

在今年三月中，韋伯望遠鏡為了校正它的主鏡片，拍攝了一顆恆星HD 84406，校正完後可以看到在正中間的恆星有6根長且亮的線，而且在水平方向還有2根比較暗的線，事實上不管是哪一種望遠鏡，只要它受限於鏡片形狀（非圓形）或是有了次鏡支架，那它拍攝時就不免會出現一個東西——星芒。

星芒

星星旁的光

圖1. 恆星HD 84406。圖片來源：JWST

文/ 許晉翊

在幼稚園或小學時期，我們所畫出來的星星，不論是五芒星或是六芒星，甚至是飛鏢星，總而言之絕對都不會是點狀的，長大了之後我們瞭解了恆星距離我們都相當遙遠，因此恆星必定是點狀的，但是為什麼哈伯望遠鏡照片裡卻會出現十字星芒的形狀呢（圖2）？

這得從物理定律中光的繞射現象談起，幾百年以前科學家認為，光是由微粒組成的，在十七世紀開始，科學家發現光也有許多波的特性，其中波的繞射特性，來源於一項狹縫實驗。當光波通過一個夠窄的狹縫時，它會改變原來的傳播方向，使光波發生彎曲和擴散，形成了一種新的傳播方式，即為光的繞射（圖3）。

對於製造精密的望遠鏡來說，這種光的繞射會發生在很多地方，主要的繞射產生於主鏡面，根據鏡面的形狀會有不同的繞射現象，而韋伯望遠鏡的主鏡面是由18個鏡片組合而成，這些鏡片之間的小縫隙也會產生繞射現象；其次會產生繞射的地方是次鏡支架，因支架必定會架設在主鏡的正前方，也就是光照射到主鏡前的必經之處，所以這些光線就會「繞」過支架形成繞射現象。

光的繞射除了前述現象會產生以外，也與相機的光圈有關，從原理來說，光圈是用來控制鏡頭孔徑大小，以調整環境光源的方法，鏡頭孔徑常見的就是圓形，在光線穿過它時也會產生繞射現象，從而出現一種特殊的圖案，正中間是一個較亮的圓



圖2. 創生之柱，圖中可見十字星芒。
 圖片來源：HST

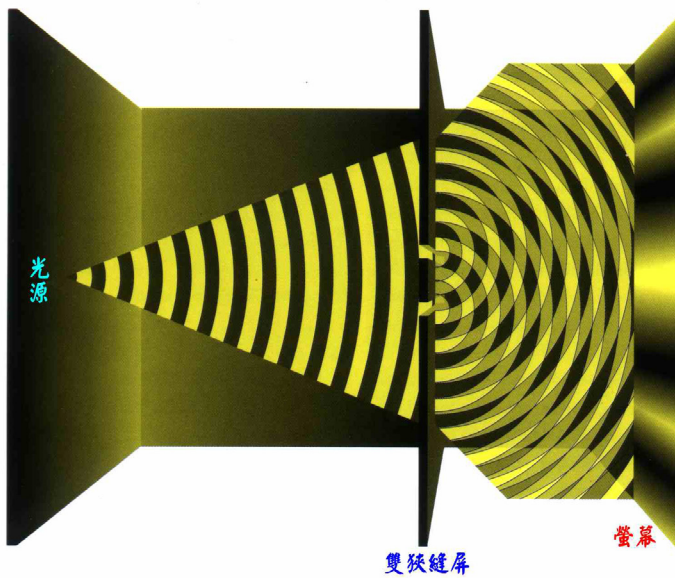


圖3. 光的繞射現象。
 圖片來源：AEEA天文教育資訊網，陳輝樺

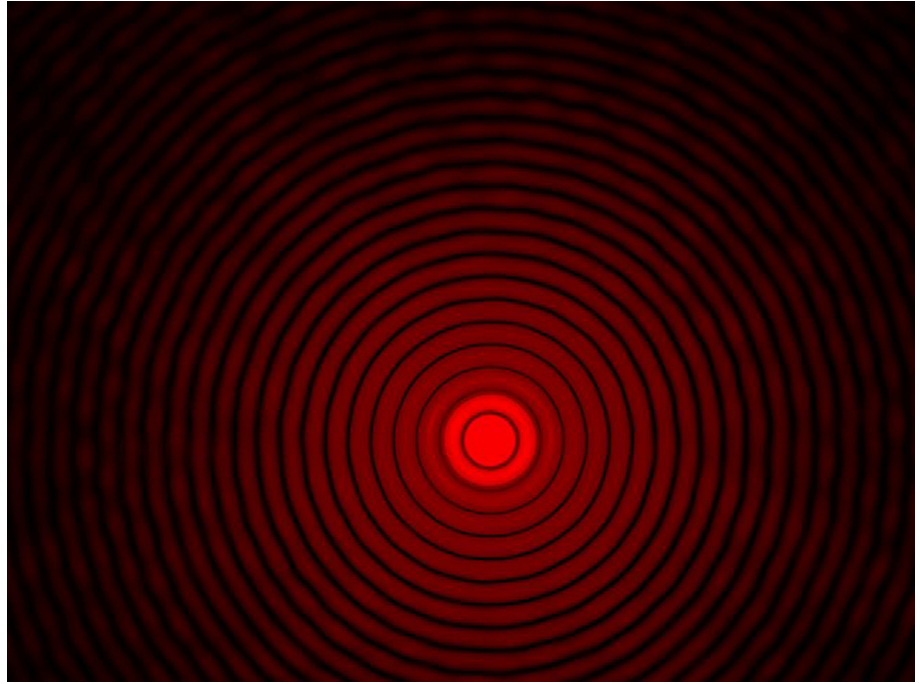


圖4. 真實的艾里斑。
圖片來源：Bautsch

點，在它的周圍環繞著明暗相間的同心圓條紋，這種圖案又被稱作艾里斑圖案（Airy disk pattern）（圖4），假如孔徑形狀不同，繞射之後的圖案也會發生變化。

綜上所述，科學家早就已經知道韋伯望遠鏡會產生的繞射圖案應該會是如何了，經過數學分析方法，在2007年美國航太總署根據韋伯的設計方案，出具了一項分析報告，在第23頁中的附圖

（圖5），明顯揭示了各種情境下的繞射圖案，第一種也就是圖（a）的繞射圖案就如同先前所述的 Airy disk pattern，而圖（b）是假設主鏡形狀為六角形，此時的繞射圖案會是6根長線，而圖（c）的主鏡形狀與韋伯的外形是相同的，差別在於它是整面鏡子，中間沒有縫隙，此時的繞射圖案看起來仍是六個方向但較散的雪花圖案，圖（d）加上了縫隙後，又較偏向於圖（b）的繞射圖案，最後是圖（e），將支架也列入，就是目前韋伯鏡前的

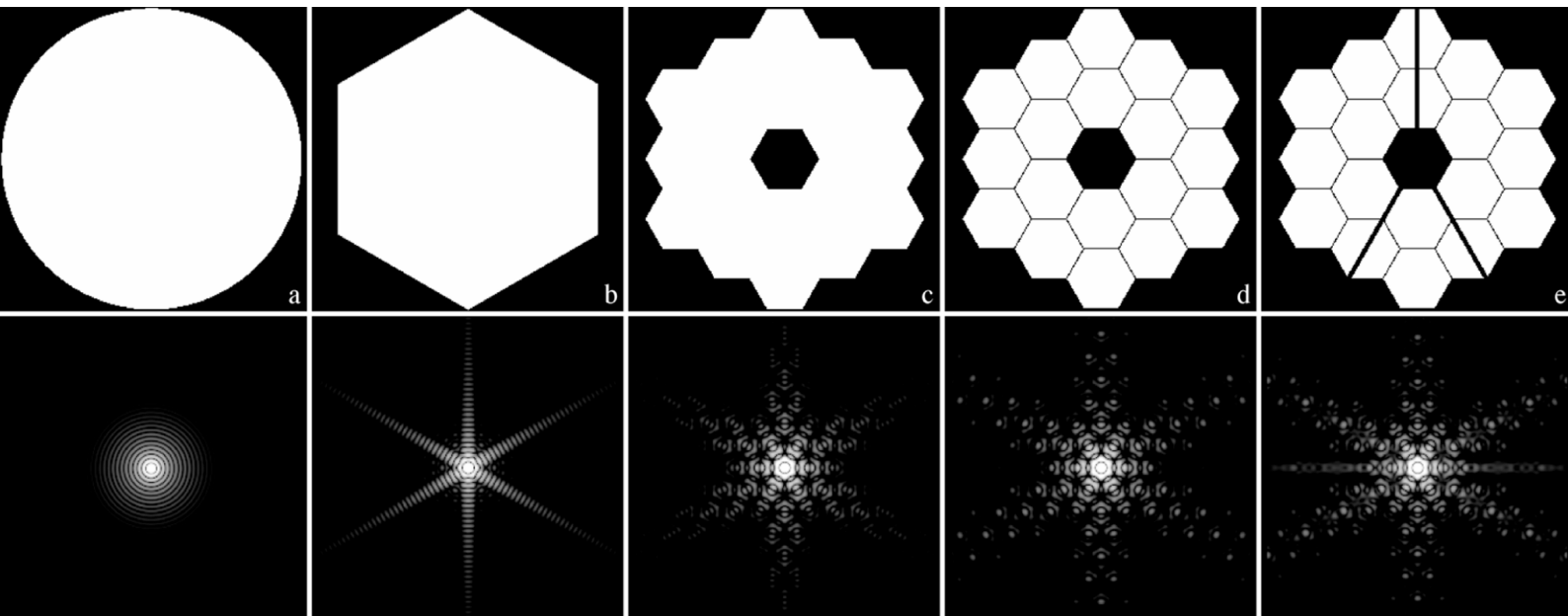


圖5. 鏡片及支架所產生的不同繞射圖案。圖片來源：JWST-STScI-001157, SM-12, 2007/06/08

形狀，與圖（d）的繞射圖案對比，在於多了水平方向的線，事實上圖（e）最後的支架所產生的繞射圖案不僅是那條水平線，而是6個方向的線，只是其它4條線與六角形鏡所產生的繞射圖案重疊了，因此從模擬圖中看不出來，事實上也正因為結果為重疊，避免產生了更多星芒，才使得韋伯的次鏡架這樣設計，而並非120度的等距設計。

在同一份報告的第25頁，也顯示了哈伯望遠鏡的狀況（圖6），從哈伯的正面看鏡子內部如圖所示，其中三個小的黑色圓點是用於固定主鏡，而黑色的四條線及中間的圓分別為支架及次鏡，故而產

生了如右圖的十字繞射圖案。瞭解這些原理，如果我們再來看所有望遠鏡的照片，你就會發現這種有星芒的照片到處都是，那麼既然我們知道原因，科學家為何不將其去除呢？因為這種現象只要不是太誇張，對於研究的影響並不大，即使受到了影響，轉個方向重新再拍一張，星芒的方向也會跟著改變，就沒有必要針對每個恆星去處理，這種現象也如同著簽名一樣的功能，只要看見相對應的繞射圖案，便可以反推這是由哪一臺望遠鏡拍攝得到的。

許晉翊：臺北市立天文科學教育館

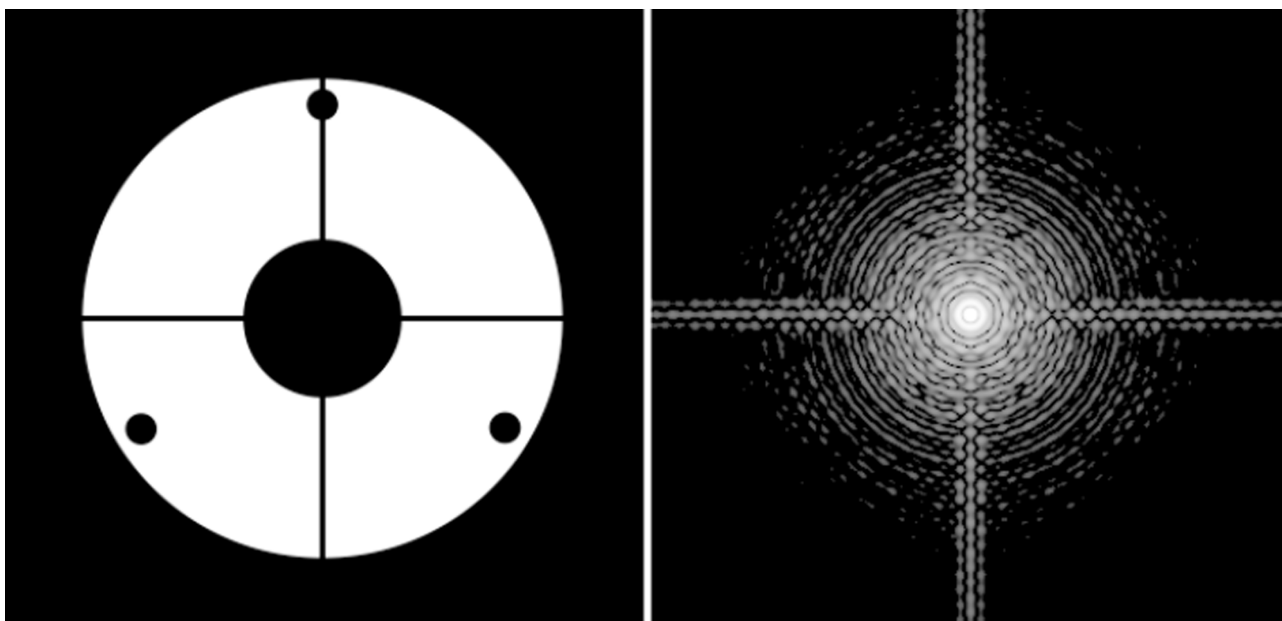
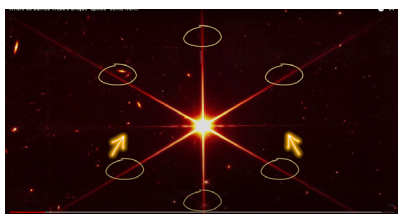
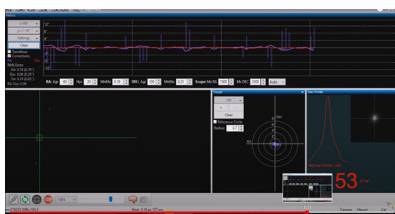


圖6. 哈伯望遠鏡的繞射圖案。圖片來源：JWST-STScI-001157, SM-12, 2007/06/08

YouTube相關影片：



Where do James Webb's unique "spikes" come from?
<https://www.youtube.com/watch?v=yuDjcfrrgmk>



How To Create Star Diffraction Spikes
https://www.youtube.com/watch?v=m_MMxOP8yWY



星芒的原理
<https://www.youtube.com/watch?v=xB9aMiI9cag>