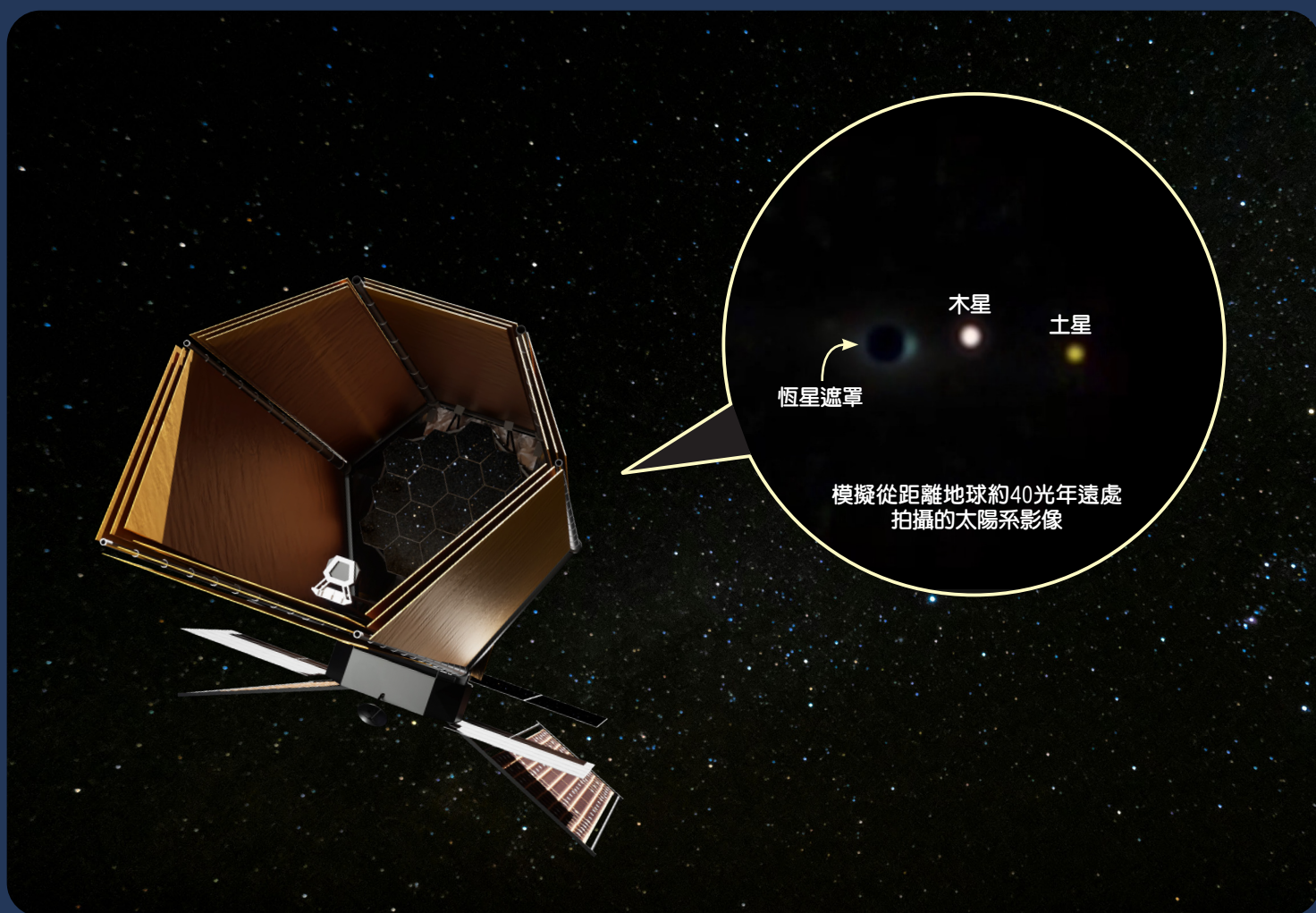


人類觀測星空的歷史已有上千年之久，不過直到伽利略首次將望遠鏡指向星空，我們對於天文星象的認識才有大幅度進展。20世紀太空時代來臨，科學家更前仆後繼將望遠鏡搬上太空，遙望深邃的宇宙。現在，就讓我們來到天文館展示場認識這些望向宇宙的千里眼吧。

文／王彥翔



由美國太空總署（NASA）研發的宜居世界望遠鏡想像圖（Habitable Worlds Observatory，簡稱為HWO），作為韋伯太空望遠鏡的後繼機種，強大的觀測能力主要將用於探索系外行星以及外星宜居世界。圖片來源：NASA/Habitable Worlds Observatory

窺向宇宙的望遠鏡

據說最早的望遠鏡是由荷蘭眼鏡商漢斯·李伯謝（Hans Lippershey）所發明。他將兩塊玻璃透鏡重疊後，意外發現如此做竟神奇地能清楚看見遠方

物體。1609年，義大利天文學家伽利略耳聞有關望遠鏡的訊息後，便依此原理自製了一支望遠鏡，如圖1，接著將望遠鏡指向天空。透過望遠鏡他清楚地看見以前認為光滑的月球表面其實凹凸不平；原本以為以地球為中心的世界，卻發現四顆小星星圍繞

著木星運轉；金星的盈虧變化更是直接證實了波蘭天文學家哥白尼的日心說，如圖2。望遠鏡不僅為過去只能透過位置測量來理解星空運行的科學家們提供新的研究方法，更是大大衝擊了當時的宗教與社會價值觀。

伽利略所使用的望遠鏡是由凸透鏡組合而成的折射式望遠鏡。凸透鏡可藉由折射原理將光線匯聚到焦點上，因此具有形成放大實像的功能。但折射式望遠鏡也存在因不同色光的折射率不同而讓影像產生色差的缺點，且製造成本也相對較高。後來牛頓製作的反射式望遠鏡問世，採用凹面鏡作為匯聚光線及放大影像的主鏡。反射式望遠鏡因重心位置較低，所以製作成本相對低廉，但也容易因鏡面拋光的瑕疵而產生像差。

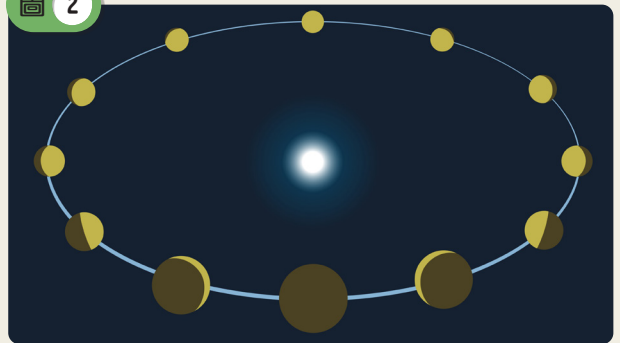
望遠鏡的集光力與解析度取決於主鏡口徑的大小。隨著技術進步，架台支撐結構簡單，建造價格低廉的反射式望遠鏡逐漸成為主流，各國紛紛打造口徑更大、性能更精良的地面望遠鏡，以捕捉更遙遠、微弱的星光，如圖3。

圖 1



伽利略當時所使用的望遠鏡現藏於義大利佛羅倫斯的伽利略博物館內，圖中為該博物館收藏的其中一支望遠鏡，鏡筒長927mm、口徑僅約15mm。圖片來源：Museo Galileo

圖 2



伽利略看到的金星盈虧變化，證實了哥白尼的日心說。因為只有太陽位於金星公轉軌道內，才會產生如此的盈虧形態變化。圖片來源：編輯部繪製

圖 3



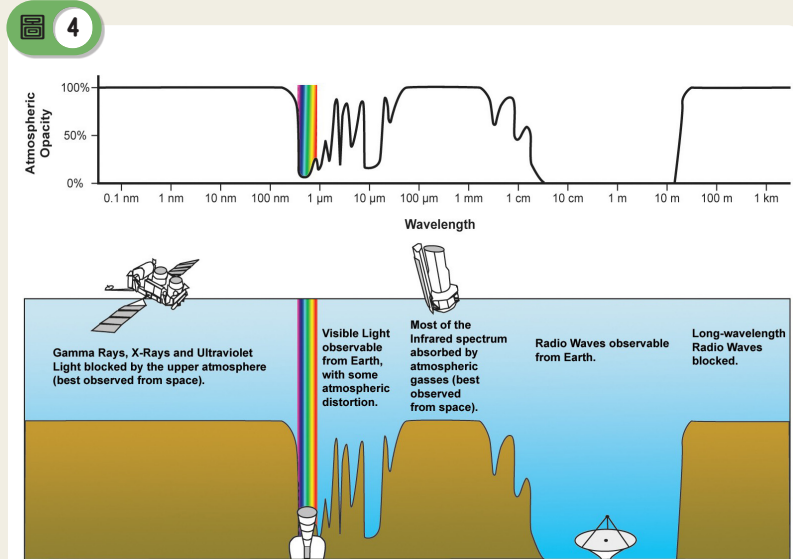
最新一代的地面望遠鏡-極大望遠鏡完工想像圖，考量建造成本及望遠鏡的重量，現今的大型地面望遠鏡均採用反射式望遠鏡的設計。圖片來源：ESA

天文觀測的 先天限制：大氣層

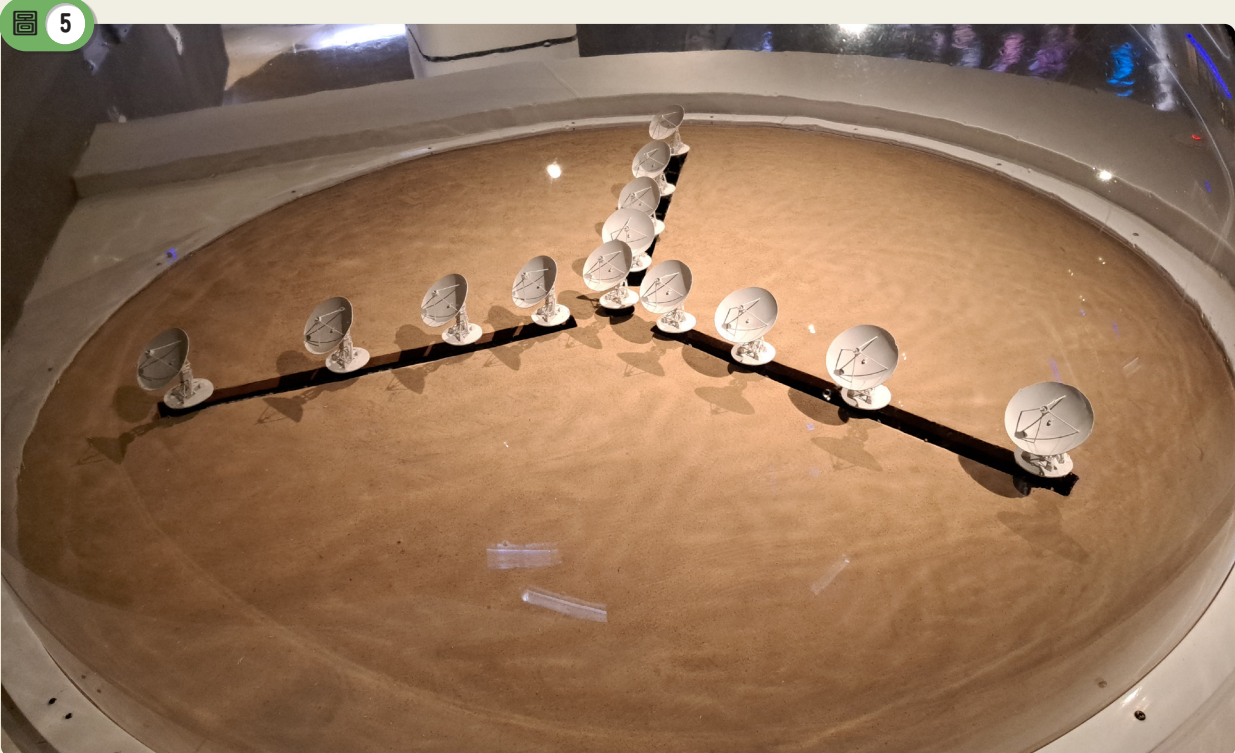
我們與遙遠宇宙天體之間仍隔著一層無形的屏障——環繞地球的大氣層。除了雲層可能遮蔽視線外，即使在晴朗的天氣裡，高空大氣的氣流擾動仍會使光線產生折射，使望遠鏡中所見的影像如同透過波動的水面觀察游泳池底部的磁磚般，晃動且模糊不清。為了減少這種影響，科學家選擇將天文台建於高山或乾燥寒冷的沙漠地區。然而，這仍無法解決所有問題，因為人眼可見的光只是所有電磁波頻譜中的一小部分。

電磁波依據頻率的不同，可分為無線電波、微波、紅外線、紫外線、X射線與γ射線等等，

如果只能觀察到可見光就好比瞎子摸象，無法全面解析來自宇宙的訊息，如圖4。美國貝爾實驗室的工程師卡爾·央斯基（Karl G. Jansky）於1930年發現除了雷雨能干擾無線電波通訊之外，還會受到來自銀河系中心的訊號影響，從此開啓了無線電波天文學的新領域，如圖5。然而，地球大氣層雖能保護我們免受高能輻射傷害，卻也阻擋了部分紅外線、X射線等不可見光，使得地面望遠鏡的觀測受限。



大氣層會大幅吸收可見光和無線電波以外的電磁波能量，導致地面能觀測到的天體輻射波長範圍極為受限。圖片來源：維基百科



由於無線電波的波長較長，非常適合透過多個天線組成陣列來進行干涉觀測。

地球之外的大型軌道天文台

為了突破大氣層的限制，1946年天文學家萊曼·史匹哲（L. S. Spitzer, Jr.）提出直接將望遠鏡送到太空的構想。隨著太空科技的發展，1960年代蘇聯的質子系列衛星首先開啓在太空中進行宇宙射線與伽瑪射線的觀測，緊接著美國NASA也在1970年發射了第一架觀測X射線用的Uhuru衛星，將望遠鏡送上太空終於不再是遙不可及的夢想。

在天文館展示場三樓的太空望遠鏡展區，您可以認識1990年代以來美國NASA所主導的大型軌道天文台計畫（Great Observatories）中的4架太空望遠鏡，以及於2021年末升空的詹姆斯·韋伯太空望遠鏡（JWST）。大型軌道天文台計畫的成員包括康普頓 γ 射線天文台（CGRO）、錢卓拉X射線天文台（Chandra）、哈伯太空望遠鏡（HST）及史匹哲太空望遠鏡（Spitzer），4架望遠鏡正好涵蓋了從高頻率的 γ 射線、X射線，到可見光與紅外線的電磁波譜，如圖6。

1990年升空的哈伯太空望遠鏡主鏡口徑達2.4公尺。原本被科學家寄予厚望，不料當時升空後才發現鏡片製造有瑕疵，耗費47億美元的望遠鏡成了大近視。所幸哈伯太空望遠鏡的位置在低地球軌道上，NASA後續派遣太空人上去加裝輔助鏡片才終於恢復他的視力。哈伯太空望遠鏡的名字取自1920年代證明M31星系位在銀河系之外，並發現宇宙空間正在膨脹的天文學家愛德溫·哈伯（E. P. Hubble）。就如同哈伯所做出的貢獻，服役35年的哈伯太空望遠鏡不斷傳回深遠宇宙的清晰影像，一再改變世人對於宇宙的認知。

和哈伯太空望遠鏡一樣在地球上空繞著地球旋轉的望遠鏡還有康普頓 γ 射線天文台（CGRO）與錢卓拉X射線天文台（Chandra）。科學家們藉由他們所提供的高頻率電磁波影像，得以了解超新星、星系核心與黑洞等等會釋放高能量的宇宙天體。兩架望遠鏡的名字分別取自兩位曾獲得諾貝爾獎的物理學家，發現電磁輻射粒子性的康普頓（A. H. Compton），以及提出白矮星質量極

圖 6



展示場三樓展示著美國自1990年代以來著名的大型太空望遠鏡，包含：**a** 康普頓 γ 射線天文台、**b** 哈伯太空望遠鏡、**c** 錢卓拉X射線天文台、**d** 韋伯太空望遠鏡、**e** 史匹哲太空望遠鏡。你可以透過前方的螢幕閱讀每個望遠鏡的介紹，和看見他們眼中的宇宙。

限、對星體結構和進化理論作出貢獻的錢德拉塞卡 (Subrahmanyan Chandrasekhar)。

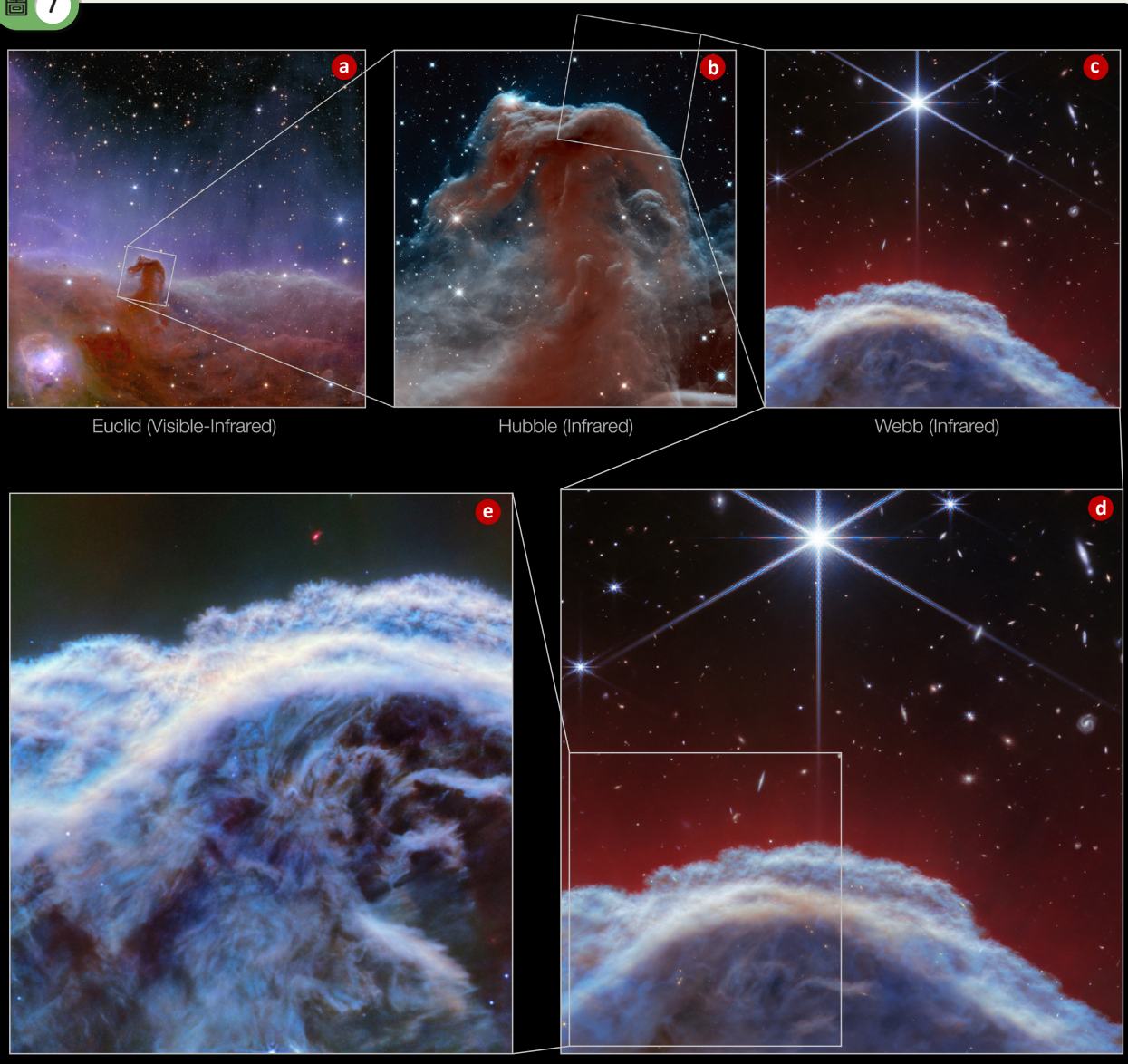
史匹哲望遠鏡是最後一架升空的大型軌道天文台，名字正是取自前面提到的萊曼·史匹哲。史匹哲望遠鏡的觀測波段位在紅外線，由於紅外線觀測對溫度極為敏感，因此這架望遠鏡並未在地球周圍運行，而是放置於地球繞日軌道後方，與地球一同繞著太陽公轉。紅外線觀測可以讓我們看見溫度比恆星還低的星際塵埃和星雲，有助於我們了解恆星誕生的過程。

同樣放在遙遠太空中觀測宇宙的還有為了接

替哈伯太空望遠鏡而升空的詹姆斯·韋伯太空望遠鏡，名字取自NASA進行阿波羅登月計畫時的署長詹姆斯·韋伯 (J. E. Webb)。韋伯太空望遠鏡的籌備期歷經16年，主鏡口徑達6.5公尺，和史匹哲望遠鏡一樣以紅外線觀測為主，因此被放在距離地球150萬公里的第二拉格朗日點上進行觀測活動。透過大口徑帶來的極高解析度，韋伯太空望遠鏡升空後所傳回的最新紅外線影像，不斷顛覆世人對恆星誕生、星系演化、乃至於宇宙起源的認識，如圖7。

王彥翔：臺北市立天文科學教育館

圖 7



由 a 歐幾里得望遠鏡、b 哈伯望遠鏡、c d e 韋伯望遠鏡所拍攝的馬頭星雲影像，於 e 可見其中塵埃的細微構造。影像來源：NASA