

## 第 10 單元：吸積盤

（適合高中以上）

黑洞是將物質轉化為能量的最有效天體。當物質因黑洞引力朝向黑洞落入時，通常具有某種程度的角動量，因此它們不會直接掉入黑洞，而是開始以高速旋轉的方式在黑洞周圍環繞，眾多物質因此堆積在黑洞周圍形成盤狀結構，稱為吸積盤。在吸積盤內部，不同層的物質之間存在摩擦，這些摩擦產生大量的熱，使得吸積盤發出電磁輻射，包括 X 射線和可見光，成為一個非常明亮的天體。吸積盤的重要性在於，它們不僅是黑洞成長的主要方式，還是研究黑洞周圍環境和物理過程的關鍵窗口。由於吸積盤的輻射特性，天文學家可以通過觀察這些輻射來間接了解黑洞的質量、旋轉速率以及周圍物質的性質。



圖說：黑洞周圍的吸積盤及噴流（藝術假想圖）。

錢卓拉 X 射線太空望遠鏡（Chandra X-ray observatory）於 2010 年在編號梅西耶 100（Messier 100）螺旋星系中發現了一個黑洞的證據。這個黑洞（編號 SN 1979C）被認為是由一顆質量約為太陽 20 倍的恆星爆炸後產生的，留下了一個約為太陽質量 8 倍的黑洞。錢卓拉探測到來自這個黑洞周圍吸積盤內的氣體所發出的 X 射線。這些氣體在吸積盤中因為原子之間的碰撞的速度越來越高，溫度可上升到超過 1 億 K。這些發射出 X 射線的氣體的溫度與它們跟黑洞的距離有關。當氣體在距離質量為太陽質量  $M$  倍的黑洞  $R$  公里的位置時，以下兩個方程式描述了流進黑洞氣體的溫度  $T$  和該氣體發出電磁輻射的最強的波長  $\lambda$  的關係：

$$\text{公式 10-1 : } T = 10^8 \left( \frac{M}{R^3} \right)^{1/4} \text{ K}$$

$$\text{公式 10-2 : } \lambda = \frac{3.6 \times 10^7}{T} \text{ nm}$$

K 為絕對溫度，nm 為奈米（即  $10^{-9}$  公尺）。



圖說：錢卓拉 X 射線太空望遠鏡發現的 SN 1979C 黑洞位置及其宿主星系 Messier 100 螺旋星系影像。

練習 10-1：

利用代入法結合公式 10-1 及 10-2，寫下新的公式  $\lambda(R, M)$ 。表示氣體發出電磁輻射的最強的波長  $\lambda$  為其距離黑洞中心  $R$  和黑洞質量  $M$  的函數。

答案：

$$\lambda(R, M) = \frac{3.6 \times 10^7}{10^8 \left( \frac{M}{R^3} \right)^{1/4}} = 0.036 \left( \frac{R^3}{M} \right)^{1/4} \text{ nm}$$

練習 10-2：

根據錢卓拉的資料，從 SN 1979C 黑洞附近探測到的 X 射線波長為 0.53 奈米。如果黑洞的質量是太陽的 8 倍，那麼探測到的氣體距離黑洞中心有多遠（以公里為單位）？這個距離是在黑洞的事件視界（史瓦西半徑）的幾倍處？

答案：

$0.53 = 0.036 (8^{-1/4}) R^{3/4}$ ，解出  $R = (24.8)^{3/4} = 72$  公里。

根據練習 3-4，8 倍太陽質量的黑洞史瓦西半徑為  $8 \times 2.95 = 24$  公里。

72 公里是 24 公里的三倍。根據第 6 單元，探測到的氣體位於物質能夠存在的穩定軌道的最內側，即吸積盤的最內側。

延伸閱讀：

[首次測量出超大質量黑洞周圍吸積盤規模](#)

[大黑洞打嗝可能是緊密公轉黑洞週期性穿越吸積盤引起](#)  
[實驗室重建黑洞周圍的吸積盤](#)