple star)，及疏散星團，三者之差異，祇在所含星數之多寡而已。疏散狀星團所含星數，自數個以至數千。衆星俱在運動，故有「移動星團 (moving cluster)」之名，蓋疏散星團與地球相近者，其行動較顯明也。

就位置論之，則大熊 (Ursa Major) 星團，與衆殊異，太陽雖非屬於此團之一星，然吾人之太陽系則在此星團之範圍以內。是以團中各星乃散佈於吾人所見天空各處。團中星數約爲三十，或尙不止此。而北天之北斗星 (除斗柄諸星外)，北冕座 (Corona Porealis) 中最明之星 (譯者案：中名貫索四)，御夫 β (Beta Aurigae) (譯者案：中名五車三) 及南天之天狼星，則此星團中最顯著之星也。此星團中羣星，俱依同一方向而行，而落在太陽系之後。以其退行之路，看來顯屬會於一點，如鐵路軌道上兩軌條看來在遠處相交者然，故此星團將來終有顯出疏散星團形狀之

時代也。

較上述星團爲遠者，則爲人所熟知之 ∇ 字形星團，即金牛座中之牛面星團（Hyades）。此團中諸明星（除金牛 α （Alpha Taurus 即 Aldebaran）（譯者案：中名畢宿五）外），以及周圍羣星，在天上所佔區域，足有太陰之視直徑十二倍者，共約有八十星，集成足爲代表之疏散星團。約在八〇〇〇〇年前，此星團行過太陽之旁，相距僅有六十五光年之遠。今則距離已有兩倍。而在將來不及一萬萬年之時，此金牛星團，當行至遠處，僅在望遠鏡中始能察見，而其位置則在獵戶 α （譯者案：中名參宿四）東方不遠也。

一萬萬年，自屬極長時期。在此時期中，倘金牛座星團，仍依其對於太陽之速度，即每秒鐘約行三十英里之速度，不改方向，直向前進，則所行距離約爲一五〇〇〇光年。顧當此之時，此星團經過各星近旁，或不受其影響，而失其團中之星若干。惟據學者估計，餘存之星，向前進行，當能經過一萬萬萬年。故就實際論之，疏散星團，在天上景物中，乃有永遠存在之性質者也。

自北斗星斗柄末一端星（譯者案：中名搖光星，）向獅子座（Leo）三角形中之 β 星（star

Beta) (譯者案：中名五帝一) 作一線，至相距三分之二處，則可見后髮座 (Coma Berenices) 星團。塞維斯 (Serius) 氏嘗謂人觀此星團，或發生幻想，以為嬰孩催眠歌中之老婦，掃除天上蛛網者，於此獨忘卻一處。如用望遠鏡觀之，則團中各星，頗為分明。疏散星團，雖大都附近銀河，為其特色，然此星團，則接近銀河之北極。其故當由於此團實離地球不遠，祇有二百六十光年也。

在最近之疏散星團中，尙有三組為人所習知：一為昴宿星團 (Praesepe)，兩者離地球約五百光年；一為英仙座 (Perseus) 中雙星團，較此略遠。昴宿之七星 (見銅版圖第三幅) 卽俗稱七姊妹星，肉眼能望見頗清楚，有兩三星細察可見，其餘多數須用望遠鏡。巨蟹座 (Cancer) 之星團，亦名蜂房星團 (Thehive cluster)，肉眼觀之，祇見微光，由望遠鏡觀之，則見為羣星集合而成。英仙座之雙星團，直在銀河之內，由倍數不甚大望遠鏡觀之，可見其為兩疏散星團聚會而成。

特藍普勒 (Trumpler) 氏，在力克天文臺 (Lick Observatory)，測量三百三十四組疏散星團，估計其距離，近年發表報告書，謂在恆星系內，所有疏散星團，大概止有此數。估計疏散星團之

距離，爲事殊非簡易。蓋疏散星團，離地極遠，故全不能用直接測定視差之法，以定其距離，且疏散星團中，並無含有變星者也。在一百組疏散星團中，有若干之星，已將光譜分類測定，並測定其視星等，此乃估計疏散星團所據資料也。

任何疏散星團，離地既甚遠，則團中各星距離之差異，自可忽略不計，因此項距離之差異，不過僅得星團全部距離之一小部分故也。就實際計算言之，儘可認一星團中羣星，對於地球之距離相同，故其視星等之關係，即與其絕對星等之關係相同。是以如一星團中含有各色之星，有屬於主要程序者，有爲巨星者，則表示光譜分類與顯明星等關係之圖，亦應成爲阿剌伯數字7字反文之式。此圖指示星團任何一類之星之視星等。如第四圖之光譜分類與光度之關係圖，即表明此類星之絕對星等。由二者之比較，得知星之距離，如上文所述。特藍普勒氏即依此法，以測定一百組疏散星團之距離。

吾人觀察物體，既定其所現出之大小（即此物體所佔之視角），又知其相離之遠近，則可考定其實有如何大小。如已知星團之距離，則此理亦復通用。估計星團之顯明大小，甚易改爲估計其

實在大小，即以英里或光年計量之實在大小。天文學家測定疏散星團之中，有四分之三，其直徑自六光年至二十光年不等。其中最大星團之一，計含數百星者，所佔地位，不較太陽附近十七星所佔地位爲大也。

疏散星團，似隨其與地球距離之增加，而增加其所佔地位。此事看來出於意外，然近年研究結果，則知實際情形，顯然如是。特藍普勒氏測得最遠之疏散星團，其平均直徑，約兩倍於最近地球之疏散星團之直徑。疏散星團之地位，如此增加，理有可疑，而當統計多數星團時，似尤有此種情形，蓋疏散星團各組之大小，雖確有不同，然如計算其平均數，則可將其差異消除，或忽略不計也。

學者未嘗不可立一說，謂遠處之疏散星團，其構造上，實較近處者之規模爲大。若實際如是，其理殊未可知。惟關於星團之現象，儘多有未全明瞭處，例如此種疏散星團，何以密集於銀河附近，又彼大球狀星團，何以不與之爲鄰，是也。然吾人憑直覺而言，則假設遠處之疏散星團，實非真較近處者爲大，至其看來較大之故，自當詳究之。

在實際上，測定天體之距離，除最近者外，俱用前述三種量之關係，此三種量，一爲視星等，二爲

絕對星等，三爲距離。視星等可以直接觀察；絕對星等，須另用獨立方法求之；距離則據以算出。然此三種量之關係，祇於地球與天體間之空間完全清明時，始可存在。

如空間有霧或揚塵，而塵霧散布均勻，則遠處物體之視星等減低，以光自遠處至地球，經過長距離，被塵霧吸收故也。由是計算之距離，較應有之距離爲大，而其加大之量，則隨空間塵霧媒質之密度而異，足以顯出此密度。又此物體之大小，亦隨同一比例而顯其加大。此卽觀測疏散星團時所有之影響。其原因殆卽在恆星間之空間，雜有塵霧也。

在下一章，當舉出證明，以見天空非全透明。沿各方向視察，有大塵雲阻礙視線之處甚多。同時又有一種現象，卽在球狀星團之方向上，暨在銀河外銀河方向上，宇宙霧 (cosmic haze) 並不甚濃厚。但此種天體，乃在銀河之外，而疏散星團，則多數在銀河範圍以內。特藍普勒氏謂觀察疏散星團，見其形式加大，可謂爲是由於一層宇宙霧之影響，此層霧僅厚數百光年，而位於銀河之中心平面上也。

由地球隔宇宙霧而觀察星團，所見不真，則推測之星團直徑，與實在者殊異，而宇宙霧之引起

此種變化，其使星之亮度在攝影片上減其效用，大約爲對於每一千秒差距之距離（即光自星至地球，經過此種媒質，歷時三二五〇光年）使星光減小三分之二星等。在如此媒質中，位於三二五〇光年距離處之星，其亮度看來僅有光在完全透明空間中進行之星之一半，故其距離，推測所得，亦較實在距離，大三分之一。如星係在六五〇〇光年處，則其距離，推測所得者，亦較實在者大二倍。如星係在一六〇〇〇光年處，則其距離，推算所得者，當較實在距離大五倍。

如審察與霧相似之媒對質於星光之影響，而將推算所得疏散星團之距離，重行計算改正，則知見於銀河系內之疏散星團，乃分布於一頗爲平扁之地位內，此地位之厚約爲三千光年，而其直徑約爲三〇〇〇〇光年。此地位名曰星團系（cluster system），對於銀河之中央平面，約成兩度或三度之傾斜；其中心點在船底座中或其附近一點之方向上，此與吾人本星系之中心點方向不甚相遠。

據近年天文學家之普通及特別統計學方法研究，知星團系之形式及大小，與吾人本星系相似，惟其對於銀河系全部之傾斜度則較低。學者假定疏散星團爲即本恆星雲（local star clouds）

之細部，與之一同分布者，亦頗言之成理，總未與已往所獲天文學智識有何不相合處。惟如此結論，今姑祇存以備考，請更詳察較此奇異之球狀星團，及其所組成之巨大系統。

球狀星團與疏散星團特色不同之點甚多，幾於隨處可以見到。兩者俱爲星之集合體，而兩星團中之星，各無與平常之星相異者。然疏散星團僅含數十星，或數百星，此爲常例；卽其最多者，亦不過數千。至於球狀星團，則可有數萬星或至數十萬星。球狀星團乃衆星集成之球，且是扁平之球，由此種特色，卽可知其爲旋轉之球。

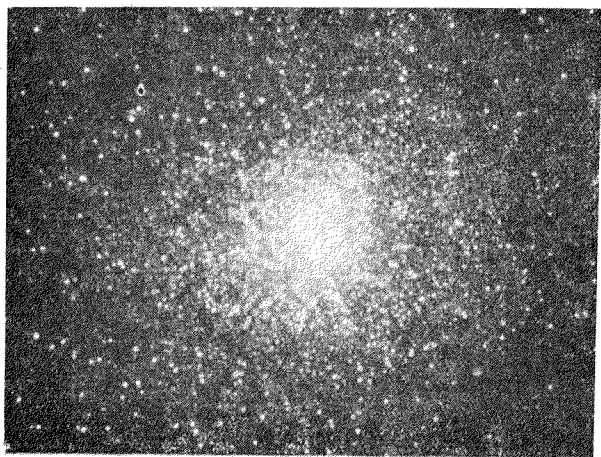
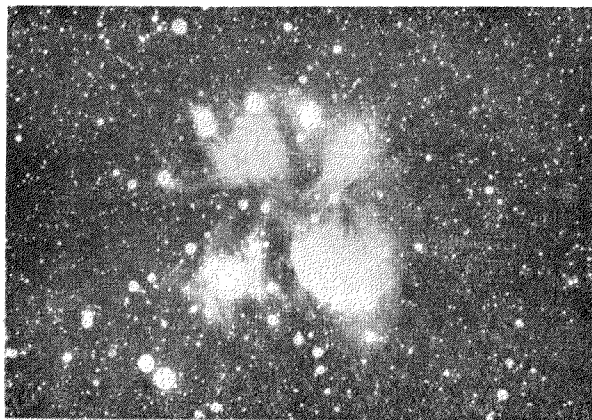
宇宙之間，有萬有引力，若無以制止之，則複雜之星系，當逐漸收縮而成一團，然造化自有安排之法，卽令一切天體運行不息是也。球狀星團旋轉，發生離心力，與向心之引力相抗，故其構造得以平衡安定，除非星團受外力打擊，其壽命當可與團內各星同永。球狀星團常位於銀河系之邊界，而避免恆星雲之侵擾，似卽由此原因所致。

在吾人銀河系中，已共察出球狀星團九十三組，除數組外，均自赫瑞勒氏以來，卽爲人所辨識，惟非全自始認爲屬於此類耳。銀河有被塵雲掩蔽，暗淡不明之處，其中當尙隱有球狀星團，可無疑

義，此外則在麥哲倫雲 (Magellanic Cloud) 中，察出球狀星團十處。較遠之銀河外銀河中，或亦有球狀星團，惟至今尚不能明白望見耳。

以美國芝加哥言之，升起於地平線上之球狀星團，共僅有十六組，惟在天球北半球，所有球狀星團，亦祇有此數。其中最爲人所熟知者，乃武仙座之麥息厄氏表第十三號星團 (Messier 13)。麥息厄氏爲有名之天文學家，發見彗星頗多，於西元一七八一年，發表所編星團表，收入明亮之星團及星雲共一百零三處，此武仙座之星團，在其目錄中，列爲第十三號。此星團又稱爲新編星表第六二〇五號星團 (N.C.C. 6205)，蓋最新而搜羅最廣之特萊耶氏新編星表，列此星團爲第六二〇五號星團也。

「武仙座星團」如銅版圖第三幅所示，乃望遠鏡中所見最偉大景物之一。在北半球緯度居中之處，時當夏季，人至天文臺參觀，臺中人常指附近天頂之武仙座星團示之。此星團實由若干太陽合成，數巨驚人。在大望遠鏡之照相底片上，能留影者，計有如此之太陽五萬個；且不止於此，即謂此星團係由多數之特大太陽合成之球體，亦無不可。在此星團中，有超巨星，有巨星，有主要程序中



第三幅 星團

(上圖) 昴宿星團 (巴那德氏攝影)

(下圖) 武仙座球狀星團 (維多利亞屬國天文臺攝影)

藍色大星。此星團離地三萬四千光年；在如此遠處，星之本身，光明不高出太陽者，即不爲人所見也。

北斗星附近之獵犬座 (Canis Venatici) 中，有球狀星團，在麥息厄氏星團表中列爲第三號星團，在南天之人馬座中「乳斗」(Milk Dipper) 附近，當銀河邊上，亦有球狀星團，在麥息厄氏星團表中列爲第二二號星團，俱爲在北半球用望遠鏡所能察見者。

在更南之緯度上，所見之輝麗星團，則有半人馬 Θ (Omega Centauri) 及杜鵑四十七 (47 Tucanae)。後者離南極僅有十七度；其方向幾與麥哲倫小雲 (Small Cloud of Magellan) 相同，惟雲之距離地球，則較此星團遠五倍。兩星團爲球狀星團中最明亮者，且爲距地最近者，僅有二二〇〇〇光年。球狀星團，肉眼能見者極少，此在其內。看來爲有蒙霧之星，其光約爲四等。在望遠鏡中，則與菊花相似，其視直徑，幾約與滿月同大。

假如有人，飛入一大球狀星團之內，所見天空景物之輝煌，試一推想，亦復有趣。五萬之特大太陽，距離多在四十光年之內，又有更多之尋常太陽，集成星座，其複雜及其光亮，爲人所未夢見。人所見明星，以金星爲最明，然在此星團內，所見之星，明亮如此者，不足爲奇。肉眼所見明星，同時逾十萬

顆。若在地球上，所見之星，即在天空最清明之夜，亦不逾兩三千也。

在球狀星團中，所發見變星，幾已有九百顆；而其中三分之一，則在麥息厄氏第三號及半人馬 θ 之兩星團中。此兩星團，爲離地較近之星團，其中各星，在望遠鏡中觀之，相隔較遠。天文學家於其他離地較近之星團，亦曾用同樣功夫，尋求其所含變星，然發見甚少，此固不無可異，然尙不如疏散星團之可異，蓋疏散星團，就目前所觀測者論之，竟未含有任何一種變星也。疏散星團，每團中星數固不多，然變星則絕無一顆也。

球狀星團中之大多數變星爲星團類造父變星；但亦有正則造父變星。前在第三章，述此兩種變星時，曾說明其在測定天體距離時有大用。學者以爲前一種變星，無論在何處，其平均絕對星等大約相同。正則造父變星，在星光變化週期與絕對星等之間，有簡單關係，故如知此周期，即可推算其絕對星等。觀測此兩種變星，據以推算其距離，即可知其星團之距離。

關於球狀星團，以及由球狀星團所組成之大系統，吾人今日所獲智識，大多爲沙普雷氏在威爾遜山天文臺及在哈佛大學天文台觀測研究之結果，沙普雷氏爲利用造父變星測定天體距離

之先驅，於已知之一切球狀星團，俱已測定其距離。沙氏近來印行星團 (Star Clusters) 之論文一篇，具述九十三星團之方向，距離，以及直徑，此九十三星團，皆與吾人銀河系有連者。由沙氏所供給之資料，即能作一模型，以表示星團全部系統之形式，而指明太陽在此系統中之相對位置也。

球狀星團之距離，大概自不足二〇〇〇光年以至約一六〇〇〇光年。惟新編星表中第七〇〇六號星團，則爲例外，蓋其距離大至一八五〇〇光年也。談天者於天體之極大距離，常喜鄭重言及其光在天空中進行所經時間之長，使人特別注意，此種說法，蓋甚得當。即以新編星表中第七〇〇六號星團而言，吾人所見此星團之光，所藉以研究此星團之光，其離此星團而前進之時，地球上猶屬草昧洪荒之世，未有開化之人出現。而其光之行向地球，速度則大至每秒鐘一八六、三〇〇英里，遠在一八五〇〇〇年以前，此星團中數星光輝之增減，俱藉以傳入吾人目中。

球狀星團，距離極遠，上述者爲其一例，此外尚有極遠者數組。若剔出不計，則數十球狀星團在空間所佔地位，大約直徑爲二〇〇〇〇〇光年，厚約爲其三分之一。所組成之系統，對於銀河平面頗爲對稱，故其與銀河有關係，可以無疑。惟在銀河赤道附近四度之內，絕無球狀星團發現，而據沙

普雷氏之觀測計算，在銀河平面上下四〇〇〇光年以內，未有一球狀星團。總之，在吾人銀河系之中央部分，爲一切獨立衆星，疏散星團，及星雲所存在之區域，絕無球狀星團也。

就觀察所知之疏散星團論之，吾人太陽所居之位置，適在中央，故沿銀河之各方向上，俱見有疏散星團分佈。惟球狀星團則集中於半天，即以人馬座爲中心之半天。此種事實，天文學家早已發見，而討論之。其意義之重要，亦屬顯明。吾人離球狀星團系統之中心點，實甚遠也。

球狀星團系統之中心點，據沙普雷氏之推算，約在沿人馬座大星雲之方向上，距離則爲五〇、〇〇〇光年。銀河系之中心點，亦在此方向上，栖耳氏曾用統計方法定之，前已述及。近年天文學家，觀測銀河系之旋轉情形，以定其旋轉之中心點，亦在此方向。由此種種研究，可謂球狀星團系統與銀河系乃同一中心點。兩種系統，蓋籠罩在羣星密集之區域以外，爲其境界，爲其範圍，惟仍與之分離而不相混耳。

疏散星團，則與球狀星團不同，乃緊接於諸星雲。諸星雲爲別一種完全不同之集合體，散佈於本已充滿羣星之區域內。吾人在銀河系所見之星雲，多爲本恆星雲之細部，依吾人所已採取之解

釋，當如此體認之。

特蓋普勒氏則別立一說，謂疏散星團，在銀河之全部構造中，乃處處有之。依此種學說，其分布之差異，則為疏散星團向銀河平面集中，其勢較普通羣星為特盛。若計及此平面上霧層對於星光之影響，而改正計算所得疏散星團之距離，則疏散星團，亦成爲一種系統之主體，而此系統之巨大，亦足與前說中之本恆星雲相比。此為透光鏡式之銀河構造，直徑約有三〇、〇〇〇光年，與前述由統計學方法推測之「卡普退氏宇宙」無大差異，而僅有球狀星團範成之螺旋形系統之五分之一，其形式或且是雙臂螺旋形也。

讀者當知，本書所述，爲宇宙形式在人心目中逐漸啓發之情形。無論在何階級，總有各種不同之解釋，持之有故，言之成理，可以甄采。然吾人心目中尙未有顯露無遺之宇宙，故本書並不揭出宇宙之全部景象而描寫之。其實作此種描寫，並不能使人驚奇；本書所以不將今人所見宇宙全部景象一齊描寫者，以此種描寫，殊屬平淡無奇，不足動人研究興趣，蓋如祇述結果，則爲就數千年來人智發展，時有停滯，不能邁進，直前之情形，敍其最後之境界，殊使人黯然寡歡也。人心永動而不息，關

於自然現象，時時有新解釋，時時有涵蓋甚富之解釋，又有新奇之現象發現，而引人益用力研究也。

關於宇宙系統之組織，上文已研究者，祇有其中兩種物體，即疏散星團及球狀星團。然兩種星團中，似無有一種，能以其分配排列之情形，確實表示全部宇宙系統在空間之分配情形。如以城市為喻，如僅論其中之摩天高屋或其中球場，斷不能使人心目對於茲城得其真相。今請進而研究恆星雲本身，以及各方向上遮掩恆星雲之大塵雲。此兩者乃銀河中最引人注意之景物也。

第五章 星雲及塵雲

銀河者，有光之帶，環繞天空，在無月之夜，天氣清明之時，仰觀天象，此最引人注意。在城市中，塵土飛揚，掩蔽天空，銀河爲之暗淡，其光輝不能與燈光相比。然在鄉野，在山顛海涯，或在黑夜，羣星閃爍之時，則銀河光輝，亦甚顯明。

伽利略氏於一六一〇年，謂銀河乃「無數之星排成星團而成」，此說似卽伽氏所創。因銀河中各星不能僅由肉眼察出，故此光明之帶，究有何物，自古初以至斯時，天文學家不能解釋，但憑胸臆以定之。然如伽利略氏所用「光管」(optical tube) (譯者案：卽其望遠鏡) 雖不大，已能顯出銀河中最明亮之星。較大之望遠鏡，則顯出銀河之中，有衆星集成星雲；然卽用最大望遠鏡，尙不能測定其他數處大星雲，卽在銀河上若干處，光色逐漸減暗者。

銀河構造，甚爲複雜，其中有巨大恆星雲，又有塵雲，散布於各方面，而掩蔽銀河，吾人之得以明瞭此種事物，大都是巴那德 (E. E. Barnard) 氏之功。巴氏任業岐天文臺，天文家多年，其用

攝影法研究銀河，始於西元一八八九年，繼續攝影，經過三十餘年。在一九二七年，巴氏卒後，印行銀河中選定各區域之攝影圖（A Photographic Atlas of Selected Regions of the Milk Way），其中收入巴氏所攝最佳相片五十幅，俱附有巴氏之題記。

在北半球緯度居中之地，當夏末秋初，晚間所見銀河，乃銀河中最堪注意之部分。在九月中，當黃昏時，銀河所經，係自東北地平線起，通過天頂，而至西南地平線。銀河乃一寬帶，間有分支，隨即暗淡而隱。銀河向上經英仙座。過其中雙星團。再經仙后座之坐椅。然後至仙王座，而抵其最北之點。

銀河寬廣之帶，自北向南而入天鵝座。此即所謂北十字（Northern Cross）區域，光輝燦爛，在緯度與芝加哥相等之處，當九月初昏之候，此區域適在天頂。銀河至此，其中有成片黑暗之處。在北十字之頂，有天鵝 α （Alpha Cygnus 即 Denelb）（譯者案：中名天津四），當其稍北，有黑影一道，橫過銀河，人常誤認爲雲。此確是雲，但非吾人地球大氣內之雲，卻爲宇宙之塵雲，銀河各部分塵雲甚多，此爲其一。銀河被塵雲掩蔽，故生黑暗之「孔」暨黑暗之「縫」也。

銀河由天鵝座起，分爲兩道支流，中間有黑暗大縫一道，直至南地平線以下，而入半人馬座。此

暗縫之全長，幾有銀河全部圓周三分之一。其位置非全在銀河中央，故銀河西支流，較爲寬闊。西支流自天鵝座至蛇夫座（Ophiuchus）之間，較東支流爲光明，迨過蛇夫座，則漸歸暗淡，再向西偏，則幾於消滅，迨南抵天蝸座乃復顯耀。

銀河東支流較窄，當其南行，經天鷹座（Aquila）而至人馬座，逐漸增加光輝。在倒置「乳斗」之附近，乃全部銀河最宏麗之處。巴那德氏云：『羣星累積成大堆，有似夏雲，』信非虛說也。

在人馬座（銅版圖第四幅）中，則見恆星雲，塵雲，星團，及星雲紛紜錯亂。無論由肉眼觀察，抑用望遠鏡窺測，此皆是最有趣味之區域。此區域之方向，即在學者推定之銀河系中心之方向上；若由此推論，則此區域中數處恆星雲，當屬於銀河系之核也。

此區域爲天上最可注意之處，有非言語所可形容者。讀者莫妙於夏季天氣清明而無月光之夜，比照巴那德氏之極佳相片，而自行觀察之。如能覓一望遠鏡，探視此區域，尤佳。倘讀者既是科學家，又是詩人與哲學家，當可識此區域景象之趣味深長。倘讀者既非科學家，又非詩人，亦非哲學家，至少總覺此景象之能動人心目，蓋無數閃爍光點，集爲大羣，實各爲遠處之一太陽，卽此已能使人



第四幅 人馬座區域

此為銀河中最可注意之區域，在銀河系中心之方向上（威爾遜山天文臺攝影）。

目眩神迷也。

此區域之恆星雲，最引人注意者，爲盾牌座 (Scutum) 之雲，及人馬座之大雲。盾牌座乃星座之小者，其雲係在天鷹座之西南。巴那德氏謂『此爲銀河之珍寶，乃恆星雲中最佳麗者。』巴那德氏統論人馬座恆星雲，則謂其『爲在此緯度上所能望見銀河系諸恆星雲中最宏麗者』也。

吾人在冬季所見之銀河部分，不及夏季所見者之可觀。雖有數處爲塵雲所掩蔽，而間斷不連，然不能如在夏季所見部分之顯然成雲霧之狀。在仲冬初昏之候，此段銀河之方面，爲自西北至東南。今由英仙座起審察之。在緯度與芝加哥相類之地，當仲冬時，英仙座殆即在天頂。銀河過此以後，經過御夫座，再行經雙子座 (Gemini) 與金牛座之間。銀河入此區域，光色淡薄，此區域正與推測之銀河系中心點之方向相反。銀河經過獵戶 (此星座甚明亮) 及大犬 (Canis Major) (此星座包括天狼星) 兩星座之邊界，更向西南行，至地平線下而隱，銀河在大犬座之南，經過船艙座 (Puppis) 及船底座，頗爲寬廣散漫，但入最南界南十字座 (Southern Cross) 區域，則狹窄而明亮也。

恰在越過南十字座（銅版圖第五幅）後，銀河爲一黑暗「孔」所阻斷。此孔成橢圓，甚大，幾與南十字座本身相仿，亦爲天上有名景物。此黑暗處與周圍之光明處相映，益顯其黑暗，早時航海者名之曰「煤包」（coal sack），取譬頗得其實，卽在今日，凡見之者，亦有此感想也。銀河經過半人馬座，此處爲其黑暗長條之最南端，繼此分爲二支而北行，再至天蝸座及人馬座，復返起點，完成圓周。

銀河之「中線」（central line）爲周天之圓，其上相距九十度及其下相距九十度之兩極點，乃銀河圓北極（north galactic pole）（簡稱北銀極）及銀河圓南極（south galactic pole）（簡稱南銀極）。北銀極位於北斗星斗柄之南，在后髮座中，而與一組疏散星團相近，此星團之位置特殊，前已述之。在銀河圓兩極之中間，在其中線之北約一度，是爲銀河系赤道（galactic equator）（簡稱銀道）。

銀道爲周天之大圓，其在構造天文學（structural astronomy）上之爲用，與天球赤道在尋常位置天文學（positional astronomy）上之爲用相同。銀河系經度（簡稱銀經）係沿此



第五幅 銀河中暗縫

- (上) 蛇夫座之暗縫 (巴那德氏攝影)
(下) 南十字座附近之「煤包」 (哈佛天文臺阿勒基帕觀測站攝影)

赤道量之，其緯度（簡稱銀緯）則與此銀道成直角量之。銀道對於天球赤道，成六十二度傾斜，在天鷹座與天球赤道相交，銀經由此點量起，對面之交點則在獵戶座之東。

觀測銀河，所見有各種天體及其集合體，而在銀河系中線之附近，各種天體有集中之趨勢，尤覺複雜。是以此種天體，特稱曰銀河天體（galactic object），以別於非銀河天體（extragalactic object），後者之分配，不及前者之有序也。在第六章中，當就此種分別之基礎，更加詳密研究。今則祇欲讀者特別注意於銀河恆星雲及黑暗之塵雲耳。

恆星雲之天然境界，及塵雲之掩蔽作用，欲求一一分辨明白，須先有深切研究。惟盾牌座星雲之特別性質，固可無疑問；而人馬座星雲，分爲數片，看來亦頗顯明。吾人之本星系，通常亦認爲是與此同類之別一恆星雲也。

黑暗之塵雲，亦復動人注意。北十字上之黑條，自天鵝座至半人馬座之黑縫，以及南十字附近之「煤包」，乃肉眼所能察見，特爲顯著，前已述及。在銀河相片中，所見暗雲多處，大小形式不一，巴那德氏及卡爾味特（Calvert）女士，察出三百四十九處，列表而記之。在銀河中心點之方向上最

多，而在蛇夫座中尤甚，其處恆星雲，成各種詭異形狀也。

『天上此部分之黑暗斑紋，若爲其裝飾者，乃實在之黑暗物體，而非空洞之空間，可以無疑。』此爲巴那德氏約在二十年前之記載。黑「縫」乃黑暗之雲，並非星雲中之空洞，由此望見黑暗之空間者。近年天文學家研究，得有結論如此，蓋於銀河之智識，顯有進步也。

此種黑縫，今稱曰塵雲。學者信其爲巨大而稀薄之物，由固體細點與氣體混合而成，其中亦雜有較大之固體。此與彗星之頭當無大異。此種黑暗之宇宙雲，與彗星及流星羣 (meteor swarm)，或者竟有密切關係，塵雲與彗星現象之差異，至少有一部分，在塵雲之範圍較大。別有一相似之處，頗有趣味，請具述之。

當彗星行近太陽時，較在遠處爲明亮。發生光芒，是爲彗髮 (coma)，有時並有巨大彗尾 (tail)，形殊奇異，所佔地位，遠較以前彗星所佔地位爲大（若細論之，此地位卽人目見此彗星所佔之地位）。與此情形相似者，則爲在恆星近旁之塵雲，亦有發生光霧之現象。哈布爾氏於一九二二年，研究塵雲，曾就此種情形，定出一通律也。

幾於凡明亮之星雲，總有一星或數星，包含在內，或與之相聯，故星雲之光輝，多即可謂爲星所引致。在瀰漫星雲 (diffuse nebulae)，其在一星周圍光輝之大小，隨星之亮度而異。由天文相片觀之，籠罩在超巨星周圍之星雲光輝，可遠至三十光年之距離，而籠罩在不比太陽爲明之星外之光輝，則僅有四分之一光年之距離也。

星之令鄰近星雲發光，究屬何故乎？在金牛座中，包圍第三十三星 (Merope) (譯者案：中名昂宿五) 及第二十星 (Mira) (譯者案：中名昂宿四) 兩星之星雲光輝，與兩星之光相同，即在光譜上，星雲光輝特有之暗線，與星光特有之暗線相同。斯來斐 (V. M. Slipher) 氏於一九一二年，在羅威爾天文臺 (Lowell Observatory) 發見此種符合現象，後乃創一說，謂此種情形之星雲光輝，祇爲星光之反射光也。

然在別種明亮星雲，則情形與此不同，其光譜中特有之明線，與其連屬之星在光譜中特有之明線，非同一式。獵戶座中之大星雲，卽爲著名之一例。大概言之，在極熱之星 (依哈布爾氏說，較 B1 類之星爲熱) 附近之星雲，所發光輝與星光不同。其非星光之反射光，顯然可知。

此種星雲由鄰近之星而得光輝，情形當與彗星之增其光輝，暨地球大氣上層受太陽傳來物質之影響，而發極光 (auroral light)，大致相似。此種影響是否由於太陽放射之物質，或由於其紫外線之放射作用，抑由於太陽之其他能力，尙待考定。若就彗尾之類似情形推論之，則不妨設想此種明亮星雲，係由鄰近羣星而得光輝，而其光輝則由羣星對於黑暗塵雲之作用而生成。然明亮與黑暗之星雲，究有何種關係，尙須更加研究也。

昔時天上一切雲霧狀物質，除彗星與銀河外，皆稱爲星雲。迨望遠鏡發明，且放大倍數，日益增加，則此種雲霧，漸由鏡中窺視清楚，知中有無數之星，則公認星雲祇卽極遠處之星團而已。赫瑞勒「威廉」氏始推測星雲之中，有非由星結集而成者，而康德氏及拉普拉斯 (Laplace) 氏，說明太陽系之生成，則謂是由於氣體之星雲也。

然直至西元一八六四年，哈金茲「威廉」(William Huggins) 氏，始用分光儀，以明白證實氣體星雲之存在。哈氏察得有數個星雲（卽光譜中有明線之星雲）非星之集合體，而爲盛燃之氣體。自此以後，氣體星雲與星團乃分別顯明矣。

其後銀河星雲 (galactic nebulae) 與銀河外星雲 (extragalactic nebulae) 又明白析爲兩類。銀河星雲乃向銀河集中之星雲。銀河外星雲則不沿銀河會聚，且有避開銀河之勢。惟其避開銀河之勢，亦僅屬看來如此而已，蓋此種星雲騰起頗高，不受黑暗塵雲之掩蓋作用故也。終至一九二五年，學者攷定所謂銀河外星雲，例如仙女座 (Andromeda) 中大星雲，乃銀河系外之一大星系。今則稱此種星系爲銀河外星系，亦可稱爲銀河外銀河也。

是以昔時認作星雲之兩種天體，今已與星雲之本體分辨清楚。又銀河中之暗縫，則學者亦攷定其爲黑暗星雲，其與明亮星雲不同之處，僅在其附近無羣星之故。此明暗兩種星雲，不僅銀河系中有之，即銀河外星系中，亦復如是也。

獵戶座中之大星雲，乃吾人星系內明亮之瀰漫星雲中，最明亮最著名者。肉眼觀之，乃獵戶座內三星中間一星，微帶雲霧。在望遠鏡內觀之，則爲大可注意之雲物；巴那德氏謂其有似碩大無比之球板，拉塞爾氏謂其如『棉花成團，大者置在小者之後，其邊緣延展，故顯出極薄之象。』在相片上，此部光輝，分布於天上一區域，其大小較滿月之視面積，加大四倍。其距離約爲六〇〇光年，其直

徑應逾十光年。

在相片上，有與獵戶座中大星雲同樣明顯之星雲，是爲包圍昴宿星團中諸明星之星雲，如銅版圖第三幅所示，惟人在望遠鏡中觀之，則極難明白辨認。其最美麗者圍繞金牛二十三（譯者案：中名昴宿五）有如錯雜之卷雲然。是爲極巨大之星雲光輝之一部，此星雲光輝在天上所佔面積，至少有一百平方度也。

在北十字之頂，當天鵝 α （譯者案：中名天津四）之東，則有北美星雲 (North America Nebula)，其周圍有烏雲襯映，形狀宛如北美洲，故天文學家倭爾夫〔瑪克斯〕(Max Wolf)氏以此名之。倭爾夫氏於海得爾堡 (Heidelberg) 攝取此星雲之相片，詳細研究，使吾人於銀河暨沿河天體，所知益廣。在天鵝座相片之西北部，有明亮之星雲光輝，成爲大圈，而其最光明之部分，爲網狀星雲 (network nebula) 及膜狀星雲 (filamentary nebula)，其結構之複雜，有似霜花，由此種名稱，可想見之。

在天鵝座北部及蛇夫座南部，則有廣大星雲，圍繞於諸明星之外，而發光輝。巴那德氏謂此區

域在天上最見殊異。此星雲中，有數道黑暗條紋，爲之界畫，其最顯明者，則延長至東方，以入蛇夫[♏]（譯者案：中名天江三）之附近，烏雲至此，形頗奇詭，銅版圖第五幅所示是也。試察此區域明暗星雲排列情形，即可知其尙須詳細研究。巴那德氏嘗云：『吾人他時若能知之較明悉，則一切景象，當益顯其重要，而由此推測，所得智識，當由異於舊時也。』

上述數處星雲祇爲極多瀰漫星雲中之兩三例。瀰漫星雲多在銀河上，或其附近。其形狀組織，則變化萬千，筆墨不足以描寫其美觀。人目在望遠鏡下，不能完全察見之，或竟全不能察見之。常須用相片，經過長時間露光，始能顯出其薄弱之光輝。在業岐茲，力克，威爾遜山等天文臺，攝得此種相片甚美富。而在書籍雜誌暨幻燈影片等上，此種相片散布極多，故幾於人人得見之。

星雲之光實極薄弱，此與地球大氣之極光性永存光輝相似，而與極光之光流（streamer）及光幕（drapery）不同。星雲光輝之微弱，非如星之愈遠則光愈弱。以同一角面積言之，星雲亮度相同，不隨距離而異。此爲發光面積之定律，是以吾人如在北美星雲之中心，即不能見此星雲之光也。

除上述巨大瀰漫星雲數處外，尚有行星狀星雲 (planetary nebulae)，爲數略逾一百，多在銀河附近。以其形狀常如橢圓盤，故名；除此一事外，別無與行星相似之處。行星狀星雲，須從望遠鏡中始能察見。斯蓋星雲物質之扁球，其成扁球，顯由旋轉所致。刻替斯 (Curtis) 氏曾細究行星狀星雲，謂其結構極複雜，而中心幾恆有一星。此乃星雲發光之源，而星雲之能存在，實亦緣有此星也。

天琴座之環狀星雲 (ring nebula)，爲行星狀星雲中最明亮者之一。用望遠鏡觀察，鏡之直徑不必過大，已能見之甚明瞭，乃橢圓之環，而其薄如膜，然此星雲之真形，則亦如其他星雲，乃扁圓球。大熊座有「天鵝星雲 (owl nebula)」，中有兩黑點，人以爲此星雲形似天鵝，而此兩點即天鵝之雙目。狐狸座 (Vulpecula) 有啞鈴星雲 (dumbbell nebula)，因在其長軸兩端，色頗黯淡，故以形似而得名。寶瓶座 (Aquarius) 亦有此類星雲一處，看來頗與土星及其光環相似。此皆星雲中較爲人所熟知者，略舉數例，以概其餘。

天上塵雲，掩蔽羣星，以天之全部面積言之，有塵雲之處，幾佔其五分之一。發光之星雲，亦如面幕，遮蓋其他區域，惟其不透明之程度，則不及塵雲。除塵雲與星雲以外，星際空間 (interstellar

space) 堪稱爲透明，此種假說，殆爲通行之說。學者比較遠星之視星等暨絕對星等，以定其距離，如前在第三章所述，即係根據此種假說。然如此種假說不盡切合實際，即星際空間非全空者，則如此推算之遠星距離，定必俱屬過大，而吾人理想中之物質宇宙，亦必失之過大也。

實則亦可覓得理由，以明天上空間非完全無物質者。流星行入地球大氣中，有速度極高，殆係來自太陽系以外者。由衆星雲散出之氣體及微塵，與彗尾之物質相似，定必因星雲中羣星之推拒作用，散布甚遠而廣。當「新星」之光輝增加時，其由氣體物質構成之殼，推被拒而迸散，速度亦極高，若斯種種，俱分布於宇宙之空間。如謂宇宙之一切物質，俱聚成羣星及星雲，則何以能如此集中而不變化，似無可信之理也。

在星際空間，若存有氣體媒質，則以理測之，經過其中之星光，所有各種波長之光波，其波長之表示此媒質之化學成分者，當被其吸收。於是在光譜中，應有兩類暗線，一爲圍繞各星之氣體所生，一爲此媒質所生。如斯推測，恰與實際相符。依杜拍那 (Doppler) 氏及菲則 (Fizeau) 氏約在百年前所釋明之原理，相近之雙星，其光譜中之暗線，前後推移，當旋轉之一星，行向地球時，暗線移

向光譜之紫色部分；當其行離地球時，暗線移向紅色部分。然同時有數條暗線，則全不移動，而在光譜中紫色部分之兩條暗線，爲鈣質氣體所吸收者，尤爲顯著。

尤有進者，普拉斯刻特 (Plaskett) 氏在坎拿大維多利亞 (Victoria) 屬國天文臺 (Donnion Observatory)，曾明白察得單星之光譜中，所有同樣暗線。不因其星行向地球或行離地球，而發生變化。而斯特魯味 (Struve) 氏在業岐茲天文臺，研究此種資料，以爲是羣星與地球間有氣體媒質之證。此種媒質，必極稀薄，而在實驗室中，無論用何種最佳儀器，所得最高度真空，不能與之並論。然此種媒質，卻能對於經過其間，經歷多年始至地球上分光儀中之星光，吸收其光波，而有吾人所見之現象。

星際空間之氣體，性質如與地球大氣相似，則應有使星光發紅之效果，與太陽在近地平線時，光色變紅者相似。星離地愈遠，此種效果愈著；其光色愈與紅色相似，而原來光譜上所有光色，爲所掩蓋也。

星光離其本來自然之色，專門名詞，稱爲色餘 (color excess)。色餘如確因星際空間氣體之

窺見。遠至如此之星際空間，似可稱爲完全透明。沙普雷氏及阿姆斯（Ames）女士，研究后髮座暨室女座（Virgo）方面上之超銀河系，而知地球所受兩銀河之光，因星際空間媒質吸收而減少之量，平均計之，對於其向地球之行程，每一萬年，不逾一星等之百萬分之二也。

球狀星團之證明，亦復甚顯。如星團之光，行至地球，中間經過極有吸收效果之媒質，則測得之距離，必較實在者爲大，而測得之體積，亦必較實在者爲大；星團之距離愈大，則其相差亦愈大。愈遠之星團，在地球上觀之，當較離地較近者爲大。然在實際上，殊不如是。故知在球狀星團方向上之星際空間，至少在其距離之大部分上，必爲實際透明者。此等星團之距離，當與測定之距離相仿；而其所組成之系統，學者定爲直徑逾二〇〇〇〇〇光年者（前已述及），當亦符合，不致須大加改定也。

星際空間，非全部有吸收作用，已如上述；而吸收作用，似僅可存於銀河中央面之較薄一層上，請闡論之。此區域爲羣星攢聚之處，分散之微塵及氣體，似可聚於其中。據觀測所得，知球狀星團暨銀河外銀河，非在銀河之中線上，故其光之行至地球，其穿過此層之行程，與其全部行程相較，僅得

其一極小部分，故其光不至減暗甚多。疏散星團多集中在銀河平面上，則其星光受此有吸收作用之區域之影響，必較顯著，乃在意中。

前在第四章中，曾述及近年測量疏散星團之距離，初假定其間之空間，為完全透明者，由所得結果，知相似星團，離地愈遠者，則直徑愈大。星團直徑隨距離而放大，此殊可疑，而有待於解釋。遂有一種學說，謂星光因被吸收，故覺其距離加遠；直徑加大，而吸收作用，乃存於銀河系之主要平面上，有似火腿麵包中之火腿片。若能將此有吸收作用之宇宙部分，完全證實，則今日關於銀河系之流行觀念，必有重要之處，加以改定也。

在第四章及第五章，已將銀河系構造複雜之詳情，略行敘述，所論及者為其星團，大恆星雲，暗塵雲，微明之星雲等。以下第六章，當就銀河系全體論之。

第六章 銀河系

銀河系者，由羣星暨明亮星雲與黑暗塵雲組成，圍繞於吾人所居地球之外，其主體則爲銀河。銀河系中各天體之排列，就其中線論之，乃對稱者，故得以與銀河外銀河系分辨清楚，此種銀河外銀河系，離地球極遠，常在百萬光年以外。

近數年間，關於銀河系之構造，有三種不同之學說，頗受天文學家之注意。然三種學說之中，似尙無一種可認爲完全正確者。三種學說，似各含具有永遠價值之觀點，若取長去短，而合併之，則成較爲完密之學說。將來不遠，當可致此；惟在今日，則屏棄三種學說中之任一種，或採取三種學說中之任一種，而毫不留商榷餘地，則似均非得策。故關於銀河系之三種不同學說，須各加以審察也。

銀河系三種學說中之第一種，可稱爲古說，然論其立說之年代，似尙未逾十二年，此說以球狀星團爲銀河系之外部構造，銀河系之形狀，卽由其範成，而銀河系之大小，亦由其子以最大限，依此說，球狀星團之中心，卽爲其所包衆星雲集合體之中心。

前已言及，球狀星團，散布於一扁平層之內，此層對於銀道面，成爲對稱。所佔空間之地位，直徑約有二〇〇〇〇〇〇〇光年至三〇〇〇〇〇〇〇光年，視所包括之星數而異，其中心點離地球約五〇〇〇〇光年，在人馬座之方向上。因球狀星團在中心點周圍者較多，故幾全在以人馬座爲中心之天上半球中。

前又曾述及，由計量星數之結果，定全部銀河系之中心點，爲在與上述者相同之方向上，且假定在與上述者相同距離之處；惟栖耳氏曾明白指出統計學方法，尙不能確定此種距離，所謂本星系，直徑約有一萬光年，其中心點離地約有三百光年，其方向則在船底座之方向上，由統計學方法考查結果，知其實爲一星雲，而太陽即屬於其中。此殆與遠處諸星雲合成吾人之銀河系者，相類似也。

近時哈佛天文臺，測量天體，定人馬座大星雲之中心點，離地約五〇〇〇〇〇光年，故知其即銀河系之巨核，而在巨核周圍，則有其他衆星雲環繞，排成頗近扁平之構造。若再取銀河外銀河之屬漩渦式者（例如在三角座中飛輪星雲（pinwheel nebula），麥息厄氏表第三十三號），求其

此說謂銀河系成爲漩渦形式，非由直接觀測銀河系本身而得，乃由觀測銀河系外漩渦銀河系而推測之。然銀河外銀河系並非全屬漩渦式（此層後當述之）；在銀河外銀河系中，約有百分之三或百分之四，構造甚無規律，例如麥哲倫雲是也；而橢圓星雲甚多，亦無可證其作漩渦式。由此觀之，則銀河系是否爲漩渦式，尙待詳究，未可據定也。

認吾人之星系，爲任何形式之獨立銀河，而欲總觀其大體，此其困難，端在其地位之巨大。向來所定銀河系之直徑爲二〇〇、〇〇〇光年，較之仙女座漩渦星雲（卽在銀河外銀河系中，天文學家目前所知最大星系之一）之直徑大五倍；而較銀河外銀河系中尋常銀河之直徑大四十倍或五十倍。由此觀之，吾人之星系，卽是宇宙中最大之星系，此層頗使人懷疑，而不欲遽信，蓋宇宙中銀河系無數，何以吾人之銀河系，恰爲其最大者，理有可疑，非緣吾人以謙虛知足之故，不欲自謂存於宇宙中最大星系之中也。由此亦可見關於大地在宇宙中位置一事，古今人心理轉變之情形也。

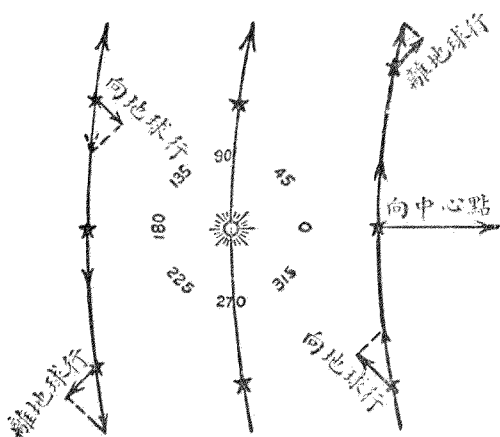
就人所見者言之，銀河系之形狀，日復一日，不覺有何變化，而視銀河爲靜定之星系，固與人所見者相符；然銀河系實動而非靜，爲異常巨大之活動景物。惟欲以望遠鏡中之相片，攝取其活動情

形，使顯明可見，則必須每隔數千年攝影一次也。然吾人星系之活動情形，有顯明特色，可以確信者，則爲其旋轉之一事。此星系之成扁體，可認爲兩極扁平之象，而其沿銀道面之大爲擴張，則可認爲與地球赤道膨脹相類之象也。

車輪旋轉之時，其各部分在同一時間中，完成其旋轉之行程。銀河系之旋轉，則不與車輪之旋轉相似。向使銀河系之各部分，完全聯接而成一整體，或其各部分物質之分布均勻，則其旋轉當可如車輪。然依銀河系爲獨立大星系之學說，其物質之大部分，似聚集於其中心之附近，故其周圍各部分之旋轉，乃多與行星之圍繞太陽而旋轉者相似；其距離中心愈遠之部分，旋轉愈遲緩，而其旋轉之周期愈長也。

鄂特 (Oort) 氏於一九二七年，在荷蘭述其研究所得，謂觀察羣星運動之情形，恰與吾人想像銀河系有上述旋轉情形時，羣星應有之運動情形相符（第五圖）。在銀河系中心方向上之羣星，超越太陽而前進；其離銀河系中心較太陽爲遠之羣星，則落在吾人太陽系之後。斯特綸堡 (Strömberg) 氏在威爾遜山天文臺觀測，發見球狀星團，離仙王座中之一點而行，如謂此種顯見

之退行，係由太陽沿反對方向旋轉所致，則此現象即得有簡單解釋。林布拉 (Linblad) 氏在瑞典又提出一問題，即球狀星團之遠離銀道面，原因何在，是否可不歸之於星團系兩極之旋轉較緩與其扁平程度較差也。



第五圖 銀河系之旋轉

由分光儀觀察，知沿銀河之羣星，與人馬座方向相差 45° 及 225° 者，平均情形，係離地球進行；其在別一對角線上者，則向地球進行。若銀河系以人馬座星雲為中心旋轉，而離中心愈遠之處速度愈小者，則應有此種情形。

關於銀河系旋轉問題，學者極感興趣，研究者甚多。就已有證據言之，則學者常認銀河系爲環繞人馬座星雲而旋轉，太陽爲銀河系之一分子，其隨之旋轉也，則攜帶吾人之地球同行，以每秒鐘二百英里之速度，向仙王座前進。學者之執定銀河系爲獨立漩渦星系者，又引銀河外銀河系之旋轉，以爲旁證。離地甚遠之漩渦星雲，例如仙女座之「大星雲」(Great Nebula)，「乃旋轉者，此已由望遠鏡測知者也。」

是以關於銀河系之第一學說，視銀河系爲獨立之漩渦星系，周圍有球狀星團環繞之。其形式，其旋轉，以及其別種景象，俱與銀河外銀河系相似，然其大小以及所包括之星數，則遠在最大銀河系之上。故可稱銀河外之星系爲島宇宙，則如沙普雷氏所言，吾人之銀河系當可稱爲大陸宇宙。然至一九三〇年，沙普雷氏根據新知，又謂其可稱爲羣島矣。

此即關於銀河系三種學說中之第二種。所說祇改去舊說之漩渦式構造，而以恆星雲之集合體，爲一超銀河系，或者爲一超銀河系之一部分，而此超銀河系，則與銀河外星系之集合體（即第七章所述者）相似也。

由新觀點而言，銀河系中之恆星雲，可視為各自獨立之銀河系，而可與銀河外之獨立星系比較觀之。舊時測定結果，人馬座星雲直徑約爲三〇〇〇〇光年，若此數可信，則人馬座雲，略較仙女座漩渦星雲及其他銀河外銀河系之巨大者爲小。至於吾人地球之本星系，其直徑估計約爲一〇〇〇〇〇光年，與銀河系中其他恆星雲之大小相彷彿，且或與銀河外銀河系中大多數之恆星雲相彷彿也。

以銀河一辭意義之遞嬗言之，以此辭指稱天體之巨大集合體，組成更大之系統者，實甚不妥。原來此辭僅指銀河本身，而非指組成此銀河之各組天體集合體，以及在此銀河外之各組天體集合體。他日終應有一通稱名詞代之。惟立一永遠可用之名詞，今日尙非其時耳。

又自有超銀河系學說以來，經時未遠，尙不足以確然決定將來是否可以採用此說。銀河系中之各組星雲，論其大小，以及其光輝，似可與銀河外銀河相比。就此點言之，新學說似較舊說爲可信。然在別一方面言之，則新學說中之銀河系全體，似遠較銀河系外數處超銀河系（第七章中述之）爲小，且遠較其爲扁平。然如將麥哲倫雲及最近之數處銀河，舊時視爲銀河外銀河者，統認爲屬於

吾人之超銀河，則上述兩種差異，即可消除。

昔時之天文學家，最注意者爲行星系之諸星，其後則研究恆星，而重視吾人本星系之羣星，直至近數年前，天文學家研究之趨勢如此。在太陽系以外，天上景象，卽以近在吾人周圍之銀河系爲主。屬於此銀河者，則有明亮羣星之大部，疏散星團，及較爲顯著之明亮星雲及黑暗塵雲也。

謂本星系作漩渦式，殊無可證明。由種種方面研究之，本星系似爲較小星羣之不整齊集合體。與麥哲倫雲相似。在此種不整齊之集合體中，各類天體，不聚於天上同一圓周之上，自在意中。故明亮之星，聚成之帶，對於銀道，則成十二度之傾斜；依哈布爾氏之說，諸星雲則集合於銀道上，亦集成帶而與此銀道成二十度之傾斜；特藍普勒氏則謂諸疏散星團，集成成帶，而與銀道成略大於二度之傾斜也。

惟有天文學家多人，對於其他學者指稱銀河系之巨大，不欲相信。有議分此銀河系爲若干較小之銀河系者，亦不能釋其疑難。此一派天文學家，常喜墨守康德氏原創之「島宇宙」學說，卽謂銀河外銀河系，與吾人之銀河相似，而吾人之銀河並無「大陸」性質。此一派天文學家，常無足以

使人起信之證據，以張其說，不過尊其所好而已。

此爲關於銀河系三種學說中之第三種。其所定銀河之巨大，足與赫瑞勒氏之「磨石」宇宙，或卡普退氏「宇宙」相比，且偶亦視銀河爲漩渦式。約在十年以前，於時諸大漩渦星雲，尙未明認爲在吾人銀河系以外，馬克勞林 (Melanaghlin) 氏描繪銀河系之圖形，以爲其構造屬漩渦式，其對徑不逾四萬光年。此乃就伊斯吞 (Eaton) 氏之舊圖改製者。在此漩渦星雲之中，太陽位置，頗爲居中。而在人馬座方向上，則有球狀星團組成較大系統之中心點。其後在西元一九三〇年，特藍普勒氏描繪銀河系圖形，亦屬如此。特藍普勒氏搜集新證據以證明之，即前在第四章所述者也。

特藍普勒氏之結論，謂大多數之疏散星團，排列成平圓盤式，盤之直徑約爲三〇〇〇〇光年，其厚約爲其十分之一。星團中三分之二，係在離此系之赤道面三百光年以內，而此赤道面對於銀河之中心面成略較二度爲大之傾斜。全部之集合體，有似以多數星團爲單位而合成之大疏散星團。

此類星團密集於其星系之中心，此中心從地球望之，係在船帆座 (Vela) 之方向上，與太陽

相距約稍逾一千光年。此中心與本星系之中心，方向相差僅約有十度，故今即謂兩者在實際上相合，亦無不可。在人馬座方向上，則尙未見有此類星團密集之證。

特藍普勒氏假定銀河系之範圍，大致與疏散星團系相符，謂其乃扁平漩渦構造，直徑爲三萬光年，厚約得五分之一。由是言之，吾人之恆星系，其扁平之程度，不及疏散星團系，而疏散星團系之扁平程度，又不及其內之聚星層，而此全部結構，即隨此層而存在。然依據其他學說，則較大之銀河系，其扁平程度較包圍於外之球狀星團集合體之扁平程度爲大。各類天體，向銀河集中之程度，蓋最有趣味之問題也。

在今所研究之學說中，以銀河之漩渦系爲吾人超星團 (super-cluster) (譯者案：超星團即以星團爲單位而集成之團體) 之主要景物。此銀河之漩渦系，位於球狀星團集合體之邊界，而球狀星團集合體之中心，自地球觀之，則在人馬座方向上，離地球約五〇〇〇〇光年。遠在南方，則有兩團麥哲倫雲。蘭德馬克 (Lundmark) 氏云，在吾人本星系中黑暗塵霧之外，或尙存有隱藏之天體系統，既未知其範圍，亦未知其形式者也。

上所述者，爲今時吾人關於銀河系結構之知識之大略。天文學家將銀河系與銀河外銀河系，分辨明白，僅爲最近六年或八年前事。在此短促之數年間，天文學家測遠探奧，進步極速，此後當亦可如是猛進。且近數年間發見之種種事物，又足爲以後發見之先導。上所述者，蓋無能作爲完全之說，然祇使讀者益感興趣，絕不致失望，可斷言也。

欲將銀河系敘述明白，自當擇取通行學說中之一說，而發揮之。今則不然，特取三種學說，各述大概。要令讀者自擇其所視爲最合事理之說，或暫時不加評論，留待數年之後，天文學家新發見益多之時，審察三說之中，孰爲最與新證據相符。今再將三種學說，述其綱要如下：

(一) 第一學說 銀河系爲獨立之漩渦式結構，直經約二〇〇〇〇〇光年，以球狀星團爲其邊界。吾人之本星系，爲其中恆星雲之一，位於銀河系中心與其邊界之中點，而太陽則在吾人之本星系中心之附近。

(二) 第二學說 球狀星團，成爲一超銀河系之邊界。本星系暨其他恆星雲則爲其中之離立銀河，而與銀河外衆銀河可以相比。

(三)第三學說 銀河系乃一獨立之漩渦星雲，直徑約三〇、〇〇〇光年，可與銀河外漩渦星雲之最大者抗衡。太陽離銀河系之中心不遠。銀河系與疏散星團系之範圍相符，而在球狀星團大系統之邊界附近。在銀河之主要平面上，則有密聚星層，其厚僅有數百光年。

今作幻想，人忽然離地球，依船底座方向，飛昇至一百萬光年遠處。則見四周爲無星之天，完全黑暗，唯一處，光輝爛然。是卽銀河系也。在其他方向上，在銀河間空間 (intergalactic space) 之黑暗天中，亦有其他銀河系，然肉眼不能見之。

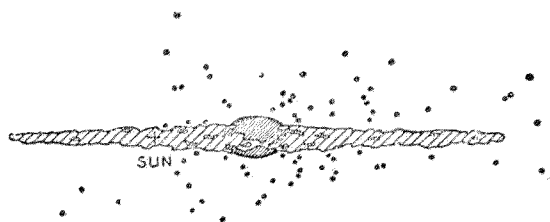
吾人在此高處所見之一團光輝，乃成長橢圓形，其長約如在地球上所見月球視直徑之四倍，而在其附近，則有較小之光斑一處或數處。然人目所見，殊極模糊。幸攜有大照相機一具，爰用以向光明區域，攝取相片，經時頗長始畢事。

攝影之時既多，故得觀察一切。知在光明區域內，極微小之地球上，天文學家，方集合衆力，以期解決其所有重要問題之一問題，卽銀河系之問題。是爲根據地球上觀測之結果，以定極巨大之銀河系之真相。然則銀河系在居於銀河系以外之人觀之，其形狀爲何如乎？此大問題應可由吾人

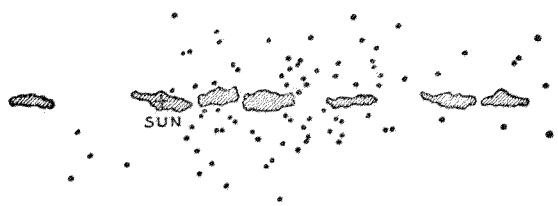
今茲在遠處所攝得相片解決之。向使真能有此相片，則顯影之後，當可於天文學上，得一確然可稱述之發見矣。

若上述三種學說中之一種爲正確者，則吾人所得相片，當與第六圖中三種略圖之一，約略相似。(一)此爲漩渦星雲側視之圖。首先使吾人注意之光明區域，爲人馬座之心核恆星雲。或者有一黑暗之窄條，在此光明區域上，幾於穿過其心核，且沿漩渦外伸之臂而伸出。(二)星系之範圍，與(一)相同；惟無側視之一處大星雲，而代以多少離立之恆星雲一羣。在此兩種情形中，相片上俱有如星之天體，實卽球狀星團，亦集合而成一團體，其扁平之程度；較此扁平之星系爲大，而兩者之心，始同在一處。(三)光明區域，乃一較小之漩渦星雲之側面，有黑暗之窄帶中分之，其位置則在範圍較大之球狀星團之邊界上。

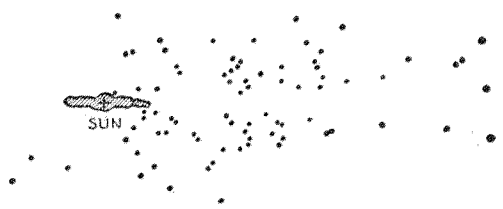
然此重要相片，今日尙無能獲得之。吾人仍由天外飛回地球，而觀天文學家，如何在銀河之內觀測，依次進行，以期解決銀河系之問題。其進行之步驟，則爲先就銀河系探索，益爲詳盡，而研究在銀河系內光波吸收影響，務求知之極悉。次則研究銀河外銀河，以供參證；此在第七章中述之。



(1) 獨立大銀河系



(2) 超銀河系



(3) 獨立小銀河系

第六圖 在遠處望見銀河系所可有之三種形狀

向來研究銀河系之結構者，除就銀河外銀河系之特色，觸類旁通，援引作證外，率據計量星數，或觀測球狀星團暨疏散星團分布之情形，作為研究資料。近年以前，咸用此類方法。然尋常統計學方法，消除種種特殊情形，化不整齊為整齊，遂令吾人本來特別注意者，無從考核，而由研究星團分布情形，所得結論，常有缺憾，以此類星團並不能將恆星雲之分部真相明白表示故也。今日之研究方法，則為精密測定恆星雲之本身，此項研究之業，經歷十年或二十年方能完成。

今在哈佛大學正用攝影方法，探索銀河所用相片，當多至十萬幅。學者估計，在銀河中當可發見二萬變星，而研究之。造父變星或星團變星之距離，如何測定，前已言之。於恆星雲中，發見多數變星而觀測之，當可將各處恆星雲之大小，暨形式，以及其相隔之遠近，并其所有之關係，一一究明，而終可綜合取得結果，以推求銀河系之結構也。

今日方研究銀河系之性質及範圍，而麥哲倫雲兩團，可謂在天上適佔無人之境。麥哲倫雲，看來有似由銀河分離而獨立之片段，其實與銀河並無聯合之證。麥哲倫雲有大小二團。其大雲在自銀河中央線至其南極間路程三分之一處；其小雲則在其二分之一處，即約當其中點。惟麥哲倫雲

離地球之遠，尙較向來定爲屬於本星系之球狀星團，近十分之三也。

麥哲倫雲位於居中之地，對於今時銀河系結構之研究，甚關重要，兩團雲離地球之遠，足以統觀其全部景象，而明瞭其各部分景色之不同。然兩團雲離地球之近，足以由望遠鏡中分析其中各自獨立之星，星團，及星雲。故在地球附近，有各處恆星雲，其各部分細節之關係，不甚明顯，在遠處則有銀河外銀河，其各部分之細節，亦不易識別，而麥哲倫雲兩團，則可謂能聯絡此二類天體者也。

以熱帶之北言之，麥哲倫雲永不能升至地平線上，故非觀測者所能見。在熱帶以南，則當天氣清明而無月光之夜，肉眼可見此雲，頗爲明顯，而其光明程度，可與銀河中明亮部分相比。麥哲倫雲之大團，存於劍魚座 (Dorado) 中，在天上所佔面積，直徑計有七度，其中中心點離天球南極爲二十一度。其小團存於杜鵑座 (Tucana) 中，在天上所佔面積，直徑約爲大團者之半，其中中心點離天球南極爲十七度。

沙普雷氏近來校正其舊時實測麥哲倫雲之結果，謂大團離地八六〇〇〇光年，其直徑爲一〇、八〇〇光年。小團之距離略遠，計爲九五〇〇〇光年，其直徑爲六〇〇〇光年。兩團相隔三〇、〇

○○光年，其間並無聯絡。赫瑞勒「約翰」氏於一世紀前，觀測此雲，所下斷語，亦是如此，今乃完全證實。赫瑞勒氏謂小雲團附近，乃天上不毛之地，最瘠瘠之區也。

麥哲倫雲大團，約略成圓形（銅版圖第六幅）。此為羣星集合而成，全部發微光，頗為勻整，復有較明亮之片段，散布其間。其中最明亮者為其軸線，在中心之南；是為羣星攢聚極密之雲，長約五千光年，寬約為其五分之一，中有聚星極密之光核。此外則有其他朋亮之區域，包括多數疏散星團及超巨星，惟其中天體之分布，則不及前述最明區域者之均勻。莫兒（Mohr）女士嘗於此雲中，選擇適宜區域，詳細計量星數，據以估計此雲中所有之星，其較絕對星等零等為明亮者，有二一四、○○○顆。其中有變星劍魚S，較太陽亮十萬倍。此為天文學記載上一切星中最亮之星，除少數「新星」暫時發光至其光等之最高峯者外，無較其更明亮之星也。

在麥哲倫雲大團中，有若干瀾漫星雲。此中又有可記之處。即劍魚座第三十星雲，位於此雲團軸線東北最近之一片光亮處中，乃此類瀾漫星雲中最大而最明亮者，其直徑為一百三十光年。若此星雲移至獵戶座大星雲之處，而與地球相近，則可將獵戶座完全掩蔽；沙普雷氏云，此星雲移至



第六幅 大卷哲倫雲

(哈佛天文臺阿勒基帕觀測站攝影)

此處，則其明亮可使地面物體生極清晰之影。在此團雲中，亦有黑暗之塵雲。而其中能辨認清楚之疏散星團至少有一百處，能辨認清楚之球狀星團，至少有八處。此一百處疏散星團，又集成一大團，惟其分配情形，尚不足以表明全部團雲之形式及完全範圍。至於球狀星團，則或存於此團雲全部系統之邊界也。

麥哲倫雲之兩團雲，與銀河系本身中恆星雲，爲同類之天體；其中含有各類之星，星團，及明暗之星雲。此兩團雲表示一種式樣之天體結構。如麥哲倫雲係在銀道面上，則與銀河中之其他恆星雲相似，而不能辨出此團雲與銀河中其他星雲之關係。如此兩團雲更在遠處，則可與其他多數不整齊之銀河外銀河系分別；在近代望遠鏡所能見之範圍內，此種銀河外銀河系，爲數殆有數萬；而散布於大漩渦星雲及其他銀河外銀河之中間也。

『在行星世界中，地球只如一粒沙，殆不可見，而此行星世界之偉觀，已足使人滿懷驚異；則以銀河之大，其中有無數之世界，有無數之天體系統，其使人駭怪，又何待言。然若一思及此無數之恆星世界，亦不過爲更偉大天體系統中之一分子，而此偉大之天體系統，莫知其所窮，其巨大或至無

可思議，而仍爲更偉大之天體系統中之一分子，則人之驚異當何如也！

此蓋康德氏在二百年前所筆之於書者。當是時，人所知之宇宙，尙未逾古人所謂恆星天球之範圍，人之目光，初穿過行星系統，而深入星際空間，驚其偉大，然康德氏則已馳思於聚星而成銀河，聚銀河而成更大之銀河矣。康德氏之思想，雖僅爲臆測，然由近年學者研究之結果論之，則頗非虛妄。今之天文學家，方越過銀河系，而深入星際空間。下一章請就其所已發見者述之。

第七章 銀河以外

如吾人之銀河，及相聯之球狀星團，暨麥哲倫雲，忽焉消滅，則天上幾於完全空虛無物。日月及行星，自然不見，而羣星及銀河，亦如之。天上景物，依然存在者，僅有在飛馬座正方形附近之兩片微光，一爲仙女座之「大星雲」，一爲北三角座（*Triangulum*）之麥息厄氏表中第三三號星團。此爲最近之銀河外漩渦星系，人之肉眼所能見者，僅有此兩者。

麥息厄氏表中第三三號星團，如銅版圖第二幅所示，乃兩者中之較暗淡者，爲大漩渦星系中之最近者。其距離爲七七〇〇〇〇光年，其直徑爲一五〇〇〇〇光年。在大望遠鏡所攝得之相片上，此星系乃正規之漩渦星雲，而由地球觀之，適見其平面。其中心爲羣星密集之光核，由此依相對方向，分出兩道之雲，捲成漩渦，方向與鐘針進行方向相反。此星雲包括黑暗塵雲，明亮星雲，及星團，且就吾人所能見者言，在吾人銀河系中所有之天體，此星雲中咸有之也。

麥息厄氏表中第三三號星團，是否可與吾人銀河全部相比，抑僅如其中之一星雲，尙待學者

研究決定。惟此星團，以及其他漩渦星系多處，乃遠在銀河外之星系，亦爲銀河，則無可疑。此項結論，乃近十年內科學上最重要之成就，深可注意者也。

「銀河外星雲」是爲諸大漩渦星系與他類天體不集中於銀道面者之稱。此類天體，似有避開銀道面之趨勢。惟其趨勢，亦祇屬吾人所見如此；說者謂在銀道面方向上，因吾人星系中有吸收作用之雲，使遙遠天體不能望見，故覺遙遠天體有避開此方向之趨勢，如此解釋，亦若近真也。

在本世紀之初，岐勒 (Keller) 氏在力克天文臺，用克洛斯力反射鏡 (Crossly reflector) 攝得相片，使天文學家注意於此種天體，數極繁多。其後學者漸覺康德氏所創，而已爲人所舍棄之「島宇宙」之舊說，以銀河外星雲爲羣島者，似可復採用之。惟二十年間，尙無人尋出明證，以示此類星雲，確屬離地極遠，直至最近，始知之。

學者之認出銀河外之星系，始於一九二三年，於時沙普雷氏觀測新編星表第六八二二號星雲中最明之星，估計此星雲距離，定爲在銀河之外。此星雲與麥哲倫雲相仿，而光較微弱，今日天文學者定其距離爲六二五〇〇〇光年，與原來估計之數頗相符合。哈布爾氏自一九二五年起，研究

諸大漩渦星雲，而謂其與此爲同類。哈布爾氏以一百英寸直徑之反射鏡攝取相片，遂能將北三角座及仙女座之漩渦星雲中之羣星，分別研究。此類之星，多屬造父變星，凡有造父變星之處，其距離即可測定，前已言之。

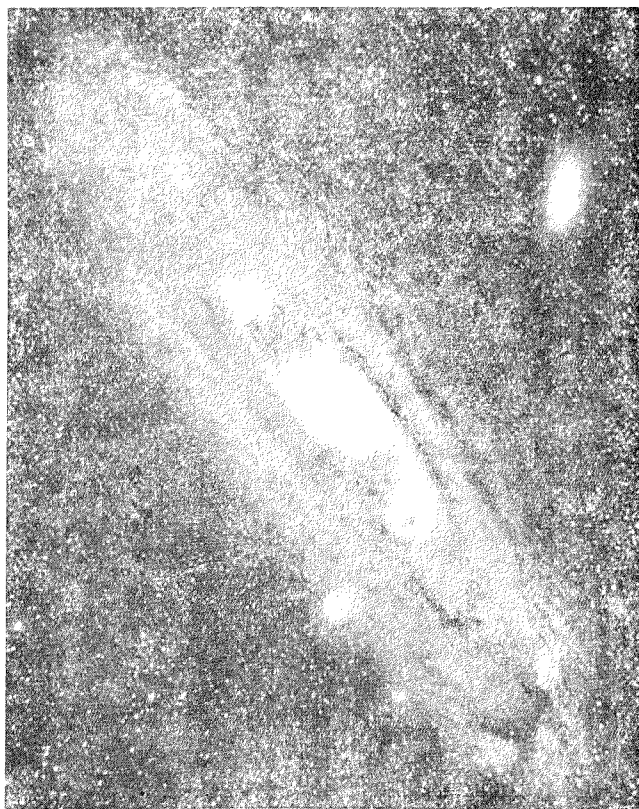
仙女座之大星雲，即麥息厄氏表第三一號星雲，乃大漩渦星雲中最有名者。其距離爲八〇〇、〇〇〇光年，雖較麥息厄氏表第三三號星雲爲略遠，然其光明程度則尙在其上。人之肉眼所能見之最遠物體，即爲此星雲。凡人第一次得視此星雲在天上之微光，可謂其僅憑肉眼，獲見遠物，已臻峯極，永不能再見更遠之物也。

當望遠鏡未發明時，天文學家眼中之仙女座星雲，祇爲羣星中間之模糊光斑，其長與月球之視半徑相等，其寬約得其半；迨望遠鏡發明，則窺見此星雲，而認爲不可思議之天體。第一人從望遠鏡中見此星雲者，似爲美立阿斯（Messiers）氏，時在一六一二年，謂其光輝無定，有似明角燈中之燭光。然後來即用較大望遠鏡，亦不能使人目辨明其真相。直待望遠鏡中照相法發明，用相片經過長時間露光，始顯出光斑之實在結構，乃漩渦式，頗壯麗也。

立契 (Ribley) 氏在業岐茲天文臺，用二英尺反射鏡攝得仙女座星雲相片，可稱爲天文學家之傑作（銅版圖第七幅）。此漩渦星雲之位置，與祇見側面者之位置相近，僅差十五度之傾斜，故其結構複雜之情形，得以顯露明白。其實在邊界，殆爲圓周，而其在天上之投影形狀，則爲橢圓，其在天上所佔面積，可容五個滿月並列。其實在直徑約爲四萬光年。此星雲乃銀河外銀河系中之極大者也。

麥息厄氏表第五一號星雲，即旋流星雲 (whirlpool nebula)，位於獵犬座 (Canes Venatici)，在北斗之柄之末，乃大漩渦星雲中最偉大者。由地球觀之，所見殆完全爲其平面，故在相片上得以辨明其盤旋之狀，而用大望遠鏡，且可使其漩渦式結構，由人目認識之。較小之望遠鏡，僅能見兩處模糊光斑，一爲其核，一則其一道螺線末端之密集部也。

麥息厄氏表第五一號星雲之漩渦構造，在一八四五年，已爲愛耳蘭洛塞伯 (Earl of Rosse) (洛塞伯乃天文學家，深嗜此學，然不以此爲職業)，用其大反射望遠鏡所發見。洛塞伯始認識諸星雲中，有少數爲漩渦式，而自此以後，學者乃確信天上有無數與此同類之星雲，其平面與吾人視



第七幅 仙女座大漩渦星雲

漩渦星雲中最明且最大者（萊岐茲天文臺攝影）

線，成各種不同之角也。

洛塞伯之望遠鏡，直徑爲六英尺，長逾五十英尺，當時爲極大之望遠鏡，然在今日，則不足用以探索天空。無論就光學方面言之，或就機械方面言之，此望遠鏡不能與天體攝影應有之精密程度相符。其用金屬磨光作成之反射鏡，旋即因生銹之故，變爲暗昧。此後反射望遠鏡之反射鏡，不用金屬而改用玻璃，既易作成應有之彎度，於玻璃上易於加上一層之銀，當發暗時，甚易改換之。威爾遜山天文臺之一百英寸直徑反射望遠鏡，係塗銀質於玻璃上而成。擬造之二百英寸直徑反射望遠鏡，將由一大塊玻璃造成，或將用石英製之，其直徑幾有十七英尺，其厚則不止二英尺也。

前一世紀間科學之進步，最顯著者，莫如觀測天象儀器之發明。望遠鏡之爲物，以光學言之，既甚完美；以機械言之，亦極巧妙。其活動部分，雖重逾百噸，然其一百英寸直徑之反射鏡，則移動極靈活，且極準確。當攝製遙遠天體之相片時，底片曝光常經過若干小時，而攝影用望遠鏡之對光仍極準確，觀近年所得相片之清楚，可以知之。

大漩渦星雲，側面正對地球者，攝得之相片，多有數處特顯（銅版圖第八幅。）其心核常成甚

扁之球狀。其赤道面上之雲條，在投影上，常縮成甚窄，分位於心核之兩邊。最有趣者，則爲一道暗線，與赤道平行，而穿過心核，沿雲條而外行；有時直似將全部星雲，分擘爲兩部。據刻替斯氏之研究，此類暗線，恆見於側面之漩渦星雲中，而凡屬大星雲，倘能由其側面觀之，必然有之，可推側而知也。

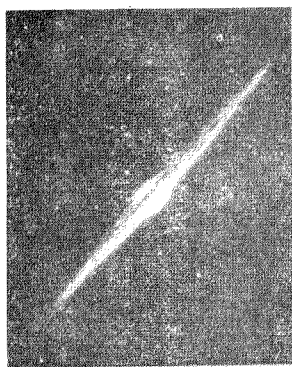
由銀河外銀河之此等情形，便可聯想到吾人銀河中之大黑條，分銀河全長三分之一以上爲兩道並流者。尤有進者，吾人觀測此種銀河外銀河，不能沿其赤道，而向內觀測，依同一事理，吾人自亦不能沿銀道面，而向外觀測銀河以外之各處銀河。又天文學家，有認定在吾人銀道之主平面上，亦有狹窄之吸收層者也。

大漩渦星雲，與吾人銀河間，另有相類之事，卽其旋轉是也。不僅漩渦星雲之扁平，足以表示旋轉兩體兩極之扁平而已，且其心核部分之成扁球，尤足以顯示此理。而在側面漩渦星雲之光譜，其斜線尤足以爲證。此種光譜，難以攝製，因其光過弱故也。故直至一九一四年，斯來斐氏，在羅威爾天文臺及倭爾夫氏在海得爾堡，始用此法，證明漩渦星雲之旋轉速度，應以每秒鐘數十英里計之，或以每秒鐘數百英里計之。

漩渦式何以最適合於衆銀河系之構造，此問題今尙未能作答。衆銀河系之大多數，形式與仙女座大漩渦星雲相仿，此大漩渦星雲，其渦紋自星雲之心核發出，卽行卷曲。其餘少數銀河系，約有百分之二十，則爲有梗之漩渦星雲 (barred spiral)，自其心核之兩對面，發出光明之梗一道，而在此梗之兩端，發出渦紋。

銀河外銀河系，亦非全是漩渦星雲。其中約百分之三或百分之四，乃各種天體雜集而成，與麥哲倫雲相似，而其餘之多數，則屬於第三類之「橢圓星雲 (elliptical nebulae)」。惟此類星雲，今尙未能確知其可分析成衆多之星也。

橢圓星雲與漩渦星雲之心核相似，惟其扁平程度則較遜。有若干橢圓星雲，似幾成爲圓盤之式。麥息厄氏表第三二號星雲，卽仙女座大星雲之小伴（銅版圖第七幅），其扁平程度，爲土星（行星之一）之兩倍。新編星表第三一一五號之軸狀星雲（銅版圖第八幅），乃星雲之最扁平者；其兩極直徑，不及赤道直徑之三分之一。其赤道成爲尖銳之邊，由是可知介於橢圓星雲與漩渦星雲兩者中間者，尙有一種星雲也。



第八幅 銀河外銀河 (威爾遜山天文室攝影)

- (上左) 后髮座中側面渦旋星雲
- (上右) 六分儀座中橢圓星雲
- (下左) 飛馬座中超銀河
- (下右) 獵犬座中旋星雲

凡此種種星雲形式之變化，始如一線相聯，故哈布爾氏等即據此以分別星雲之種類。此種形式變化之線索，在一端爲橢圓星雲中最近於球形者之星雲；繼之爲橢圓程度逐漸增加之星雲，以至扁平程度最大之軸狀星雲，至此乃繼以漩渦星雲；此後分爲兩支，一爲正則漩渦星雲，一爲有梗漩渦星雲。在雙漩渦星雲線索之一端，其星雲之心核甚明顯，其渦紋卷曲頗密，而渦紋中之天體則疏散。在此漩渦星雲線索之別一端，其星雲中之天體，多聚於渦紋中，而渦紋之卷曲則不密。在此可將不規則之銀河系，例如麥哲倫雲，附於線索上，惟星雲形式變化之繼續，稍欠明顯耳。

上所云星雲形式變化之線索，是否足以表示宇宙進化之各階級，尙未能斷言。耶安斯 (Jeans) 氏曾覓得理由，謂此種線索，確有所表示。他人則視此種線索，祇爲變形之程序，而在今日所得資料中，尙無足以證明衆銀河系係依照此種程序而變形。要之，此實有趣味之問題也。

百年以前天文學家之目光，由太陽系而移至恆星，當時於恆星之距離，恆星之大小，恆星之組織，尙無詳密智識；而於羣星之集團，及其運動，暨太陽在羣星中運動情形，所知亦至有限；亦不知羣星是否無限分配，抑集成一種有範圍有形式之系統也。

此種問題，今已解答，昔時視爲甚遠且無論如何不能與吾人有關聯之星，今已知爲近鄰，知爲吾人太陽所屬銀河系中之分子。吾人所知關於此種星體之事物已多，且漸能進而考究其所成系統，知之益詳悉。今日之天文學家，自力已出於吾人銀河系以外，而深入銀河外銀河系之巨大範圍中。吾人於此又生種種問題，猶之百年前人，對於吾人鄰近諸星發生種種問題也。

哈布爾氏研究最近衆銀河，由其中造父變星，在照片所留之影，測定衆銀河之距離。惟即用一百英寸之望遠鏡，亦僅有少數銀河系，能顯出其中分離之星。其他衆銀河系之距離，必須假定其本體之大小構造相同，而自其由地球所見之大小暨光明程度，比較推測得之。最近之銀河系，其由地球所見之大小，約與月球相等，故在巨大望遠鏡中，所見此種銀河系之景象，甚有可觀，而其與地球之距離，已有一百萬光年之遠。衆銀河系中之最遠者，其距離乃爲上述者之二百五十倍，即二萬五千萬光年。其遠既如此不可思議，故在望遠鏡中所見，亦不過光亮之點，其中之構造，不能明瞭也。視一光年之距離，爲遠至不可思議，此猶不過是昨日之事；然茲書所述，亦已漸涉及遠較此爲巨大之距離。明亮之星，其距離常爲數十光年或數百光年；疏散星團之距離常爲數百光年或數千

光年；球狀星團之距離常爲數萬光年或數十萬光年；銀河外銀河系之距離則常爲數百萬光年或數千萬光年，且多有逾一萬萬光年者。宇宙之大如此，斷不容忽視。然吾人於銀河外銀河系，所知因尙甚淺也。

吾人之周圍，空間之中，用今日望遠鏡所能見之處，卽五萬萬光年直徑之範圍，有銀河系三千萬，分佈各處。然卽在吾人銀河系中暗雲所掩之處，定尙有多處銀河系，隱而不顯。天文學家所計劃之二百英寸望遠鏡，當可於上述範圍以外，更有多處銀河系可以發見。倘在今日視域外之銀河系，其分布情形，仍與近處相同，則在此二百英寸大望遠鏡中，所有新發見之銀河系，尙不止二萬萬處。哈布爾氏察得在吾人所見範圍中，遠處銀河系之分布，並不顯出由密變疏之象。以平均情形言之，各銀河系相隔距離，大約爲一百五十萬光年也。

宇宙之廣遠如此，惟未見其中銀河系之羅布，有愈遠愈少之象。然終必愈遠愈少，否則必有極強之光，照耀全天也。衆銀河系集成之大系統，卽所謂超銀河系，其形式及範圍，究屬何如？吾人尙未能完全釋明吾人銀河系之問題，卻又有此問題發生，確使人惶惑。然吾人自當先就超銀河系中吾

人所已觀測之部分，詳細研究，其構造之特色，然後進而求其他也。

天體乃積累而成。觀上文所述，可知其顯然有此種性質，而就觀測所及論之，蓋已成爲定例。天上有雙星，有複星，有星團，有恆星雲，故有相當之銀河系集合體。由天文攝影觀之，有駢列之銀河系，然此非兩銀河系適在同一方向之上，實爲有關係之雙銀河系，有時且互相透入也。

在駢列之銀河系以外，又有複銀河系，卽所謂超銀河系。仙女座之大漩渦星雲，有較小之星雲二處爲伴。天文學家，有謂吾人之銀河，其本體乃一超銀河系者，然無論吾人之銀河，內部構造如何，而麥哲倫雲，與之密切相聯，則無可疑。在飛馬座中，有一超銀河系（銅版圖第八幅），離地球約一千六百萬光年，乃複銀河系之一美例，而沙普雷氏嘗謂其足以代表吾人銀河系之構造。此超銀河系，包括有正則式漩渦星雲四處，其中有二處乃相接觸者；又有橢圓星雲一處，惟此橢圓星雲，在超銀河系中，關係究屬如何，尙未能明白定之。

近來天文學家，研究銀河外銀河系，而發見之超銀河系，殆有四十處之多。其中有僅有少數之星，與複星相似者。其他則包括獨立之銀河，數以百計。以星數及形式言之，此種衆銀河系集成之銀

河系，乃與疏散星團相似也。

沙普雷氏及阿姆斯 (Ames) 女士，於后髮座及室女座（在北銀極附近）附近之高級天體，曾有特別研究。兩氏於所得相片上，察知在十度之範圍以內，超銀河系之數，殆有三千之多。較明亮之衆銀河系，乃在一千萬光年處之超銀河系，其中銀河，計有數百，且闌出此範圍以外。在此超銀河系以外，約隔三四倍之遠，又有一組超銀河系，其光輝略黯，其中銀河數計有數百，其配布之範圍，直徑約三度。更在第二組超銀河系以外，距離爲其數倍，則有若干銀河系，光色較黯，淡，團結而成超銀河系，至少有大超銀河系兩處，每一處在天上所佔之範圍，爲滿月視面積之二倍。

在南方半人馬座中，約三度之面積內，有超銀河系一處，最爲有趣。在哈佛天文臺初次研究，測定此超銀河系之距離，爲一萬五千萬光年。此超銀河系之直徑，故亦有七百萬光年。其中之銀河系，有互相透過者，有爲極大之天體，可比於仙女座大漩渦星雲者。

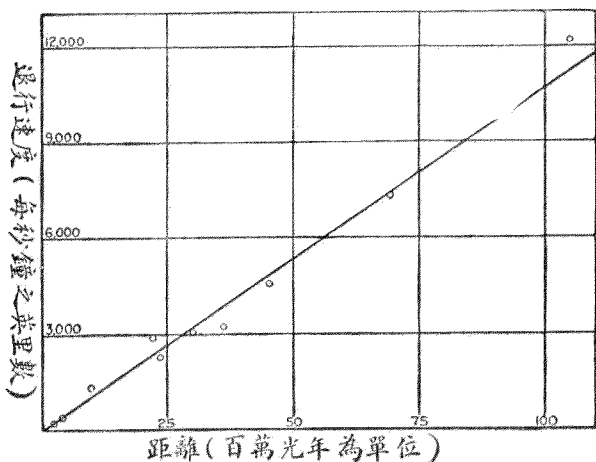
吾人之銀河系，與此種銀河系之大羣相較，自然頗覺渺小。以前述及吾人銀河系時，頗覺其過爲巨大。要之，視銀河系爲過小，或視其爲過大，其不能使人洞見宇宙之真相則一也。但吾人超銀河

系之邊界尙未能測定。關於銀河系之本體，前已加入麥哲倫雲，今亦可有理由，將仙女座大星雲及三角座漩渦星雲暨鄰近天體，附屬於吾人銀河系範圍。若吾人對於此種系統之運動完全明瞭，則此系統之自然境界，即可發見也。

諸大銀河系及超銀河系，其地位並非固定不動，正與其中羣星之地位非固定者相似，亦與其中之行星，繞其中恆星而旋轉者相似。就吾人所知者言之，物質宇宙中無論何物，俱運動不息。是爲基本物性之表現。此基本物性，即吾人所稱之「能」，即發生結果之能力，乃天體與人所同具者也。分光儀示人以星或其他天體，向地球行，或背地球行，其相對運動，分光儀可以指示之。如光譜中之線，自其本來位置，移向紫色段，是爲其星向地球行；如移向紅色段，則爲其星背地球行。由其移動之星，可以推測星行順逆之速度，每秒鐘之英里數。此項原理，於測定星行速度，極爲有用，且亦可應用於吾人銀河外之衆銀河系。此類銀河系之光固極微弱，攝取其光譜，須延長各次攝影曝光時間，經過數夜，始能得之。然天文學家已攝製此種相片，蓋用極大耐心并技巧，宜其獲有意想不到之發見，爲其酬報也。

銀河外銀河系之光譜，其線之移動極大。此事實單就本身言之，并非特別奇異。巨大之銀河系，當然可以有相當之大速度。然光譜上線之移動，幾全屬於向紅色段者。即諸銀河系之速度，幾全為退行速度。尤有進者，各銀河系之距離愈大，則其退行速度亦依比例增加。此為最近威爾遜山天文臺之發見，引起天文學家之最大興趣者也。

太陽對於諸銀河系，其移動之速度，約為每秒鐘二百英里稍弱。學



第七圖 銀河外銀河系之速度與距離關係圖

由分光儀測得之速度，隨距離而增加。圓圈表示測得之銀河系或超銀河系（根據哈馬孫氏之圖）。

者解釋此種運動，謂卽其在銀河系旋轉中之一部分。哈布爾氏及哈馬孫（Humason）氏，謂計及太陽對於銀河系之此種速度，則銀河外銀河系之退行速度，約爲每增加距離一百萬光年，每秒增加一百英里。以極限言之，在一萬萬光年距離之獅子座中成爲大團之衆銀河系，其退行速度，乃有每秒一萬二千英里也。

此種速度，究可照數計算乎？若果如推測之數，則銀河外銀河，乃急速離宇宙中吾人所居之部分而行。然卽屬果然如此，而速度隨距離增加之理，殊不易解釋明白。惟將來對於此種運動，當可有兼顧各方面之解釋耳。

是故今日之宇宙，本身可分爲積累之單位。星爲其基本，如築屋之磚，又如動力廠，星有各種不同之色，不同之大小，然其所含之物質，分量卻常似相同。星有組爲雙星者，有由數顆組成系統者，有成疏散星團者，有成球狀星團者，有成恆星雲者，有成銀河系者；而在較大之結構中，塵雲及氣，亦佔重要地位。銀河系則聚集成超銀河系，而超銀河系亦可想像其聚集而成較大系統，而此較大系統，仍爲更大系統中之單位。然今時天文學家之觀測，則止於超銀河系，過此不能觀測，祇憑想像矣。

