

## 雙星、變星、星團、星雲

(稿源：義工天文培訓班 --- 第 11 講)

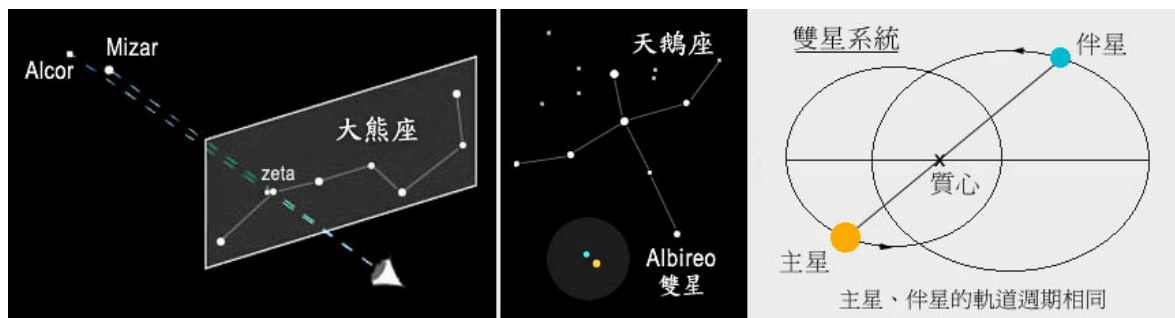
今次離開太陽系，了解一些雙星、變星、星團和星雲。

### 雙星

粗略估計，天空中有一半的星是雙星 (binary stars) 或聚星 (multiple stars)。

“目視雙星”是視線上貼近的星，常說的有 Mizar (開陽) 和 Albireo (輦道增七)，有些在詳細觀測後更是三顆或以上的聚星。雙星有真有假，前述的 Mizar 與較暗的 Alcor 幾乎在同一視線，兩星前後相隔 2 光年，一般認為它們沒有物理關係；Albireo 則是有真正關係的“物理雙星”，用望遠鏡看 Albireo 十分美麗，主星橙色，伴星藍色，相隔 34 角秒。目視雙星榜見

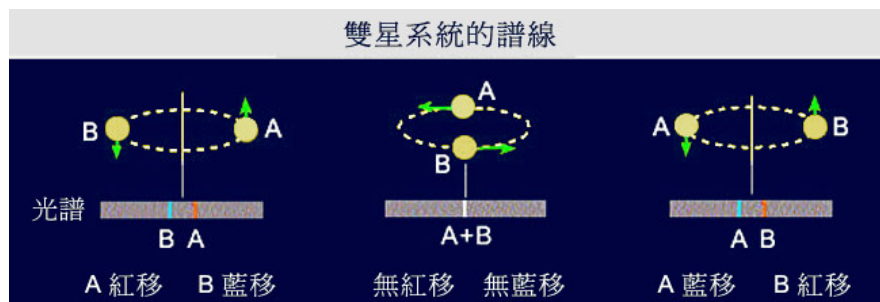
<http://forum.hkas.org.hk/viewthread.php?tid=4480&extra=page%3D5>



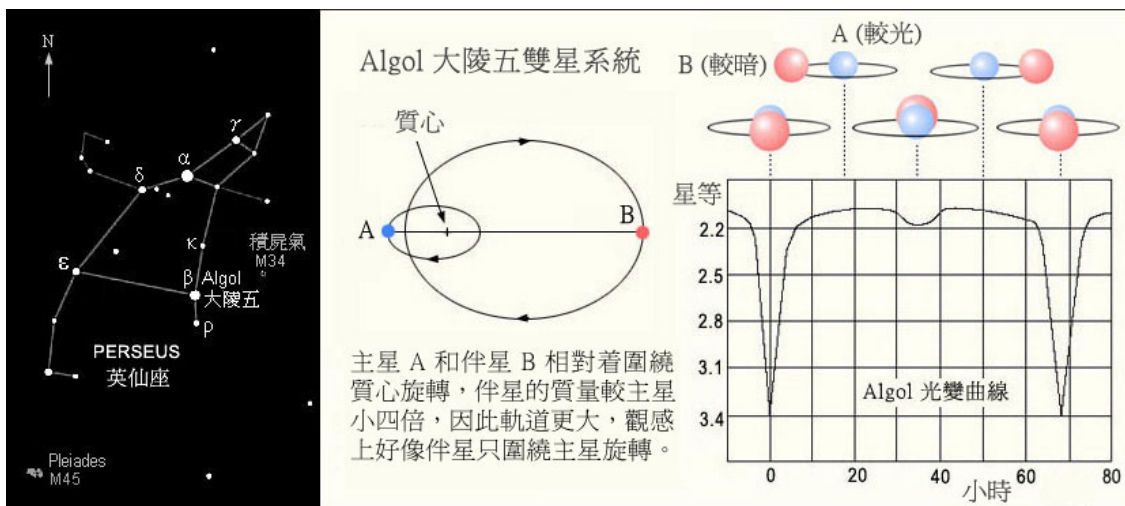
所有物理雙星必定圍繞兩星的共同質心旋轉，主星、質心、伴星永遠排成直線，因此主星和伴星都有相同的軌道週期。 雙星動畫 [http://forum.hkas.org.hk/Web/DoubleStar\\_animation.gif](http://forum.hkas.org.hk/Web/DoubleStar_animation.gif)

物理雙星又分為四類：

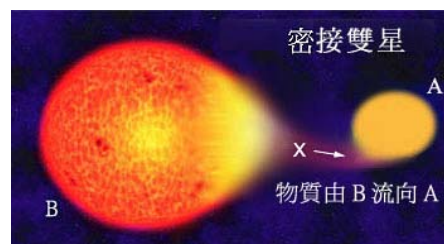
- 分光雙星 Spectroscopic binary ----- 有些雙星十分遙遠，或主伴星非常貼近，即使用望遠鏡也只見到一點光，但從分光儀得知光源卻是雙星，像下面的示意圖。A、B 兩星因互繞關係，在光譜上的譜線會出現多普勒效應的藍移及紅移（見前講義《星光的秘密》），從譜線的位移及變化週期我們便可以分析雙星的軌道。利用這種方法鑑定的雙星稱為分光雙星，例子有  $\alpha$  Andromedae (壁宿二)，軌道週期 97 天。



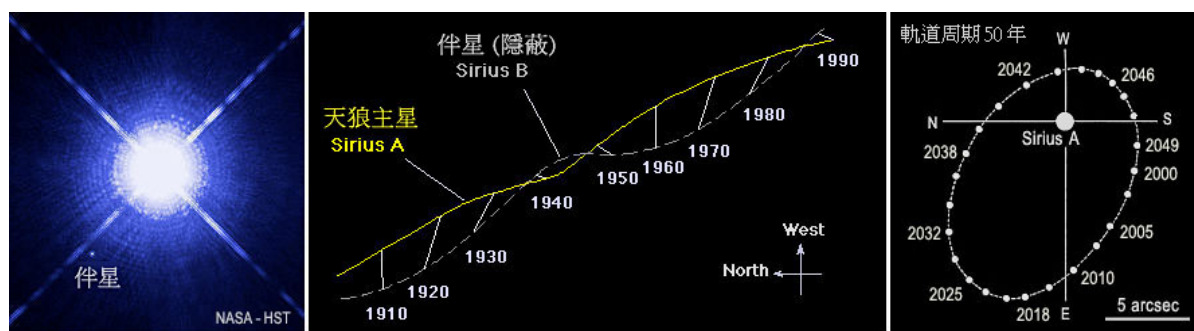
- 掩食雙星 Eclipsing binary ----- 因兩星交食而光變的星稱為掩食雙星，最著名的例子是在英仙座的大陵五 (Algol)，俗名“魔星”(The Demon Star)，它也是分光雙星，主星 A 與伴星 B 相當近距，只有 0.002 角秒，望遠鏡不能分辨它們，但因為光源的亮度變化很有規律和符合星掩現象，我們便推斷它是掩食雙星。下圖說明大陵五的掩食過程：當較暗的 B 遮掩 A 時，亮度跌至 3.4 等，兩星分開時升至 2.1 等，較光的 A 遮掩 B 時又微跌至 2.2 等，就這樣兩星互相遮掩循環變化，週期 68 ~ 69 小時。當然，偶然一望未必察覺大陵五的光暗差異，但精於觀測的人一定能夠察覺出來，更詳細的觀測顯示大陵五是三星系統。



- 密接雙星 Contact binary ----- 這種雙星系統，主伴星十分接近，強大的引力不單只把星拉扯至變形，更造成兩星間出現物質交換，把兩星連接起來。右圖 x 處叫拉格朗日點 (Lagrangian point)，這裡是兩星之間的引力平衡點，星物質都經過這點交換，例子有天琴座  $\beta$ 、大熊座 W。  
請留意圖中的 A、B 只是交換物質而不把對方扯碎，因為兩星都是氣體，不是岩質固體。



- 天體測量雙星 Astrometric binary ----- 有時雙星中的伴星因某些原因而不可見或很難見，但由於雙星繞著質心運行，從地球見到的主星便不斷沿自行方向的兩旁擺動，儘管擺動輕微，我們仍然可以通過測量得知伴星的存在。例如 8.6 光年遠的天狼星，它有一個暗千倍的伴星，天狼星的光芒往往把伴星掩沒，1844 年德國數學家 Bessel 研究天狼星的擺動，預言天狼伴星存在，十八年後伴星才被 Alvan Clark 在測試 18 吋折射鏡時發現。說起來，Clark 的發現有點幸運，因為他試鏡時天狼雙星分隔達 9 角秒，如果在早幾年試鏡，主伴星更貼近，即使用更大口徑觀測也未必見到伴星。



(左) 哈勃太空望遠鏡在 2003 年 10 月拍攝的天狼星及其伴星，當時兩星相隔約 6 角秒或 16 AU。  
(中) 1910 - 1990 年天狼主星的自行軌跡，虛線是推算的伴星軌跡。(右) 天狼伴星相對主星的軌道

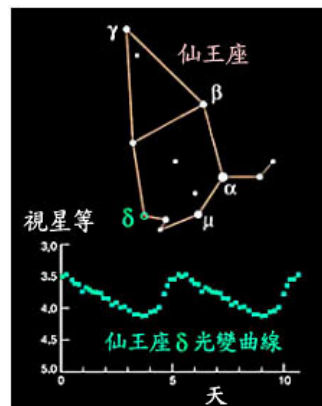
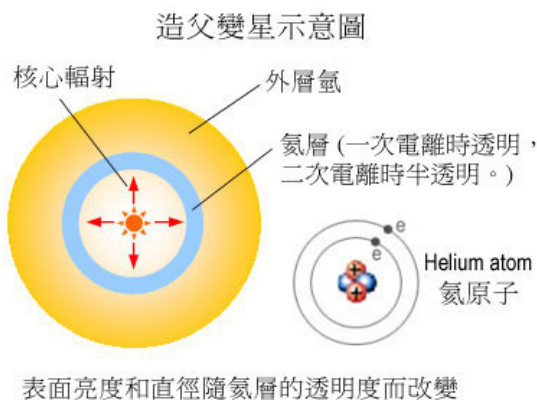
天狼雙星的角距在 3~11 角秒之間變化，週期 50 年，鑑定它們的軌道後，主星和伴星的質量便可以用牛頓-開普勒定律推算出來，見前講義《開普勒行星定律·牛頓萬有引力定律》。

## 變星

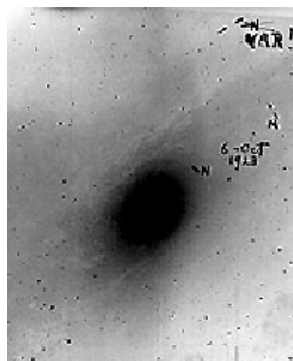
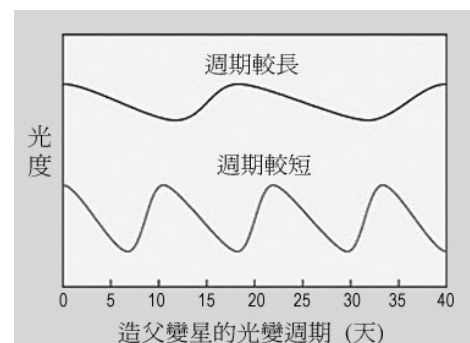
本文指的變星 (variable stars) 是光度隨內部結構、輻射機制或大氣情況而變化的星，主要有以下的分類：

- **造父變星** ----- 這類變星以仙王座  $\delta$  (造父一) 為代表，故稱 Cepheid variables 或 Cepheids，中譯 "造父變星"，造父變星會依其金屬含量再分為經典及非經典幾個次型，本文所述的造父變星是經典型。

經典造父變星都是比太陽質量大 4~20 倍的晚年超巨星，這時期的星體內已累積一層氦。氦原子只有兩個電子，它會按溫度壓力等條件而電離，如果氦層是一次電離 (氦原子失去一個電子)，氦層是透明的，於是核心的輻射便透過氦層向外輸出，氦層亦會吸收透過的能量令本身升溫，結果氦再失多一個電子變成二次電離，二次電離的氦已剩下原子核，所以氦層變成半透明，星的亮度因而下跌，星的外層因少受熱而收縮，同時氦層也因少吸核心能量而降溫，氦再次回復一次電離，就這樣，星的亮度和直徑會跟隨氦層的透明度 (電離程度) 作循環變化。變幅多在 0.5 至 2 個星等之間，週期 3~10 天，少數長至 50 天。目前已知約有 700 個經典造父變星在銀河系，幾千個在其他星系。



1912 年美國女天文學家勒維特發現造父變星的光變週期與光度有特定的關係 (period-luminosity relation)，光變週期越長，光度越大，因此測定某一造父變星的週期，我們便得知它的光度或絕對星等，從絕對星等與視星等之差又可算出該星 (和其母星系) 的距離。

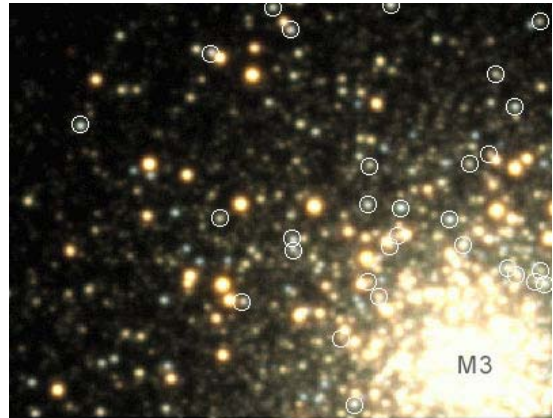


← 哈勃在 1923 年 10 月拍攝的 M31 底片，VAR 是他標示的造父變星位置。

勒維特的發現相當重要，當代的人以為仙女座的 M31 在銀河系之內，後來藉 M31 內的造父變星測定 M31 距離地球 250 萬光年，確定 M31 在銀河系之外。哈勃也利用這種測距法找出星系距離與紅移的關係，得到宇宙膨脹的印象。自此之後，造父變星已成為一種有效的 "量天尺" (距離指標)，適用於測距到 ~20 Mpc (六千萬光年)。

或許你問：我們怎樣肯定這把量天尺的準確性呢？原來有些造父變星是比較接近地球的，我們可以借助三角學的視差法 (parallax) 首先鑑定星的距離，然後將視差結果與造父變星的測距結果對照，這樣便可印証造父變星測距法的準確程度和適用範圍了。利用造父變星，我們又可校準適用更遠距離的量天尺，不同測距範圍的量天尺便組成了一套完整的量天階梯 (distance ladder)，造父變星測距法正是這階梯中的第二級，視差法是第一級。在後講《星的演化》，我們會論述另一量天尺叫“Ia 型超新星”。

- **天琴 RR 變星 (RR Lyrae variables)** ----- 這類的光變週期少於 1 天，變幅約為 1 個星等，但絕對星等固定在 +0.5 左右 (相當於 50  $L_{\odot}$ )，因此它又是一種量天尺。RR 變星最初在觀測天琴座 RR 時發現，後來更多同類在銀河系的球狀星團內找到，結果許多球狀星團的距離都被 Harlow Shapley (1885 – 1972) 確定下來，從而得出球狀星團在銀河系的分佈情況、銀河系中心在人馬座、太陽離銀心二萬六千光年等等的結論，球狀星團將在下一節再述。

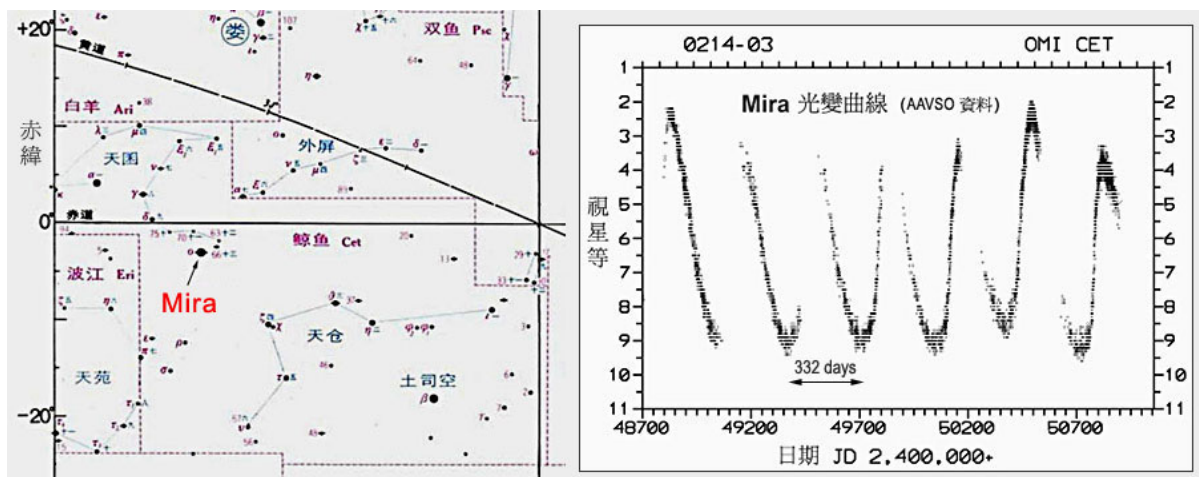


M3 是在銀河系內的球狀星團，距離地球 3 萬 4 千光年，星團中有許多天琴 RR 變星 (白圈標記)，可以當作量天尺測定 M3 的距離。

天琴 RR 變星在 M3 內的光變動畫：  
<http://apod.nasa.gov/apod/ap070415.html> or  
[http://forum.hkas.org.hk/Web/RR\\_Lyrae\\_in\\_M3.gif](http://forum.hkas.org.hk/Web/RR_Lyrae_in_M3.gif)

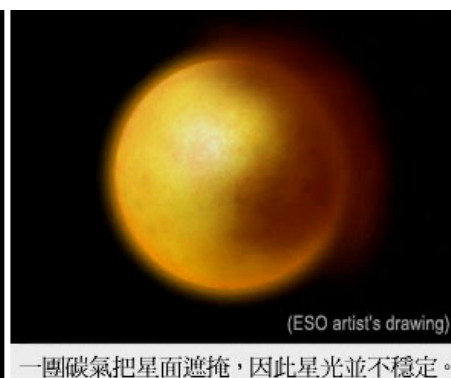
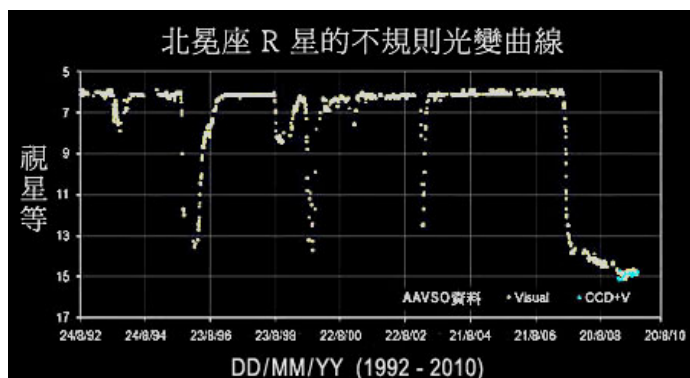
<http://apod.nasa.gov/apod/ap041012.html> (圖片 Harvard CfA)

- **長週期變星** ----- 這類的光變週期大約由三個月至幾年不等，最典型莫如 Mira (鯨魚座 Omicron)，視星等變化 2 ~ 10，週期長達 332 天。十七世紀時歐洲人開始記錄它的亮度，並且以拉丁文命名 Mira，即是 wonderful 的意思，在古中國則稱“芻藁增二”，由於它的目視亮度在 6 等上下起落，Mira 在天空有時出現，有時消失。

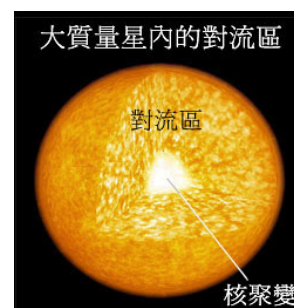


Mira 與造父變星不同，它屬低質量星，前身像太陽，當星核的氫燒完後，氦聚變成爲主導能源令外層的氫膨脹大如地球軌道，表面溫度低於 4000 K，即是我們形容的紅巨星。Mira 正好代表紅巨星的晚年階段，這時 Mira 的外層氫並不穩定，星的直徑和溫度不斷脈動，亮度也跟隨變化，不過 Mira 的紅巨星生涯不會持久，它將會進入“行星狀星雲”階段，最後星雲散去只剩下無核能的白矮星。行星狀星雲稍後再述。

- **不規則變星** ---- 這種變星最令人迷惑，其中一分類叫 **北冕 R 變星 (R CrB variables)**，它是富碳質的超巨星，表面頗熱 (~7000 K)，星光帶黃，亮度在幾年內反覆變化，也可以不變化，因此沒有規則可言。



到了 2007 年，不規則之謎才被確認，ESO (歐洲南天文台) 利用精密的 VLT 干涉儀見到一顆在人馬座的 **RY Sagittarii**，它是南半球最亮的北冕 R 變星，表面被一團碳氣遮蓋 (上圖右)，研究認為星體內的激烈對流作用把碳氣帶上星面，但碳氣並不均勻，當較密的碳氣遮掩星面時，星光便暗下來，當碳氣被星表面的疾風 (stellar wind) 吹散後，星光便回復正常。參考 <http://www.eso.org/public/news/eso0734/>



### 梅西爾目錄、NGC、IC 及其他目錄

天體目錄是觀星的重要工具，最早有實用價值的目錄要算是 **Messier Catalog**，編者原是十八世紀的梅西爾 (Charles Messier)，本身喜愛搜獵彗星，他把找到的 103 個天體記錄下來，以方便他尋找彗星時不會被這些天體混淆。後人把他的目錄擴展至 110 個，其中星團佔 57，星系 40，星雲 11，雙星及超新星殘骸各一。(參考 <http://www.cwb.gov.tw/V6/astronomy/obser/messier.htm>)



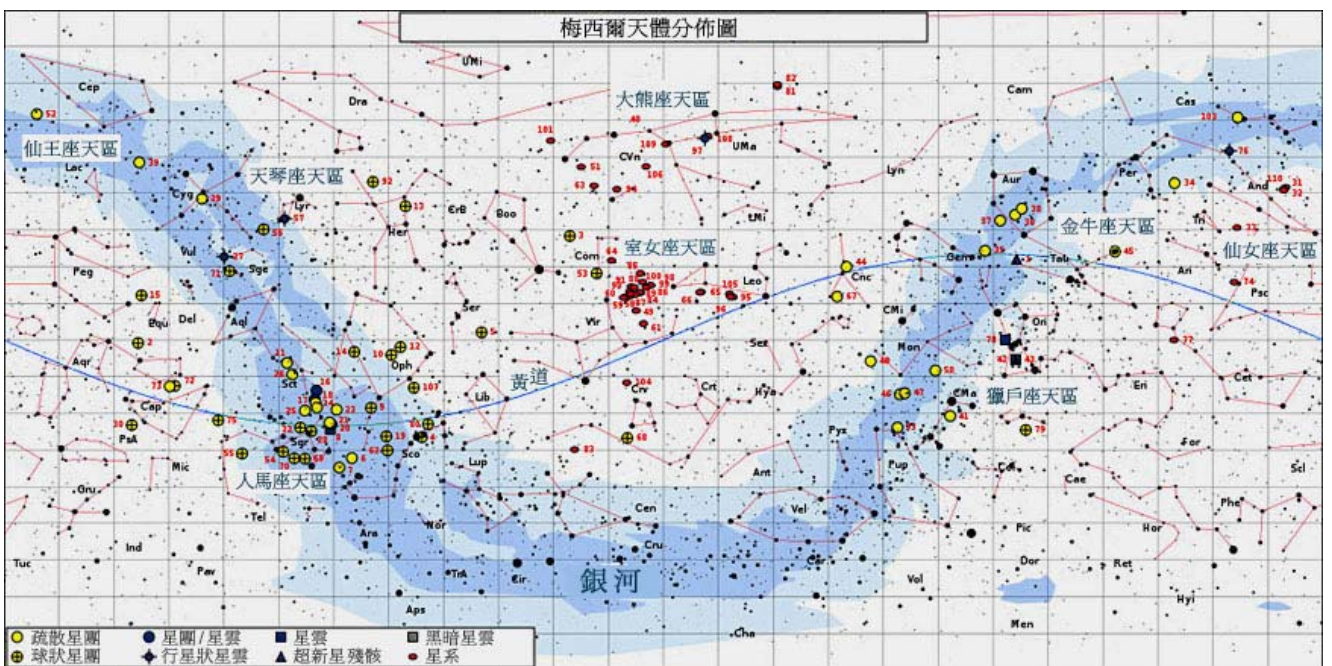
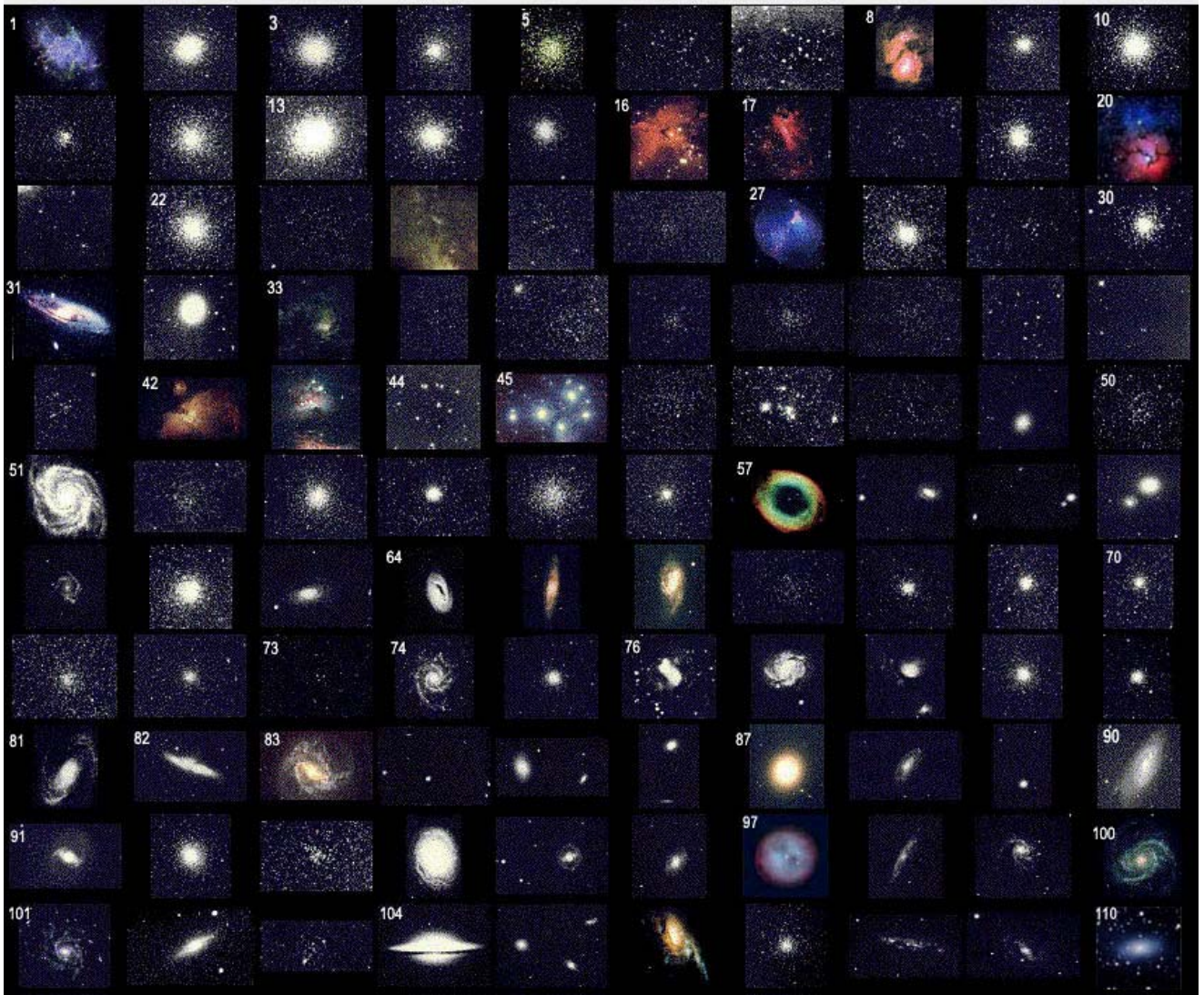
Charles Messier (1730-1817)

**New General Catalog (NGC)** 亦是廣為人知的深空天體目錄之一，最初由十九世紀後期的丹麥天文學家 **Dreyer** 在 **William Herschel** 觀測的基礎上整理而成，隨後目錄增加至 ~7800 個天體，後來更有補充的 **Index Catalog (IC)**，包括 ~5300 個天體，同時更正了 NGC 原有的錯誤。此外，知名的目錄還有：

- **Hipparcos and Tycho Catalogs**，1997 年完成，根據歐洲的 **Hipparcos** 衛星和 **Tycho Survey** 的探測結果而制定，約有十二萬個關於視差、自行、亮度至 12 等的星和 1.2 百萬個關於溫度和亮度至 10 等的星。
- **Hubble Guide Star Catalog (GSC)**，為配合哈勃太空望遠鏡而設，約有 15 百萬個暗至 15 等的星體和 4 百萬個其他天體。
- **PPM Star Catalog**，約有 37 萬個暗至 11 等的星，它已取代了舊有的 **SAO (Smithsonian Astrophysical Observatory)** 目錄。
- **Principal Galaxy Catalog (PGC)**，約有 7 萬個星系。
- **Washington Catalog of Double Stars (WDS)**，約有 10 萬個雙星。
- **General Catalog of Variable Stars (GCVS)**，約有 28,000 個變星。
- **PK 編號**，取自 **Strasbourg Catalog of Galactic and Planetary Nebulae**，約有 1450 個行星狀星雲。



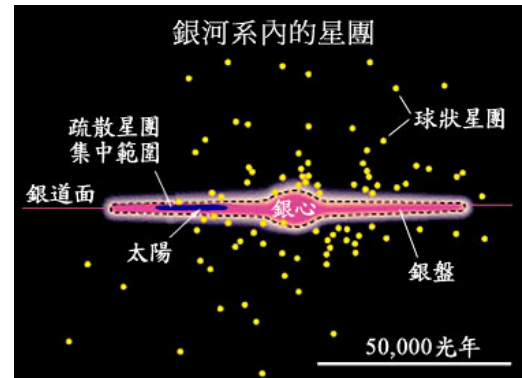
梅西爾目錄的天體 Objects in Messier Catalog



## 星團

在梅西爾目錄中有一半是銀河系內的星團，同一團內的星年齡大約相同，以形狀分類有疏散星團 (open clusters) 和球狀星團 (globular clusters)，比疏散星團更鬆散但有物理聯系的星群則叫“星協”。

疏散星團含星由數十至數千個不等，由星際間的引力拉合成不規則形狀，一般範圍幾十光年，中心星數密度大約是太陽系鄰近空間的數千倍，雖叫疏散，但亦算“星團”，不過星際間的牽制引力始終有限，因此疏散星團的形狀不會長久，例子有 M45。球狀星團則由 5 ~ 100 萬個星緊湊而成，直徑 100 ~ 300 光年，在中心每立方光年的星數可達數百，因此星際間的牽制力頗強，球狀長期維持不散，例子有 M13。



疏散星團多數集中在銀道面 (銀河系平面) 的兩旁，離銀面一般少於 600 光年，離太陽少於 1 萬光年；球狀星團的分佈頗為奇特，近人馬座天區的團數較密，其餘以人馬座為中心在球形的空間分佈，最遠的離中心 5 萬光年以外，所有球狀星團都以十分扁長的軌道繞銀河系中心旋轉。

論年齡，疏散星團內的星較為年輕，上圖 M45 的總星數近一千個，從光譜得知星的平均年齡約 1 億年，照片上的藍氣是星際塵氣反射 M45 星光所致，星的自行頗大，離地球不算遠 (450 光年)，估計兩億年後 M45 就瓦解了。反觀 M13 球狀星團，離地球 25000 光年，含星十萬以上，星的年齡 ~130 億年，基本與大爆炸論的宇宙同齡，估計將來仍是球狀的老樣子。

為什麼疏散星團和球狀星團在分佈和年齡方面有這樣大的分別呢？到現在我們還未充份了解，一般認為銀河系由一超級巨團氣雲開始，密度較大的“熱點”首先形成一大群的星，隨後群內的星被引力聚合成球狀星團，所以球狀星團最初分佈在氣雲各處，不過氣雲也因自身的重力塌縮而變成盤狀，結果多數球狀星團也被扯進盤內而瓦解，只有小量的球狀星團遺留在外圍的球形空間，即是現在我們見到的分佈情況，後來盤狀出現旋臂 (spiral arms)，旋臂亦孕育大量後一代的星，包括我們已知的疏散星團。由於盤內的星數相當多，這裡的星容易被近鄰干擾，即使成團也難似球狀，所以疏散星團總比球狀星團多，目前已知銀河系有超過 1000 個疏散星團，但只有約 150 個球狀星團，天文學家相信銀盤內有更多疏散星團未及發現，因為它們處於密集的銀河背景星場中而不能証認，又或者受星際塵氣遮擋而無法看見。

球狀星團亦在其他星系找到，例如：

在近鄰的大麥哲倫雲找到的 NGC 1850，奇怪的是它比銀河系的球狀星團年輕得多；在 NGC 4038 / 4039 碰撞星系也發現多個年輕且巨型的星團，許多關於球狀星團的疑惑仍待解決。

(參考 <http://apod.nasa.gov/apod/ap010712.html>  
<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2006/46/image/a/>)



## 星雲

星雲是星際間的氫氣、氦氣、其他電離氣體和塵埃聚集的空間。以外觀計，有瀰漫星雲 diffuse nebula、行星狀星雲 planetary nebula 和黑暗星雲 dark nebula。以物理計則有發射星雲 emission nebula、反射星雲 reflection nebula 和吸收星雲 absorption nebula。星雲很暗，密度比人造真空還要低，太遙遠的未及發現，因此我們找到的星雲都在銀河系或其近鄰星系（大、小麥哲倫雲）之內。

- 發射星雲 ----- 發射星雲的光譜都有明亮的發射線，故名。發射線出現的原因有三：

(一) 星雲氣體的原子被鄰近星的紫外光電離（電子逃離核子束縛），之後電子又和核子復合激發熒光，電離復合是循環不絕的過程，星雲便長期發出特有的熒光。在天鵝座的北美洲星雲 North America Nebula 是典型的例子，它特有的 hydrogen-alpha 發射線 (656.6 nm) 令整個星雲紅色，是熱門的拍攝對象，一些人甚至拆掉原廠相機的內藏濾鏡來突出 hydrogen-alpha 的紅色效果，其他例子有人馬座的礁湖星雲 Lagoon Nebula (M8)、麒麟座的玫瑰星雲 Rosette Nebula、船底座星雲 Carina Nebula、天琴座的戒指星雲 Ring Nebula (M57) 等。

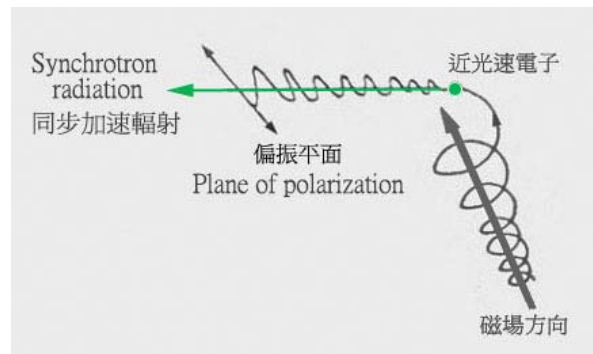


北美洲星雲 (<http://apod.nasa.gov/apod/ap000501.html>)

(二) 星雲氣體內的帶電粒子在磁場高速運動可產生同步加速輻射 (synchrotron radiation，見前講義《星光的秘密》)，這種輻射的波長範圍十分遼寬而且有偏振性，典型例子有在金牛座的蟹狀星雲 Crab Nebula (M1)，它是超新星殘骸，中心有快速自轉的脈衝星，其磁場使帶電粒子以近光速運動，發出強烈的同步加速輻射，由射電到  $\gamma$  射線都有，在望遠鏡見到的蟹狀星雲只是輻射的小部份，亮度約 9 等。



蟹狀星雲 ([http://en.wikipedia.org/wiki/Crab\\_Nebula](http://en.wikipedia.org/wiki/Crab_Nebula))



(三) 星際塵氣被新生星的噴流撞擊時也會被電離生光，例如編號 HH1、HH2 的一對小星雲（稱 Herbig-Haro objects），位於獵戶座，兩者相隔一光年，星雲來自中間一顆新生星的噴流，不過噴流的持續時間不會長久，所以這種星雲並非常見。（參考 <http://apod.nasa.gov/apod/ap970619.html>）





- 反射星雲 ----- 這類星雲本身不發光，鄰近的星光又無能力把星雲電離，因此星雲只反射外來的星光，又因為星光的藍段波長比紅段更易被散射，反射星雲的顏色往往偏藍（成因像地球上見到的藍天），例如在波江座的巫頭星雲 Witch Head Nebula，它是超新星爆炸的殘留氣體，離獵戶座的藍星“參宿七”不遠，故此星雲的反射光也偏藍。



巫頭星雲與參宿七

<http://apod.nasa.gov/apod/ap091229.html>

有時同一星雲可以是發射星雲 + 反射星雲的合體，例如在人馬座的三葉星雲 Trifid Nebula (M20)，紅光部份是發射星雲，藍光部份是反射星雲。在獵戶座的大星雲 (M42)，它的光部份來自原子的電離和復合，部份來自星光反射。



三葉星雲 ([http://en.wikipedia.org/wiki/Trifid\\_Nebula](http://en.wikipedia.org/wiki/Trifid_Nebula))



獵戶座大星雲 (100mm 鏡頭 2011 元旦 AC 攝)

- 吸收星雲 ----- 顧名思義，這類星雲本身沒有可見光，它把背後的星光吸掉，只從環境光現出它的黑色輪廓，因此又稱為黑暗星雲，不過星雲吸收背光後產生熱量，用紅外線觀測便現出它相應的影像了，例子有獵戶座的馬頭星雲 Horsehead Nebula 及南十字座的煤袋星雲 Coalsack Nebula。



馬頭星雲

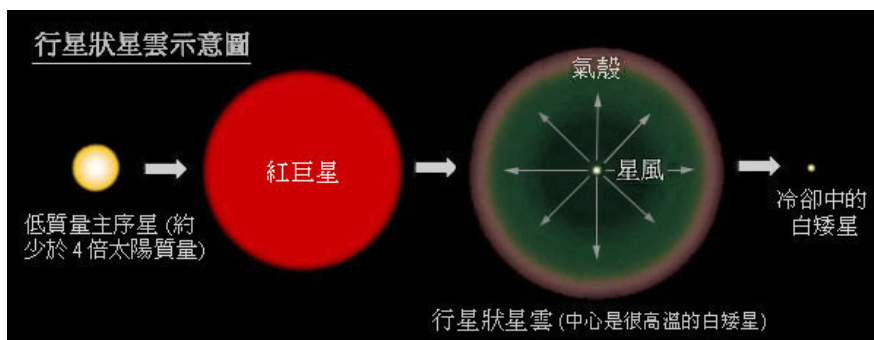
[http://en.wikipedia.org/wiki/Horsehead\\_Nebula](http://en.wikipedia.org/wiki/Horsehead_Nebula)



煤袋星雲

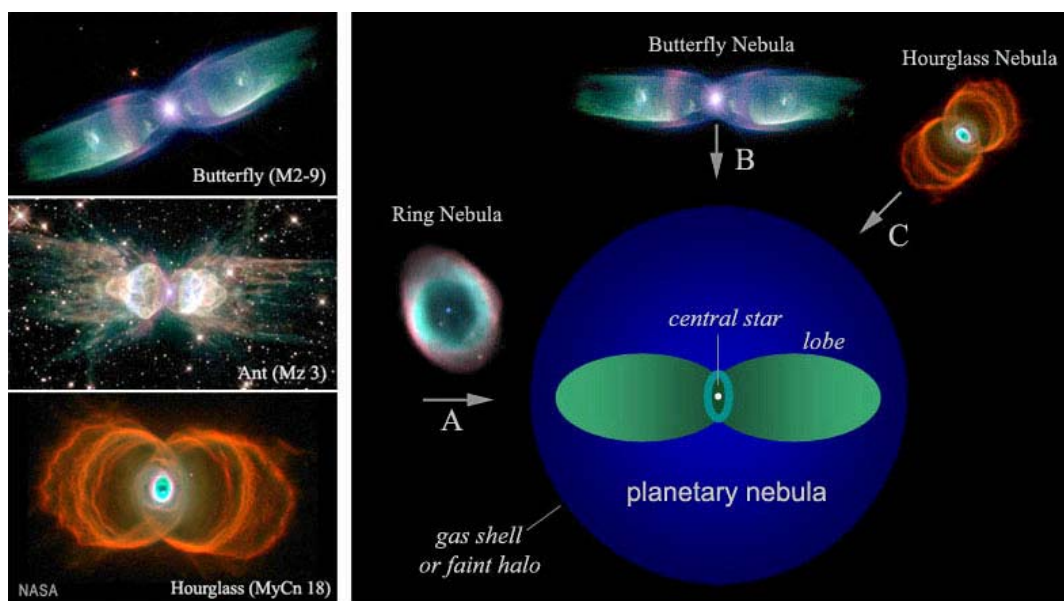
<http://www.star.ucl.ac.uk/~idh/apod/ap070517.html>

- 行星狀星雲 ----- 這是小規模的星雲，最先是低質量星 (少於 4 個太陽質量)，當星核的氫燒盡後，它會膨脹成紅巨星，其表面的星風不停把自身的物質吹走，最後紅巨星露出居中的白矮星，流失的物質則成為氣殼，外觀有點像行星的圓面，故稱 "行星狀星雲"，它代表低質量星在演化末期的過渡階段，數萬年後氣殼便會消失留下無核動力的白矮星。

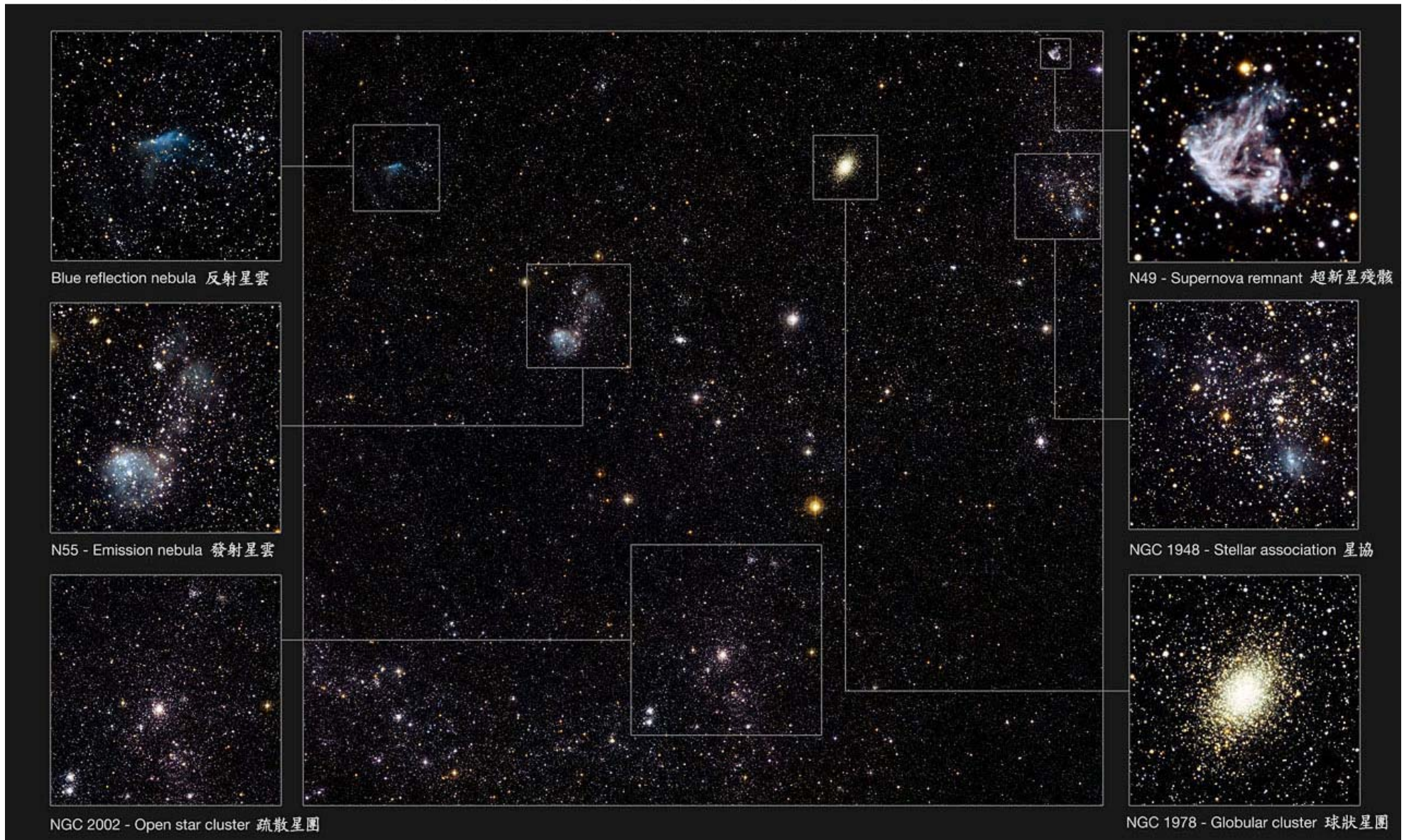


典型的行星狀星雲

自從太空望遠鏡升空後，非圓面的“行星狀星雲”陸續被發現，其中不少成偶極或雙翼狀，稱“偶極行星狀星雲” (bipolar planetary nebulae) 或“偶極星雲” (bipolar nebulae)。偶極的成因至今未有共識，一派人認為在星體演化途中 (包括年輕和垂老的星)，某時期它會從磁極噴出兩道反向的高速氣流；另一派認為從中心星來的星風把氣殼薄處擊穿後衝出，結果形成雙翼；更有一派認為星風不足以形成大型的偶極結構，雙翼可能是近距雙星合併後演化的結果，總而言之，行星狀星雲的型態與其中中心星的演化有密切關係，但未有成熟理論解釋雙翼的成因，單從觀測而言，行星狀星雲的外觀應該不止一款，見下圖右，藍色球形代表偶極行星狀星雲的模型，沿 A 看星雲會像 Ring Nebula 的圓面，沿 B 看會像 Butterfly Nebula 的雙翼，沿 C 看會像 Hourglass Nebula 的雙環，不過偶極結構一般要靠紅外線技術才會現身，大多數的業餘器材都難見。



左: 偶極行星狀星雲 (bipolar planetary nebulae)      右: 從不同視向看行星狀星雲的外形



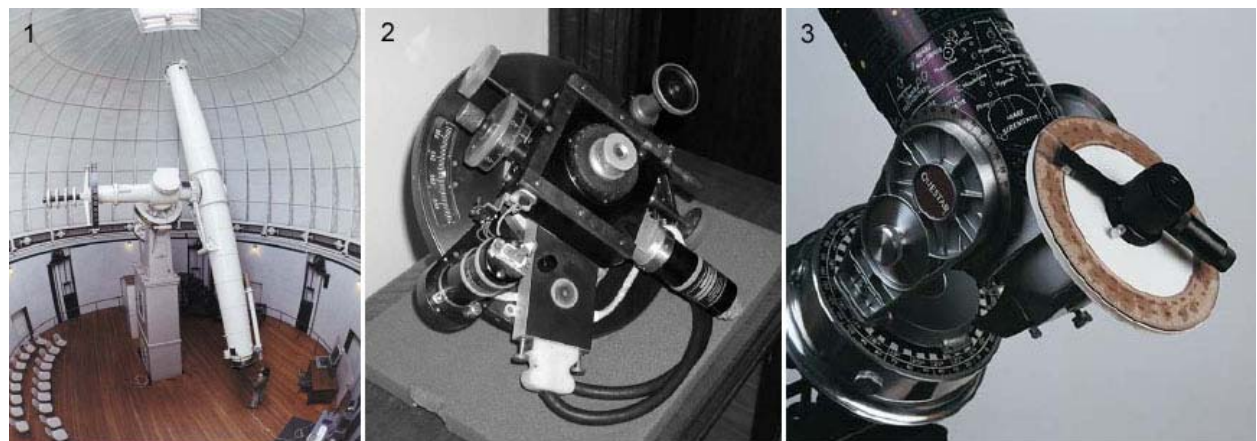
## 歷史回顧

1920 年之前，女性在天文界不受重視，哈佛天文台更以很低時薪（當年的美金 25 cents）聘用婦女擔任文書及底片整理的工作，這種情況到了 50 年代才有顯著的改善，今天男女平等，入讀天文系的女性大有人在。這是一張哈佛天文台的檔案照片：



Henrietta Swan Leavitt 1868-1921

Pickering's Harem 皮克林的後宮 --- 這個稱呼有點諧謔，正經地應叫 The Harvard Computers。1890 年前後，哈佛大學天文台台長 E. C. Pickering (圖左) 以 1/3 男工的低薪雇用一批婦女擔任 computers 之職，負責量度和計算攝影底片星點的光度變化，這樣冗長的工作，男士不願做，女性卻做得很好，貼在牆上的  $\beta$  Aurigae 光變曲線正是她們的表現之一。皮克林左邊是失聰的勒維特 (Leavitt)，她的成就更大，1912 年她確立了“造父變星”的週光關係 (period-luminosity relation)，後來的天文學家都利用這個關係來測定星系的距離。(1891 年照片)

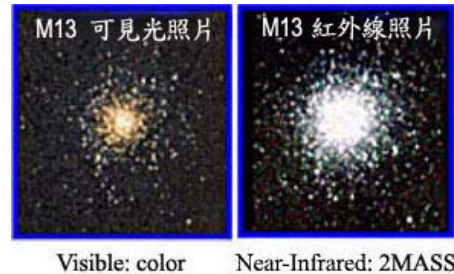


1. 美國海軍天文台用的 26 吋 Clark refractor，1873 年建成，曾是測量雙星的主力儀器，現在仍然使用。
2. 配合 26 吋用的測微器 micrometer，能精確測定雙星的角距及位角。
3. 業餘觀測者自製的雙星量角器。

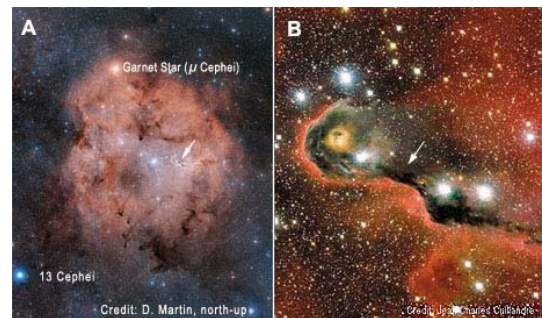
圖片來源 [http://astrotalk.ru/astrolibrary/double\\_stars\\_and\\_how\\_to\\_observe\\_them.pdf](http://astrotalk.ru/astrolibrary/double_stars_and_how_to_observe_them.pdf)

## Q&A

1. 在十分近密的雙星中，為什麼主星不把伴星扯碎？
2. 怎樣從雙星的軌道特性定星的質量？
3. 為什麼造父變星有光變？
4. 怎樣利用造父變星測定距離？
5. 如果星的半徑  $R$  增加  $1/5$ ，有效溫度  $T$  下跌  $1/10$ ，星的光度 ( $L$ ) 有多少倍變化？
6. 為什麼觀星者說夏季時的梅西爾天體比冬季時多？
7. 為什麼 NGC 的天體數目比梅西爾目錄多七十倍？
8. 請列出銀河系內疏散星團與球狀星團的三個分別？
9. 為什麼用紅外線拍攝 M13 能見更多星？



10. (a) 蟹狀星雲 M1 是超新星殘骸，多波段觀測顯示氣雲視面積  $5 \times 7$  arcmin，每年膨脹  $0.23$  arcsec，假設膨脹速度不變，超新星在多少年前爆炸？(b) 現在已查明 M1 的前身是 1054 年超新星 (古中國記載是“天關客星”)，為什麼 a 題答案不能肯定是 1054 年？
11. 將來的太陽會變成行星狀星雲嗎？
12. 戒指星雲 (M57) 在那個星座？你認為戒指星雲有沒有偶極？
13. 右面 A 圖是在仙王座的 IC 1396，基本上它是發射星雲，但內裡個別處亦有反射星雲和吸收星雲，其中最特別是箭咀處 (B 是放大圖)，請上網找出箭咀指的特徵名稱和編號。IC 1396 距離地球有多遠？為什麼它是紅色？



答案： (第 13 題不供答案)

1. 因為伴星都是氣體，不是岩質的固體。
2. 請參閱前講義《開普勒行星定律·牛頓萬有引力定律》的例 10。
3. 造父變星的內部氦層會依電離程度而呈透明或半透明，因此星的光度也起變化。
4. 請參閱 <http://forum.hkas.org.hk/viewthread.php?tid=3759&extra=page%3D11>
5. 根據 Stefan-Boltzmann law  $L = 4 \pi \sigma (R)^2 (T)^4$  來計算，設原本的光度  $L$  為 1，新  $L$  大約是  $(1.2)^2 (0.9)^4 = 0.95$ ，因此新  $L$  比原本減少了  $1 - 0.95 = 5\%$ 。
6. 較亮的梅西爾天體多集中在人馬座及其附近，這天區是觀星者常說的夏季銀河。
7. 梅西爾是彗星獵者，目錄使他尋找彗星時不會被這些天體混淆，所以天體數目不多。NGC 是較全面的天體目錄，包括大鏡見到的更暗天體。
8. 兩者以含星的數目、年齡、分佈情況分別最大。
9. 因為 M13 由年老的星聚集而成，老星多呈紅色甚至偏向紅外線波段，紅外線照片自然呈現更多老星了。
10. (a) M1 最大視半徑 =  $3.5$  arcmin =  $210$  arcsec，以平均膨脹率計，M1 是在  $210 / 0.23 \approx 910$  年前爆炸。  
(b) 因為在 a 題是用平均膨脹率計算，氣雲視面積也是約數，估算結果只供參考。
11. 會，根據現時理論，低質量星 (約 4 個太陽質量以下) 燒盡核心的氫燃料後會變成紅巨星，紅巨星到末期時又變成行星狀星雲，將來的太陽也一樣。
12. M57 在天琴座，它可能有偶極，但因為不是正面觀看，我們只見到圓面狀，見不到偶極。(猜疑待確)