



宇宙有如動物園，裡面住著形形色色的野獸，它們或許凶猛殘暴，或許柔順幽雅，我們一起逛逛吧！



行星呼拉圈

文/ 李瑾



在1610年，義大利的科學家伽利略用自製的20倍望遠鏡觀察土星時，驚訝地發現土星竟然是

一大圓盤連著兩個小盤！他認為這和當年發現的木星衛星一樣，是兩顆巨大衛星繞著土星轉的，因此記錄道：「土星是三個圓球體黏在一起的天體！」不過怪的是，小盤子的位置似乎看不出變化。當1612年伽利略再次觀察土星時，卻發現小盤已消失了！這件事一直讓伽利略百思不解。經過400年後，我們知道它們不是衛星，而是極寬且薄的環狀物！且不僅土星擁有環，近半世紀發現所有氣體行星也擁有黯淡的環，甚至最近還發現第一個衛星環！

當年伽利略不明白看到什麼，直到50年後荷蘭天文學家惠更斯才正確解釋其構造。他以自製能夠放大達50倍，更為清晰的望遠鏡觀察，認為那是一圈寬而薄與土星不接觸的光環。由於隨著地球、土星繞太陽公轉軌道的位置不同，從地球看到環的傾角也會周期性的改變，因此當環側對著我們時，以當時不太清晰的望遠鏡看起來就像消失了。不過這個環究竟是不是一整片的物質？是固體還是液體？就必須再過200年後由馬克斯威爾解答。馬克斯威爾不是以望遠鏡研究，卻利用紙筆為工具！他計算出土星的光環若是整塊固體，或液體組成，則土星的重力以及環的離心力會將環狀物扯碎。所以土星環應該是由一些小碎塊聚集，如同衛星般圍繞土星。這個想法直到1895年才由立克天文台的基勒透過光譜學的研究，而獲得證實。



Cogniti à noi, ma da ogni altra immaginazione. Ma quella che pare Apelle del moltiplicato. Saranno hora oblonga, & hora accompagnano con due filelle li fianchi, c'è da poi V. S. ch'è sta imperfezione della strumento, è dell'occhio del riguardante, perché sendo la figura di Saturno così  come se entrano alle perfette vite i perfetti strumenti, doue manca tal perfezione apparisce così  non si distinguendo perfettamente la separazione, e figura delle tre filelle; ma io che molte volte in diversi tempi con eccellente strumento l'ho riguardato, posso assicurare, che in ello non li è alcuna imperfezione alcuna, e la ragione della fondata sopra l'esperienza, che haui-

ra di Saturno così , come i perfetti strumenti, doue non così  non si distinguendo

1613年，伽利略在「Istoria e Dimostrazioni intorno alle Macchie Solari」一書中，描繪其所見的土星。

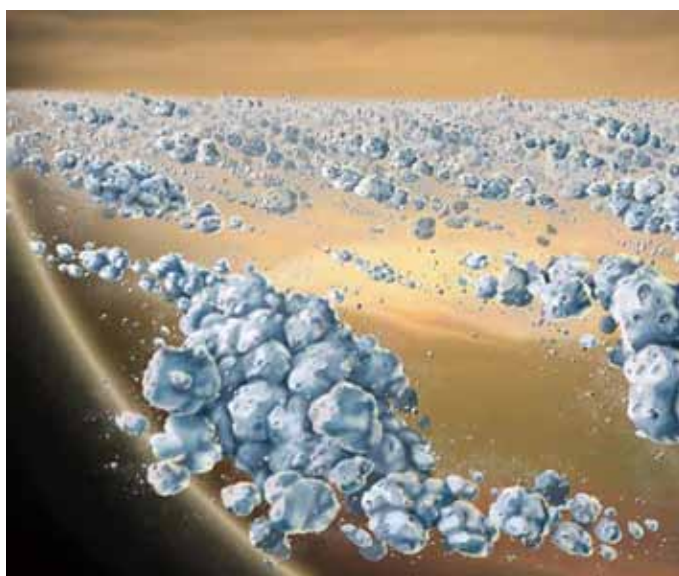
發現其它行星的環

由於土星環相當明亮，僅以小型天文望遠鏡也很容易見到，因此最具知名度，也是業餘天文家們最好的攝影目標。不過其它行星也有環！1977年3月10日，艾略特等天文學家，打算利用難得的天王星掩蔽恆星機會中，研究天王星的大氣層構造。但檢查觀測資料時，卻意外發現在掩蔽事件的前後，恆星各閃爍地消失5次，這對稱遮蔽恆星的天體必定是環！這是太陽系中第二個被發現的環。接著就是太空船的功勞：1979年航海家一號經過木星，1984年航海家二號經過海王星，科學家在照片中發現這兩顆行星也有環。至此才發現行星環普遍出現在太陽系的氣體行星。不過像地球這種小個子的行星會不會有環？雖然天文學家認為大型隕石撞擊會產生環狀構造，所以地球可能曾有暫時的環，但是類地行星尚未被測到任何環狀物。

現知主要且密度高的環都出現在洛希極限(Roche limit)之內。這是天體(如衛星)自身的重力與其公轉的母星(如行星)所造成的潮汐力，這兩種力量平衡的位置。因此當兩個天體的距離近於洛希極限時，潮汐力會大於天體自身的重力，天體會被扯碎。蘇梅克－李維9號彗星就

是個例子：當彗星在1992年進入木星的洛希極限之內時被扯成碎片，所以被發現時已呈現一串分為21個核心的彗星。而行星環的形成也與洛希極限有關，它們可能是原行星的岩盤物質因位於洛希極限之內，而不能形成衛星的碎屑，或是衛星遭受撞擊後產生的碎屑，甚至是衛星進入極限內，被扯碎的結果。

構成這些環的物質非常微小，以研究最透徹的土星來說，其主要成分幾乎是冰，並參雜著少許的矽酸鹽或有機物。這些粒子不大，從數公分到數公尺左右。其它行星的環更為細小，從反射光譜資料中顯示，這些環僅是0.1-10 奈米的灰塵。

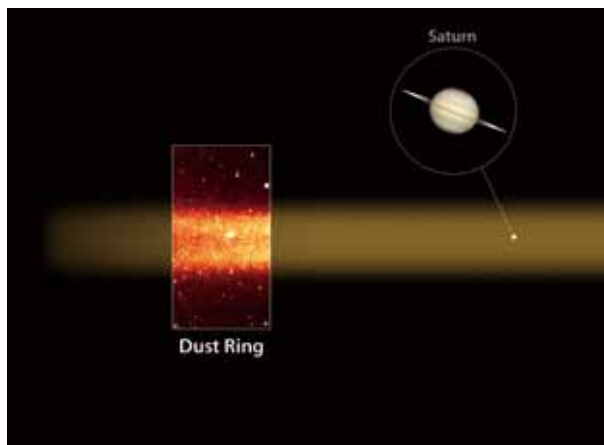


畫家想像靠近土星環，所見組成環物質情況
Image Credit: NASA/JPL/University of Colorado

形形色色的環

發現土星新環

一般我們用小型望遠鏡可以見到土星環，是被卡西尼縫（在1675年被卡西尼發現）分隔的A環和B環，在1850年發現在內側的較不易見的C環。其實，土星還有一直延伸至土星雲頂的D環，以及A環外側狹窄的F環，以及稀薄的G和E環。不過最近史匹哲太空望遠鏡發現E環外還有更大更稀薄的新環。這個新環半徑是土星的200倍，是至今發現最大的行星環。這個環的物質可能來自於土衛九（Phoebe）被撞擊後，噴發出的物質所造成。



史匹哲紅外線太空望遠鏡發現土星新環，中間白點為土星相對大小。
Image Credit: NASA/Spitzer

發現第一個衛星環

土衛五(Rhea)是土星的第二大衛星，最近卡西尼號太空船發現這顆衛星可能也有環！這個環是不是直接『看見』的，而是發現土衛五外部的電子數量有下降的現象而且在土衛五兩側呈對稱分佈，科學家認為極可能是，這些電子被環繞在土衛五赤道盤面上的塵埃顆粒所吸收。土衛五包含有三條狹窄、相對來說是密集的微粒組成的環，來自於小天體撞擊後將物質拋入軌道所造成。



畫家所繪土衛五環 Image credit : NASA/JPL/JHUAPL

木星環

木星環非常暗淡，不容易以地面望遠鏡觀察。這張照片是伽利略太空船位於木星的陰影時拍攝。明亮的圓圈光弧，是木星高層大氣的塵埃反射陽光，水平的弧則是木星環。木星環可能來自流星體撞擊小衛星所產生。比如木衛五和木衛十四形成木星環的主環。

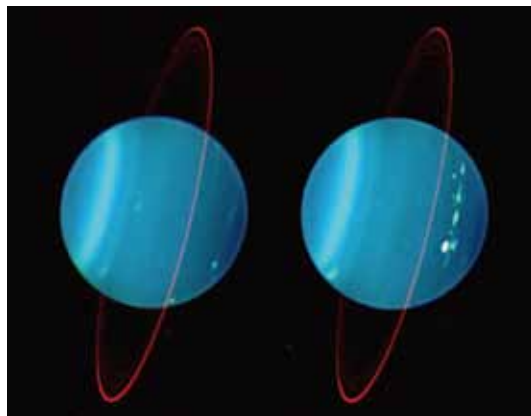


伽利略太空船所攝木星環

Image Credit: NASA, JPL, Galileo Project, (NOAO), J. Burns (Cornell) et al.

天王星環

自從發展出能夠消除大氣擾動的調制光學系統，地面望遠鏡也能拍攝到如同太空望遠鏡般清晰的影像。這張為凱克望遠鏡在近紅外波段拍攝，其中白色是高層雲，藍色則為低層雲，紅色則為天王星環。天王星環總共13條，其中2條直到2005年12月才由哈柏太空望遠鏡偵測到。



凱克望遠鏡攝天王星環

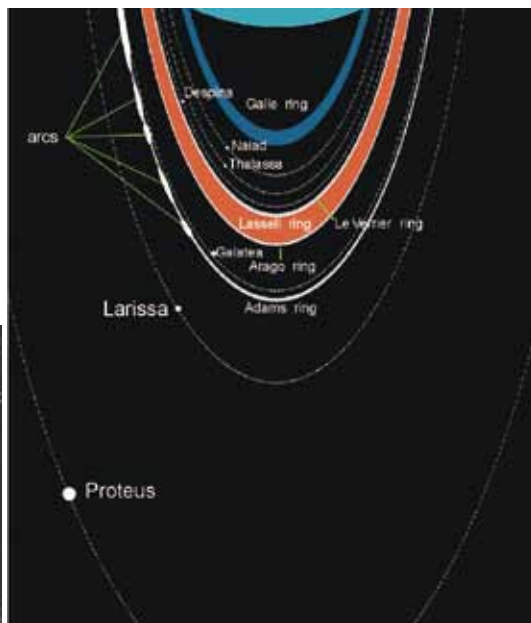
Image Credit: Lawrence Sromovsky, (Univ. Wisconsin-Madison), Keck Observatory

海王星環

在發現天王星環之後，天文學家打算也以掩星方式發現海王星環。雖然看到疑似環造成的掩星現象，但到1989年航海家2號經過時才確認。海王星已知有5個主要的環，其物質非常暗，由灰塵組成。其中亞當斯環最受注意。這一條環亮度分佈不均，可分為五個弧。其形成弧的原因還不知道，可能是海王星最小的衛星海衛六(Galatea)作為牧羊犬衛星使環穩定。近幾年弧有些變化，有些弧亮度下降，其原因也不知道。



在航海家 (Voyager) 2 號的照片中可見亞當斯環 (外) 亮度不均的弧，內為 Le Verrier 環。Credit: NASA/JPL



海王星環皆以對海王星觀測有貢獻的天文學家為名，如最內側的環以海王星的發現者伽勒 (Galle) 為名。

李瑾；任職於臺北市立天文科學教育館