

文/ 王彥翔

上一期的天文展品導覽談到天文學家透過星光的光譜來分析恆星。不過，這條「光譜」並不止於眼睛所見到的光，光譜範圍比你看到的還要更大！這一期的天文展品導覽就帶大家認識望向天空的另一扇窗：無線電波。

可見光之外還有光

牛頓透過三稜鏡知道陽光是由多種單色光組成，但直到19世紀，科學界才注意到在這段彩色光譜之外還有別的世界。首先天文學家威廉赫歇爾（William Herschel）發現陽光中不同色光所傳遞的熱量似乎不同，於是便利用溫度計針對光譜中的不同色光

一一進行測量。為了比較升溫的程度，他選定紅光之外的區域作為對照組，沒想到這個看似沒有光照的區域測量出來的溫度竟然比紅光還高。因此，威廉赫歇爾認為在紅光之外一定還有不可見的光，而這種光就是當時學界認知的熱輻射。很快地德國科學家里特（Johann Wilhelm Ritter）也在紫光之外找到了會讓氯化銀試

紙變暗的光線，也就是現在所稱的紫外線。

不過話說回來，光的本質究竟是什麼？這個答案很令人意外地不是在光身上找到，反而是看似無關的電與磁。法拉第（Michael Faraday）發現磁場變化會產生電流的電磁感應現象之後，1860年代蘇格蘭科學家馬克士威（James



圖1. 我們所見的可見光只是電磁波的其中一種，各種物體在不同的電磁波視野之下會呈現什麼樣貌？遊客可以利用展示場內的互動式螢幕，看看不同的照片在不同的電磁波下會長什麼樣子。

Clerk Maxwell) 綜合前人發現，透過數學推導出馬克士威方程式，描述電與磁之間的關係。根據方程式預測電場與磁場不斷地交替變化將能產生在空間中傳遞的電磁波，他進一步計算電磁波的傳遞波速，沒想到居然與光的傳遞速度十分接近！

這是巧合嗎？馬克士威不這麼認為，他認為光其實就是一種電磁波。1887年德國物理學家赫茲 (Heinrich Hertz) 透過實驗產生了無線電波，而無線電波也表現出折射、繞射等等光傳遞過程的特性。實驗不但證明了馬克士威理論是正確的，光是一種電磁波的說法也逐漸成為學界共識。

來自天空的神祕訊號

無線電波被發現之後不久，由於傳遞過程只需要收發訊號的天線，因而很快地被應用在遠距離通訊用途上，降低鋪設長距離電話線路的必要性。不過，自然環境中還是存在許多無線電通訊的障礙，例如山丘阻隔以及大氣電離層的變化等。1920年代，美國貝爾實驗室為了找出有哪些因素可能會對跨大西洋無線電通訊造成影響，因此指派了旗下的工程師卡爾·央斯基 (Karl Guthe Jansky) 來研究這個問題。

央斯基建造了一個長約30公尺、高約6公尺的定向天線，並將它裝置在轉盤上，讓它可以接收不同方向頻率20.5MHz (波長約

14.6公尺) 的無線電波。經過幾個月的觀測，他大致歸納雜訊來自附近和遠處的雷雨雲，以及一個不明來源的訊號。這個不明的訊號源強度大致會以一天為週期變化，央斯基一開始以為是來自太陽的訊號。不過又經過了幾個月的追蹤，他發現訊號源不但偏離了太陽，而且變化的週期是地球實際自轉一圈的時間——一個恆星日 (23小時56分)，進一步比對發現人馬座方向、銀河系的中心就是不明的訊號來源。

央斯基在1933年陸續在學術會議和接受電臺專訪，向大眾發表他發現來自星星的無線電波訊號，論文也在10月發表於《無線電工程師學會學報》上。雖然央斯基很想進一步研究銀河系中心

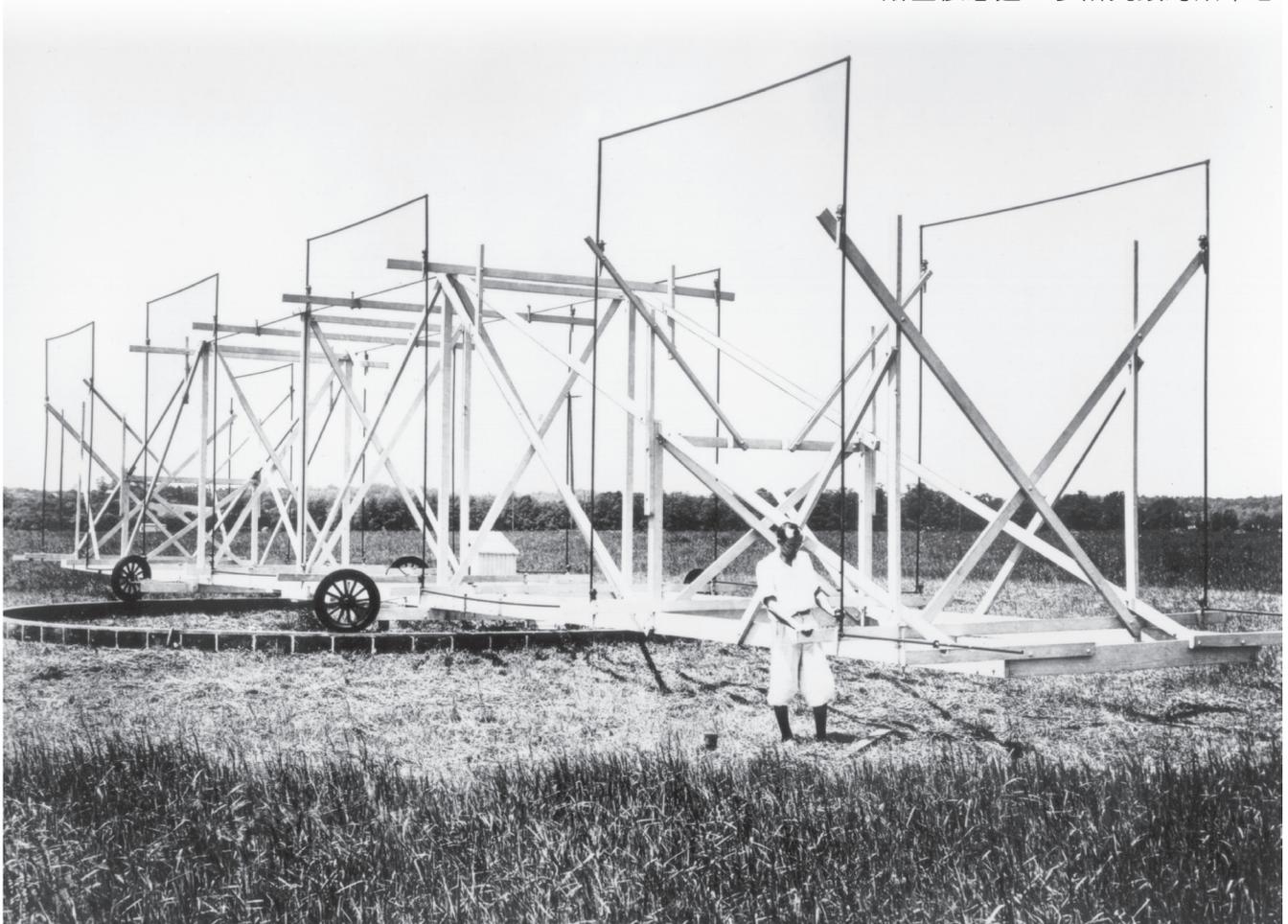


圖2. 卡爾·央斯基所建造的定向天線。圖片來源：NRAO

的訊號源究竟是什麼，但當時世界經濟進入大蕭條時代，貝爾實驗室無心處理這個固定在天上的干擾源，和無線電波天文相關的研究一直要到數十年後才再度獲得重視。

天文觀測的另一扇窗

由於大氣層的干擾，就算是乾燥晴朗的天氣，來自宇宙的電磁波只有可見光和無線電波得以暢行無阻來到地面。此外，無線電波波長比較長的特性，其所承載的訊息不容易被星際塵埃阻擋，讓天文學家得以看見重重塵埃後方正在誕生的恆星，以及距離我們6千多萬光年外的巨大黑洞剪影。無線電波在天文觀測的應用，無疑是為地面的天文學家開啓了第二扇認識宇宙的窗。

第二次世界大戰之後，隨著世界政治與經濟局勢趨於穩定，無線電波天文觀測再度回到科學家的視野。1960年代，科學家們透過無線電天線陸續觀測到如同燈塔般以固定頻率發出訊號的脈衝星、大霹靂餘暉的宇宙微波背景輻射、十分明亮卻位於遠方的類星體，以及星際有機分子等重要發現，其中前兩項發現更催生了兩座諾貝爾物理學獎。可惜的是卡爾·央斯基來不及看到無線電波天文學開花結果，於1950年就因病逝世，享年44歲。為了表彰央斯基的發現，美國國家電波天文臺（NRAO）在2012年將位於新墨西哥州的特大天線陣（VLA）冠上了卡爾·央斯基的名字，紀念這一位為我們打開另一扇窗的工程師。

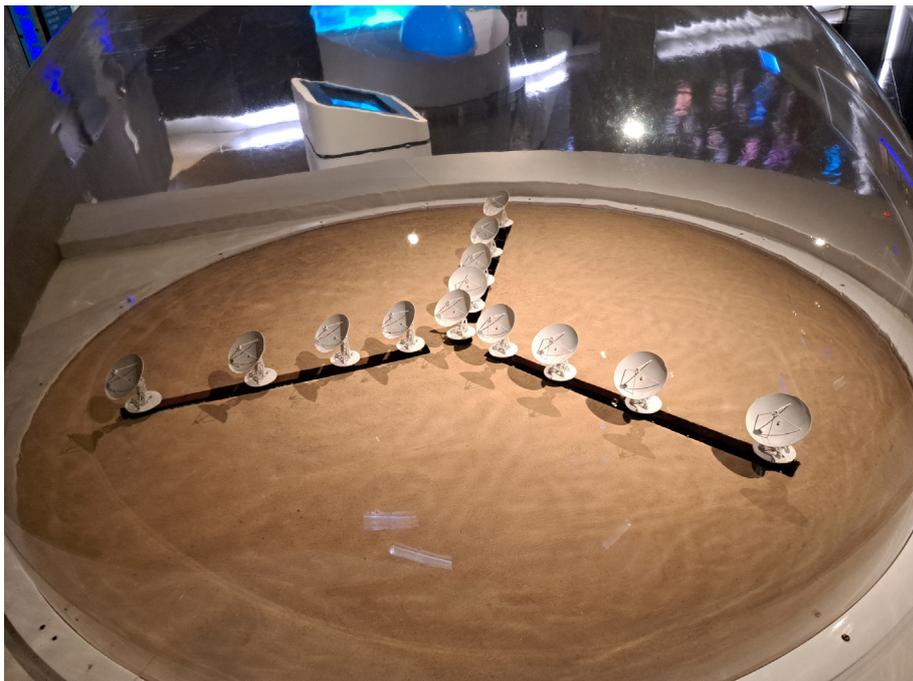


圖3. 特大天線陣是由27座碟型天線構成的無線電波天文臺，透過埋設在地面的軌道，天線可以在3條長21公里的軌道範圍內移動，並利用干涉技術得到不同解析度的天文影像。透過展示場內的模型可以觀察天線是如何移動的。



圖4. 透過無線電波可以繞過星際塵埃的特性，再加上世界各國無線電波天文臺利用干涉技術進行觀測，2019年我們終於得以窺見黑洞的剪影。這張重要的照片目前也典藏在天文館展示場三樓供大眾觀覽。

王彥翔：臺北市立天文科學教育館