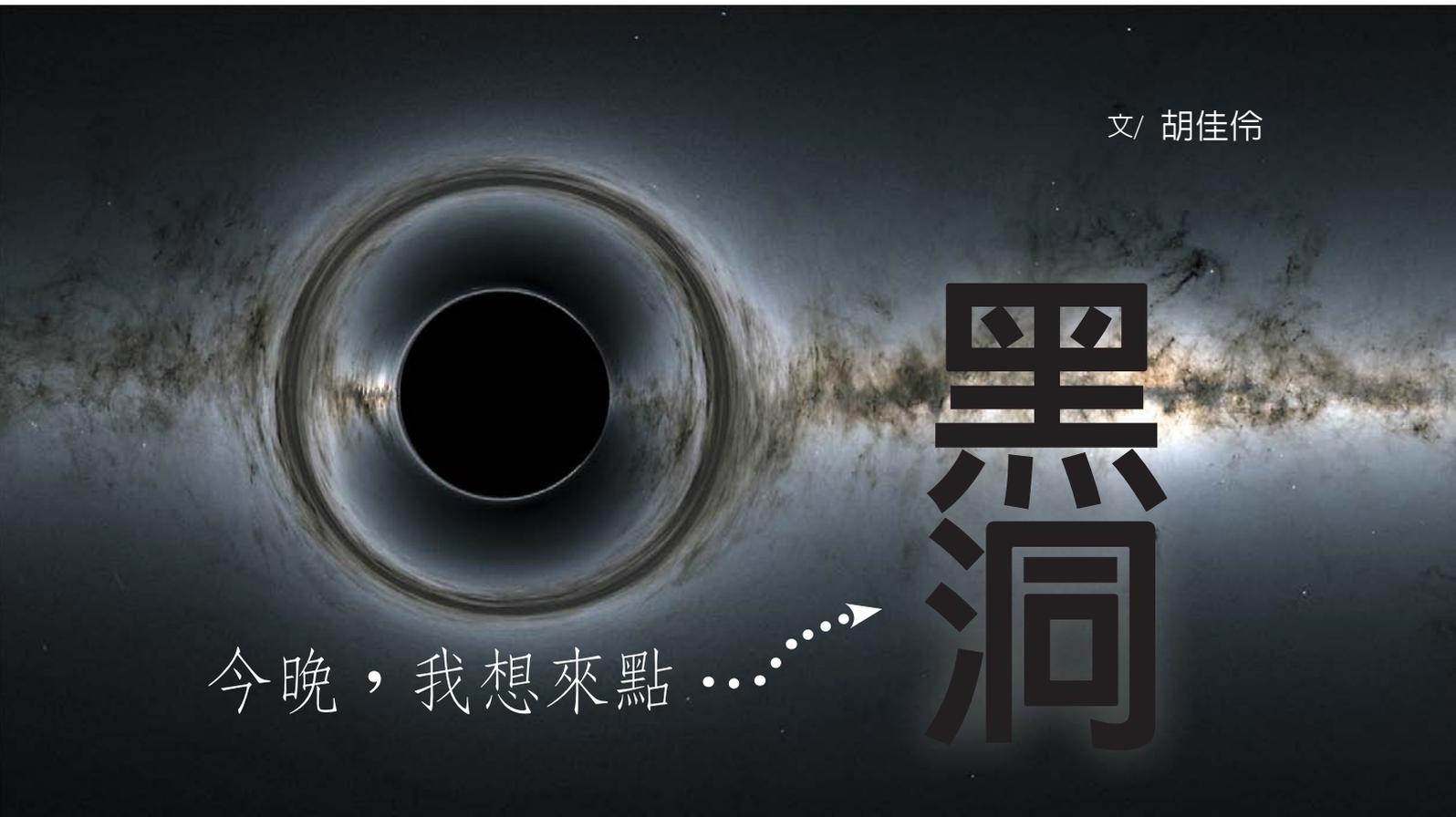


文/ 胡佳伶



今晚，我想來點……

黑洞

其實黑洞並不是個洞
而是質量很大的天體擠在很小的空間內……

今年的諾貝爾物理獎又頒給天文學家了！其中一半授予羅傑·潘洛斯（Roger Penrose），他利用數學方法，證明黑洞是愛因斯坦廣義相對論的牢靠預測。而另一半則共同授予賴因哈德·根策爾（Reinhard Genzel）和安德里亞·吉茲（Andrea Ghez），他們各自率領團隊，在我們的銀河系中心發現一個超大質量黑洞。

什麼是黑洞呢？其實黑洞並不是個洞，而是質量很大的天體擠在很小的空間內，因此密度極大、重力場極強，黑洞的「事件視界」（event horizon）是指黑洞重力可及的勢力範圍，在這之內的所有物質都會被黑洞吸進去。全宇宙速度最快的東西——「光」在真空中的速度可以達到每秒鐘30萬公里，相當於一秒鐘能夠繞地球七圈半（這只是個常用的比喻，實際上在一般狀態下光是以直線前進的），

但甚至連光都無法從黑洞的強大重力場中逃脫，因此才會有「黑洞」的稱呼。

黑洞可以分成三種不同大小的尺度，分別是「恆星級黑洞」、「中質量黑洞」和「超大質量黑洞」。

「恆星級黑洞」是大質量恆星演化的末期產物，質量約為數倍至數十倍太陽質量。當恆星核心的核融合燃料用盡之後，較低質量的恆星會形成紅巨星，並將外層氣體向外吹散，形成行星狀星雲，中央留下的殘骸形成「白矮星」。較大質量的恆星則是形成紅超巨星後，發生超新星爆炸，外層大氣被炸開，殘留的核心因重力向內塌縮，若是塌縮核心質量介於1.4至3.2倍太陽質量之間的天體，會形成「中子星」，而塌縮核心的質量超過太陽質量的3.2

倍時，則會形成「黑洞」。

「中質量黑洞」的質量介於恆星級黑洞和超大質量黑洞之間，約數百至數萬倍太陽質量，這類黑洞的已知數量非常少，形成原因也還不清楚。有可能是許多恆星級黑洞合併之後的結果，也有可能是宇宙早期質量比較小的矮星系的遺留核心。

「超大質量黑洞」的質量相當於太陽的數百萬倍至上億倍、甚至是上百億倍。目前已知絕大部分的星系，包含我們自己的銀河系在內，中心都有超大質量黑洞存在。我們銀河系中心的超大質量黑洞稱為「人馬座A*」，質量約為400萬倍太陽質量。而2019年引起軒然大波的首張黑洞剪

影，所拍攝的M87星系超大質量黑洞，質量更是高達65億倍太陽質量！

天文館的展示場內，也能找到黑洞的身影，現在就跟著我們的腳步，一起來尋找黑洞吧！

讓人意想不到的第一個黑洞藏身之地，就在一樓繽紛的宇宙萬花筒之中。仔細瞧瞧牆面與地面出現的衆多天體投影，其中就有黑洞的身影，但就像我們剛剛所說的，連光都無法逃出黑洞的事件視界，因此黑洞本身並不會發光，很難發現它的蹤跡。給你一個小小的提示，在宇宙萬花筒中的黑洞是屬於「恆星級黑洞」，因此跟著「藍巨星」這種大質量恆星走，它在爆炸後就有

可能變成中子星或是黑洞喔！就如宇宙中的真實狀況一樣，越大質量的恆星數量越少，而越小質量恆星的數量越多，因此在發生超新星爆炸後形成黑洞的機會，其實比形成中子星的機會要低，要看到黑洞還不容易呢！

接著讓我們移步到二樓太陽結構旁的「赫羅圖與恆星的一生」。這邊詳細介紹了各種不同質量恆星的演化過程，在觸控面板上共有「8倍~12倍太陽質量」、「0.4倍~8倍太陽質量」、「0.08倍~0.4倍太陽質量」、「0.0125倍~0.08倍太陽質量」四種選擇，觀賞四個短片，找找哪一種質量的恆星到最後會演化成黑洞呢？

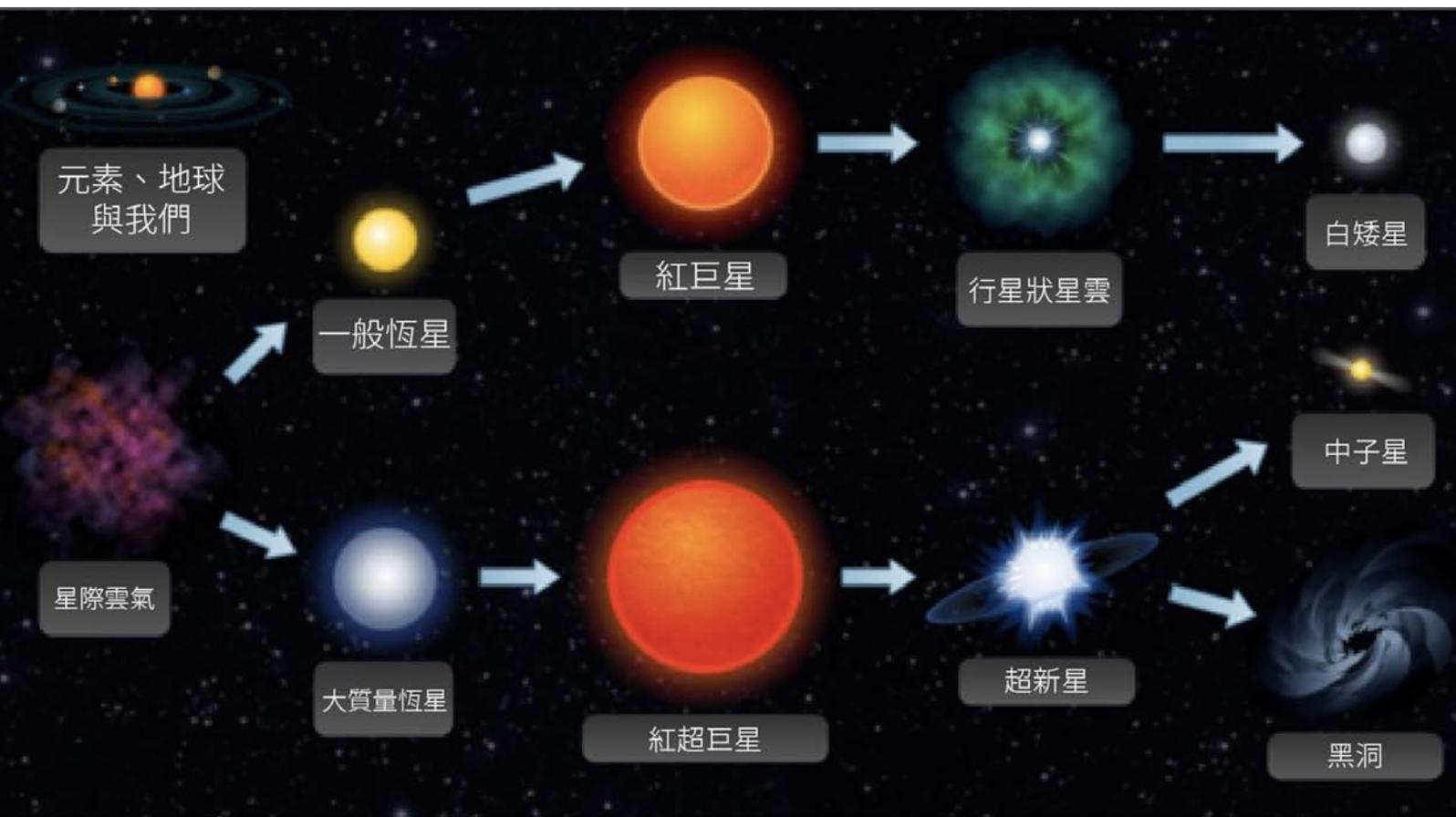
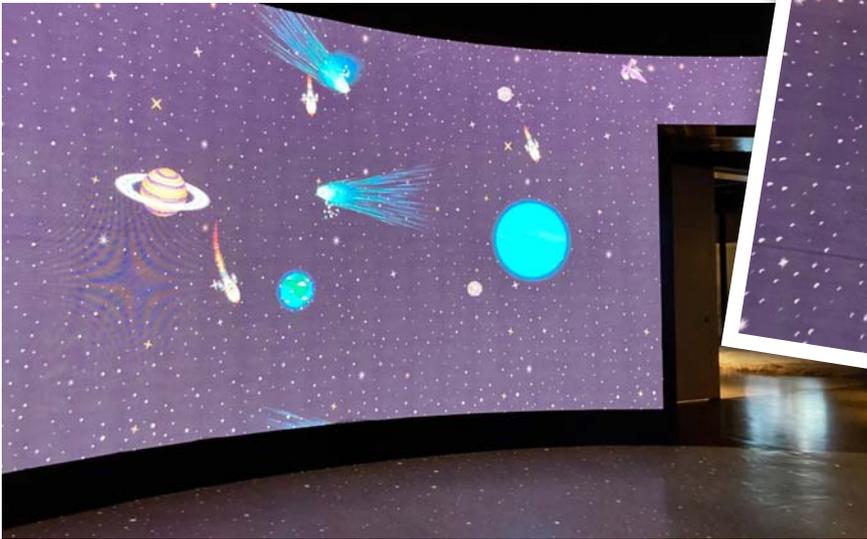


圖1. 不同質量的恆星演化路徑

宇宙萬花筒

↓ 影像右側的就是藍巨星，跟著它走就有可能會發現黑洞喔！
→ 影像左邊的天體是中子星，中央的黑色天體是黑洞，右方的則是彗星。



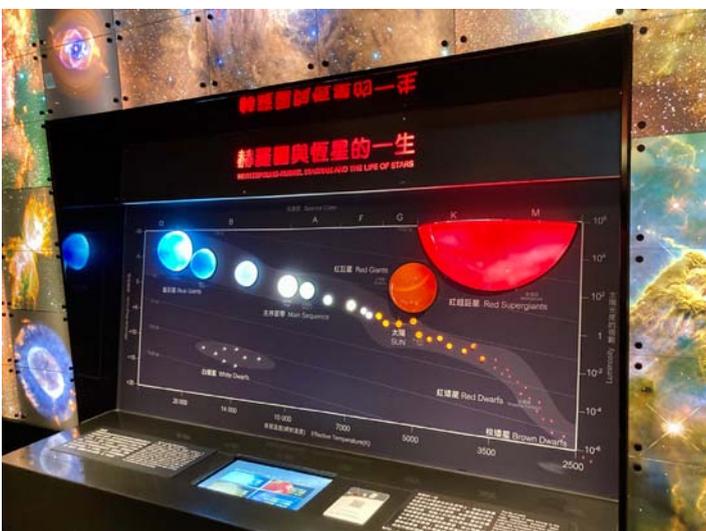
從「赫羅圖與恆星的一生」展項往右走，還能看到「黑洞」的展板，展板中的藝術家想像圖描繪出黑洞的形象，除了不發光的黑洞「事件視界」本身之外，物質在被吸入黑洞時會被黑洞強大的重力扯碎，在黑洞的周圍旋轉形成吸積盤，多餘的角動量則會以噴流的形式向兩極噴出。展品影片中的黑洞形象是否也覺得似曾相似呢？在電影《星際效應》（Interstellar）裡的黑洞就長這個樣子！而且擔任本片執行製作的基普·索恩（Kip Thorne）還在2017年，

因對雷射干涉儀重力波天文台（LIGO）及重力波探測的決定性貢獻，而與萊納·魏斯（Rainer Weiss）及巴里·巴利許（Barry Barish）共同獲得諾貝爾物理學獎。展品影片中也描述了如果人類在接近黑洞時，會因為潮汐力而變成一條長長的義大利麵，是不是很有趣呢？

黑洞



赫羅圖與恆星的一生



接著再讓我們繼續向右走，看看另一種更大尺度的黑洞——「超大質量黑洞」。科學家一直對銀河系的中心究竟是什麼充滿了疑惑，由於地球本身位於銀河系的盤面上，距離銀河系中心2.6萬光年，在觀察時會受到密集的銀心以及無數氣體塵埃阻擋，唯有使用紅外線和次毫米波或無線電波等波長的波段觀測，才有可能取得較好的觀測結果。歐洲南天天文台（ESO）利用甚大望遠鏡（VLT）和阿塔卡馬探路者望遠鏡（APEX）對銀河系中心的

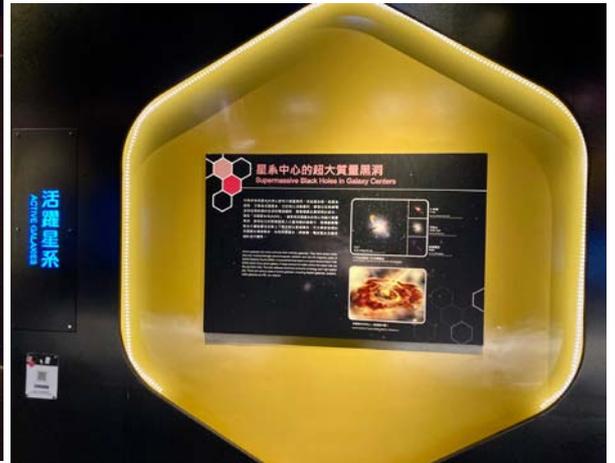
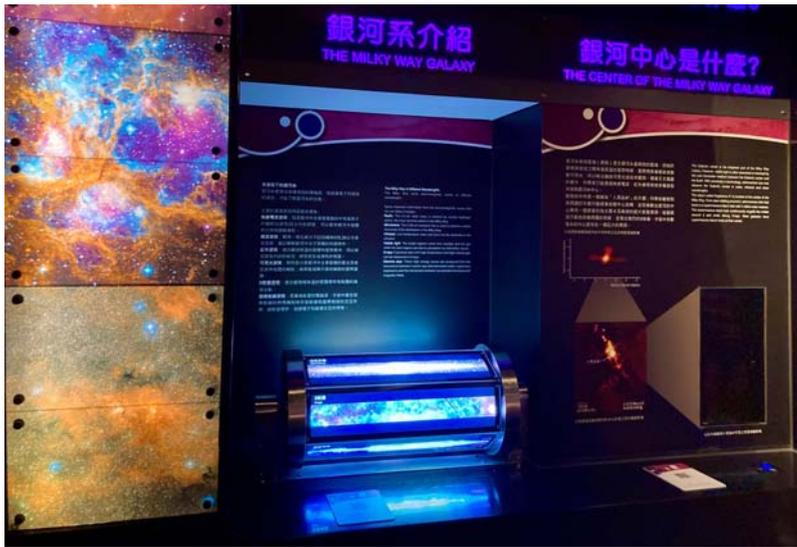
近紅外波段和次毫米波段進行研究，發現銀河系中心附近的天體都圍繞著一個看不見的重力源旋轉，也就是超大質量黑洞人馬座A*，之後科學家也觀測到星體靠近黑洞時拉長變形，以及物質被吸入黑洞時產生的射線爆發現象。證實銀河系中心有個質量高達太陽400萬倍的超大質量黑洞。

最後，讓我們到三樓看看活躍星系核的超大質量黑洞。科學家推測每個星系的核心都有超大質量黑洞存在，但有些特別活躍，因此稱為活躍星系核

（active galactic nuclei，縮寫為AGN）。活躍星系核會發出從無線電波到伽瑪射線的全波段電磁輻射，黑洞從吸積盤吸入大量物質的過程中，會從吸積盤輻射出大量能量，並往上下噴出高速噴流。天文學家發現的活躍星系種類繁多，包括西佛星系（Seyfert Galaxy）、電波星系（Radio Galaxy）、類星體（QSO）、BL Lac（蝎虎座型天體）以及LINERs（低電離星系核）。其實根據活躍星系核的統一模型（unification model），這些看似不同的天體只是從不同角度觀察的結果呢！

胡佳伶：臺北市立天文科學教育館

超大質量黑洞



YouTube相關影片：



Black Holes Explained – From Birth to Death

<https://youtu.be/e-P5IFTqB984>



Death by spaghettification: artistic animation of star being sucked in by a black hole

<https://youtu.be/AKCP-1OGGP4>