



## 紅位移

### ● 傅俊結\*

天文學中有一個重要的現象叫，紅位移，它在近代的宇宙學和天體物理學中扮演著關鍵的角色。這個現象最早是由天文學家赫伯特·胡默爾（Edwin Hubble）於1920年代觀測到的。他發現了遠離地球的星系的光譜線向紅色端移動，這現象被解釋為這些星系正在遠離我們。這被視為宇宙擴張的證據，這證據後來得到宇宙大爆炸理論的支持。赫伯爾的發現對於天文學和宇宙學產生了深遠的影響，他的工作幫助人們開始理解宇宙的擴張。在1920年代，赫伯爾利用哈勃望遠鏡（Hubble Space Telescope）觀測了一些星系，並研究了它們的光譜。他發現了一個令人驚訝的現象：遠離我們越遠的星系，它們的光譜線向紅色端移動得更快。這一發現被稱為哈勃定律，它顯示了宇宙的擴張。這項發現對於當時的宇宙觀念產生了革命性的影響。赫伯爾的工作首次確定了宇宙不是靜止不變的，而是在不斷擴展。這也意味著，如果宇宙是在擴張，那麼在過去它應該是更加緊湊和密集的。這支持了宇宙大爆炸理論，這個理論認為宇宙在某個點上經歷了一次巨大的擴張。赫伯爾的工作在當時和後來的科學發展中都被視為里程碑。他的發現促使天文學家和物理學家重新審視宇宙的本質和演化，也引導了後來對宇宙擴張和宇宙大爆炸理論的更多研究和驗證。赫伯爾的貢獻使得我們對宇宙的理解有了重大的突破。

紅位移的物理原理可以看成是一種多普勒效應的表現。當物體遠離觀察者時，它的光譜會向波長比較長那邊移動，也就是光的波長會增加，被觀察到的光就會變成

\* 傅俊結，南臺科技大學電子工程系副教授



波長更長、頻率更低的紅色光。這是由於光波在遠離觀察者的物體運動時被拉伸而導致的。所謂的多普勒效應，它是描述波在與觀察者相對運動的物體間傳播時所出現的一種現象。它適用於各種波，包括聲波和光波。當波源和觀察者相對運動時，會導致觀察到的波長和頻率發生變化。這一變化會表現在聲音或光的音調或顏色的改變。具體來說，在聲學中，如果聲源和聽者之間相對運動，就會引起聲音的頻率變化，即聲音的音調會改變。當聲源向聽者靠近時，波的波長縮短，頻率增加，聲音聽起來更高；當聲源遠離聽者時，波的波長增加，頻率減少，聲音聽起來更低。在光學中，多普勒效應表現為當光源和觀測者相對運動時，光的波長也會發生變化。當光源向觀測者靠近時，光波的波長縮短，波長變短，光會偏向藍色；當光源遠離觀測者時，波長增加，光會偏向紅色。這就是紅位移和藍位移的現象。多普勒效應是物理學和天文學中重要的概念，它解釋了波的特性在相對運動中的變化，並且在許多領域中都有廣泛的應用，從天文學到地球科學、聲學和雷達技術等。

下面我們舉一些紅位移的相關應用：首先是在宇宙擴張和宇宙學的研究，紅位移被用來測量遠離地球的星系和宇宙中其他天體的速度和距離，從而研究宇宙的擴張速度和歷史，觀察不同紅位移的天體可以幫助我們了解宇宙的演化過程，包括星系如何的形成、星際物質如何的分佈以及宇宙中結構的形成。在近代的天體物理學，宇宙學的模型有很多，每個科學家根據他們的專業提出各個不同的模型，要驗證哪種模型比較可靠，藉由紅位移的觀測數據有助於驗證宇宙學模型，例如宇宙的年齡、組成和未來的演化。紅位移也可以作為宇宙天體距離間的指標，紅位移與距離之間有一個已知的關係，因此在宇宙中測量距離時，紅位移可以用作重要的指標。暗能量和暗物質的研究是近代物理學熱門的研究項目，但是人類所知甚少，通過觀測遠離的超新星和星系，科學家可以利用紅位移來研究暗能量，這是一種推動宇宙擴張加速的神秘力量。紅位移的觀測數據有助於瞭解暗能量的性質和對宇宙擴張的影響，而通過研究星系和星系團的運動，紅位移也有助於研究暗物質，暗物質對於形成最初的宇宙結構和星系間的運動有著關鍵的影響，而紅位移的觀測有助於推斷暗物質的分佈和影響。借助觀測不同紅位移的星系和宇宙大尺度結構，可以幫助科學家了解宇宙中星系的形成、演化和分佈情況，從而深入研究宇宙的演化過程。還有，紅位移也被用來研究恆星和



行星系統，通過觀測恆星周圍的行星運動，科學家可以推斷這些天體的質量、軌道和系統的特性。最後，紅位移可以應用於研究宇宙背景輻射，這是宇宙中存在的剩餘微波輻射。宇宙背景輻射的紅位移提供了有關宇宙早期狀態和結構形成的重要信息。這些應用展示了紅位移在多個天文學和宇宙學領域中的重要性，它為我們深入瞭解宇宙的本質、演化和組成提供了重要的線索和數據，也使紅位移成為天文學和宇宙學中一個極為重要且常用的工具，幫助我們更深入地了解宇宙的本質和演化。



