

第三章 結果

3-1 譜線之認定

在光譜處理校正妥善之後，下一步便進行辨識光譜線。我們觀測所採用系統之 LSR 速度(systemic velocity)，在三個熱分子雲核分別是：Orion KL， 8 km s^{-1} ；Sgr B2(N)， 64 km s^{-1} ；W51 e1/e2， 60 km s^{-1} 。從文獻中，我們知道此三個熱分子雲核的 V_{LSR} 範圍涵蓋分別為 $3\text{-}11 \text{ km s}^{-1}$ (Orion KL) (Blake et al. 1987；Liu, Mehringer & Snyder, 2001；Lee, Cho & Lee 2001)， $58\text{-}75 \text{ km s}^{-1}$ (Sgr B2(N)) (Kuan & Snyder 1994；1996；Mehringer et al. 1997；Nummelin et al. 2000；Turner & Apponi 2001；Hollis et al.)； $55\text{-}61 \text{ km s}^{-1}$ (W51 e1/e2) (Zhang, Ho & Ohashi 1998；Liu et al. 2001)。若所辨認之分子譜線的 LSR 速度落在上述範圍內，可視為合理。所以我們將譜線之觀測值設定為 $\pm 3 \text{ MHz}$ 以內(Sgr B2(N)可容許到 $\pm 5 \text{ MHz}$)在三個資料庫搜尋，採取以下兩點準則來認定：

- 一、以目前文獻中有被觀測到的分子為首選(附錄一)。
- 二、其預測譜線強度(line intensity)值是否比較大，愈大者代表可預期的訊號愈強。

譜線強度是與該分子的電偶極距(dipole moment)、躍遷能階及所處在的溫度有關。我們的研究是這裡參考 JPL 與 CDMS 資料庫中分子在激發溫度(excitation temperature)300 K 時所產生的強度。一般來說，在某特定能階之分子數量愈多，則觀測到之該能階相關躍遷之訊號愈強。較複雜之分子其數量相對較少，因此所產生訊號也愈弱。但由於各式分子在熱分子雲核中的數量是未知，所以藉由預估之譜線強度值來判斷預期訊號之強弱僅能跟相同的分子做比較。最後再與其他目標源的對應譜線相互搭配檢驗，並據以判定分子譜線之由來。倘若無法滿足以上準則，則標定該線為無法確認(unidentified)

的譜線。

根據都卜勒理論，頻率每相差 1 MHz 則速度就相差 $\frac{c/(km/s)}{(v/MHz)}$ ，這裡 c 為光速($2.99792 \times 10^5 \text{ km s}^{-1}$)， v 是譜線靜止頻率(MHz)。所以我們將譜線頻率之觀測值減去其靜止頻率，再乘以 $\frac{c/(km/s)}{(v/MHz)}$ ，即為此譜線相對於系統速度之速度。此相對速度值為正時，此特定譜線相對目標源成藍移現象；若為負時則成紅移現象。譜線量取時以兼顧譜線對稱與最高峰為基準， T_R^* 誤差 ± 1 rms，頻道誤差在 ± 1 頻道。計算 LSR 速度誤差則是 $\frac{c/(km/s)}{(v/MHz)} \frac{\Delta v}{channel}$ ，這裡 $\frac{\Delta v}{channel}$ 是頻道寬度(非頻道解析度)。舉例來說，在中心頻率為 202472 MHz 光譜中(圖 3-1(a))，其中 CH_3CN 分子躍遷 $11_{6,12} - 10_{6,11}$ 靜止頻率為 202215.46 MHz。在 Orion KL、Sgr B2(N)與 W51 e1/e2 之觀測值分別是 202216.29、202215.68 及 202218.03 MHz，算得速度差分別為 -1.23 km s^{-1} 、 -0.33 km s^{-1} 和 -3.82 km s^{-1} 。以上速度均為負值，此乃由於當初觀測採用之 LSR 速度較大，使得譜線產生相對藍移。我們原先採取的 LSR 速度分別為 8 km s^{-1} (Orion KL)、 64 km s^{-1} (Sgr B2(N))及 60 km s^{-1} (W51 e1/e2)，故推知此分子譜線在這三個目標源的實際 LSR 速度分別為 6.77 km s^{-1} 、 63.67 km s^{-1} 和 56.18 km s^{-1} (誤差為 $\pm 0.58 \text{ km s}^{-1}$)。

3-2 光譜圖

圖 3-1 到 3-40 顯示此次研究所有觀測到之光譜。各圖中之光譜所示，橫軸為頻率，單位為 MHz。縱軸為 T_R^* ，單位為 K。由於整個光譜大部分頻寬是 600 MHz，若全部顯示在單一光譜圖上，恐會導致弱線無法明確顯示。所以將 600 MHz 寬之光譜分割成三等分，每等分光譜與相鄰光譜設定重疊區域約 30 MHz，其每幅頻帶圖頻寬約 220 MHz。另外，有些頻寬為 300

MHz 的光譜，則分割兩等分，設定重疊區域為 20 MHz，每幅頻帶圖頻寬 160 MHz；而頻寬為 150 MHz 就不再分割。除了第一個中心頻帶為 202472 MHz 光譜(圖 3-1)，因為它是在下邊頻帶(lower sideband)，其頻率是從左到右遞減，其餘各圖之頻率均是從左自右遞增。每幅頻帶圖由三個不同的目標源的光譜所組成，由上到下依序為 Orion KL、 Sgr B2(N)及 W51 e1/e2，分別以“(Ori)”、“(Sgr)”及“(W51)”來標示在各子圖的左上角。若該目標源沒觀測，在各子圖中則以”NO DATA”字樣表示。若光譜兩側邊緣因雜訊太大，導致其不可信度增加而刪除時，則以空白顯示。若進一步做更細部強度尺度放大(一次或兩次)與光譜經 hanning 平滑處理過者，則在各圖下方說明處註明。譜線辨識以至少滿足三倍 T_{rms} 為選擇標準，可確認者將分子式註明其上。若三個(或兩個)目標源皆擁有明顯且對應之分子譜線，便只標識在較上面之目標源光譜中。無法確認之譜線，則以英文字母 U 表示，U 代表 Unidentified。如 U202213(圖 3-1(b))，意指對應在靜止頻率 202213 MHz 之未確認譜線。

當不同中心頻率之頻帶發生頻率範圍有局部重疊者，則選取中心頻率頻帶同時涵蓋三個目標源者為主，其次選擇低 rms 為輔。比方以中心頻率為 208019.97、208382.90 與 208782.32 MHz 這三個頻帶為例，208019.97 MHz 頻帶是同時涵蓋三個目標源，因此優先選用；而中心頻率 208382.90 MHz 之頻帶僅有 Orion KL 被觀測，其三等分中，頻率範圍最低者與前個中心頻率 208019.97 MHz 之頻帶完全重複，且兩組 rms 也類似，故不在圖中顯示；而中心頻率 208782.32 MHz 亦只有 Orion KL 的資料，其三等分中頻率最低者同樣跟前組中心頻率 208382.90 MHz 之光譜完全重疊，但其 rms 較大，故捨棄之不另作顯示。另外，以中心頻率為 216863.02、217010.91、217074.46 與 217188.72 MHz 這四個頻帶重疊部分相當多。此四個頻帶之設定頻寬皆為 600 MHz，但相對於另兩個光譜，217010.91 及 217074.46 MHz 兩光譜其

rms 較高，且其頻寬亦為另兩者頻帶完全包涵在內，故不另作顯示。至於其他相互間有部分區域重疊之光譜，如中心頻率 228419.02、228690.21 與 228879.55 MHz，200035.45 與 240212.82 MHz 以及 262857.97 與 263031.68 MHz 等光譜，均依此取捨原則實施。

以中心頻率為準，將全部光譜分成四十組(中心頻率為 217010.91、217074.46 與 228879.55 MHz 之光譜故從略；中心頻率為 212994.24 MHz 與 217917.34 MHz 的光譜因對映邊頻帶訊號滲入，在§4-3 詳細討論)，每組光譜後為整理之對應分子譜線一覽表(表 3-1 至表 3-40)。第一欄位是對應之分子種類，未確認之譜線以“U”及加上對應之頻率來表示；第二欄位為譜線靜止頻率；第三個欄位為分子之躍遷；第四個欄位是激發溫度為 300 K 時譜線之積分強度，以 10 為底取對數之值；第五個欄位是該躍遷時較低能階的態，單位以 cm^{-1} 來表示；後面的欄位是該分子譜線在三個目標源所量測之 T_R^* 與 LSR 速度。表中符號表示說明，有觀測但沒有偵測到訊號，以“...”表示；若無觀測，則以“—”來表示。若光譜線與其他鄰近的譜線呈現部分疊和，但仍可以量測譜線峰值，則以上標在 T_R^* 值註記。但若顯示該譜線完全與鄰近譜線混合而無法測量，則標示整體峰值於譜線頻率最低者之欄位，並以上標註記；其他與之混和的相鄰譜線則以英文字“blended”表示。

圖 3-1. 中心頻率為 202472 MHz 之光譜。橫軸為頻率，單位為 MHz，縱軸為 T_R^* ，單位為 K。每幅頻帶圖顯示由三個不同的目標源的光譜所組成，由上到下依序為 Orion KL、Sgr B2(N)及 W51 e1/e2，分別以“(Ori)”、“(Sgr)”及“(W51)”來標示在各子圖的左上角。若該目標源沒被觀測，則以”NO DATA”字樣表示。分子譜線經確認者將分子式註明其上，直線標示分子譜線所在之頻率位置。若光譜兩側邊緣因雜訊太大，導致其不可信度增加而刪除時，則以空白顯示。無法確認之譜線，則以英文字母 U(Unidentified)表示，如 U202213。

