

# 第一章 緒論

## 1-1 熱分子雲核

銀河系內恆星之間存在非常稀薄的氣體，主要由中性氫所組成，稱為星際介質。其中不少區域的氣體，呈現較高的密度，其中氫幾乎都以分子型態存在。從 1960 年代開始，天文學家對這種密度很高、由氣體和塵埃複合而成的星雲介質相當感興趣，故稱之為分子雲(Spitzer et al. 1951; Gaustad 1963; Kleinmann et al. 1967)。而分子雲的分子密度約在  $10^2$  到  $10^6 \text{ cm}^{-3}$ ，有些甚至更高(Genzel & Stutzki 1989)。分子雲的質量，可達太陽的百萬倍，並且橫跨數個至十幾個秒差距的星際空間(Sanders, Scoville & Solomon 1985)。在分子雲中因重力塌縮，造成有些區域氣體相當集中且溫度很高，這些緻密高溫氣體區域，稱之為熱分子雲核(hot molecular cores)。在熱分子雲核中，可見到初生恆星的形成。最近以高角解析度的毫米波與次毫米波的觀測顯示，一般熱分子雲核的直徑大約在十分之幾個秒差距以內，包含約數個到數千個的太陽質量，而溫度至少在 100 K 以上，氫分子數密度約在  $10^5$  到  $10^8 \text{ cm}^{-3}$ (Churchwell, Walmsley & Wood 1992; Olmi, Cesaroni & Walmsley 1993; Ikeda et al. 2001)。此外，在熱分子雲核區觀察到許多不同的複雜大分子，例如甲酸甲酯( $\text{HCOOCH}_3$ )、二甲基醚( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ )及乙醇( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )等(Sutton et al. 1985; Nummelin et al. 1998)，甚至是最簡單的胺基酸—甘胺酸( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ; Kuan et al. 2003)。

瞭解恆星形成過程在天文研究上是很重要的研究課題之一，尤其分子譜線的觀測可以提供我們有關恆星形成的訊息。恆星誕生分子雲核裡，分子雲核的旋轉和塌縮等動力訊息可經由觀測區內諸多都卜勒位移(Doppler-shifted)光譜線而得。由於在緻密的熱分子雲核中剛形成的年輕恆星將它們周圍附近的塵粒加熱，使得附著其上冰膜之分子蒸發至星際空

間，並且發出可觀測之分子譜線(Rodgers & Charnley 2001)。而來自這些熱核區的氣相分子譜線經常可以提供一些重要的物理參數，比如溫度、密度以及化學反應途徑。因此譜線普查(spectral line survey)可成為分析分子雲核之動力學及研究其化學演變的有利工具。

分子雲熱核內的大分子之可以生存下來而不被原生恆星發出的紫外線所光解，相信是因為雲核中濃密塵粒之屏蔽作用(Churchwell et al. 1992)。不單如此，有理論更認為星際塵埃是促成分子結合的媒介，因為黏附在塵埃上的簡單分子，更容易與其他分子結合成較複雜之分子。過去諸多普查，發現了許多複雜的大分子(Sutton et al. 1985 ; 1991 ; Turner 1989 ; Nummelin et al. 1998)。為了解釋星際分子之多樣性與複雜性，遂有『氣相 - 塵粒化學反應』學說誕生(Charnley 1994)。星際空間中不僅以氫為主要氣體，含有相對微量的塵埃。而灰塵通常很冷(大約 10 K 左右)，而分子雲核中的小分子例如 H<sub>2</sub>O、CO 及 NH<sub>3</sub> 等等，當它們與塵粒表面接觸時易被黏附，並且在塵粒表面上累積成為冰幔(icy mantle)。這許多簡單的分子在冰幔上有機會相互反應形成較複雜的有機分子，其反應速率相對於單純在星際空間的碰撞還來地大許多。最近氣相 - 塵粒化學提出，在分子雲的塌縮階段可能因受熱於原生恆星或受恆星風影響，將附著在外幔的有機分子蒸發成為氣相型態，造成這些有機分子的氣態豐度增加。這意味著從觀測上所得到的分子豐度可以有機會來決定冰幔的組成成分，進而推測出在熱核區分子在冰幔或塵埃的形成機制(Charnley, Rodgers & Ehrenfreund, 2001 ; Rodgers & Charnley 2001)。

研究分子譜線可以提供有關熱分子雲核的狀態與特性。最近二十年，有不少利用在毫米波波段觀測氣相分子躍遷，來對高質量恆星形成區的熱

分子雲核所作的研究，其中天文化學上的研究又以 Sgr B2(N)、Orion KL 和 W51 e1/e2 最俱代表。過去二十年來，在波長 1.3 毫米(相當於頻率 200 ~ 270 GHz)的分子譜線普查為數不少，如在 200 ~ 205 GHz (Orion KL ; Jewell et al. 1989)、215 ~ 263 GHz (Orion KL ; Sutton et al. 1985; Blake et al. 1986, 1996) 以及 218 ~ 263 GHz (Sgr B2(N) ; Nummelin et al. 1998, 2000)等，也確認了相當多的譜線，並推得到諸多不同分子的化學豐度。

### 1-1-1 Sgr B2(N)

Sagittarius B2(N)座標位置為  $(B1950.0) = 17^{\text{h}}44^{\text{m}}10^{\text{s}}.20$  ,  $(B1950.0) = -28^{\circ}21'15''.0$  。Sgr B2(N)是巨大分子雲 Sgr B2 北邊的一個熱分子雲核。Sgr B2 是一個距離太陽 8.5 kpc，離銀河中心約 200 pc 的高質量恆星形成區，該區直徑大小約 45 pc，總質量約為 $(5\sim 10)\times 10^6$  太陽質量( $M_{\odot}$ ) (Lis et al. 1989)。這裡包含十幾個超緻密游離氫區(H II regions)，主要有 Sgr B2(S)、Sgr B2(M)、Sgr B2(NW)與 Sgr B2(N)。熱分子雲核 Sgr B2(N) 的質量約為  $10^4 M_{\odot}$ ，氫分子密度高達  $10^7 \text{ cm}^{-3}$  (Lis et al. 1991)。Nummelin et al. (1998) 首度在 1.3 毫米波段(218 GHz 到 263 GHz)進行譜線普查，並測得 40 種各式分子所發出之 1730 條譜線。

### 1-1-2 W51 e1/e2

無線電波源 W51 是由 Westerhout (1958)以波長 22 公分對銀河盤面做普查時發現的。W51 是距離太陽  $7.0\pm 1.5\text{kpc}$  的 H II 區域及巨大分子雲，它是銀河系最活躍的高質量恆星形成區之一 (Genzel et al. 1981)。而 W51 e1 與 e2 是位於 W51 東側的分子雲核，座標位置為  $(B1950.0) = 19^{\text{h}}21^{\text{m}}26^{\text{s}}.30$  ,  $(B1950.0) = +14^{\circ}24'39''.0$ ，其質量分別約為 150 和 110

M (Zhang et al. 1997)。

### 1-1-3 Orion KL

熱分子雲核 Orion KL 是以 22  $\mu\text{m}$  的紅外線觀測獵戶座大星雲(NGC 1976)時發現的(Kleinmann et al. 1967)。它距離太陽僅有 450 pc，是距離最近的熱分子雲核。Orion KL 的座標為 (B1950.0) =  $5^{\text{h}}32^{\text{m}}47^{\text{s}}.00$ ，(B1950.0) =  $-5^{\circ}24'30''.0$ ，質量約為  $10^2 M_{\odot}$ ，氫分子密度為  $3 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ (Genzel et al. 1989)。當中有剛形成的 OB 型星，此熱分子雲核是研究高質量恆星形成區的最佳目標，並與天文化學研究密切相關。在過去 1.3 毫米波段的普查中，在頻率範圍 200.7 GHz 到 205.3 GHz 中偵測到來自 11 種分子共 42 條的譜線(Jewell et al. 1989)；而在 215 GHz 至 247 GHz 範圍中，偵測到 25 種分子共 544 條譜線(Sutton et al. 1985)；以及在 247GHz 到 263GHz 範圍內，23 種分子和 243 條譜線(Blake et al. 1986)。

## 1-2 光譜掃瞄

在星際空間，氣相的分子會因為電子躍遷、鍵結振動以及空間轉動放出電磁波。就轉動來說，分子轉動躍遷是分子在轉動能階間躍遷產生的輻射，其所放出的電磁輻射一般都落在毫米波或次毫米波波段。分子會發出各式特定頻率的輻射，在不同的激發溫度這些電磁輻射會呈現不同的強度。愈複雜的分子容許的躍遷能階愈多，其分割函數(partition functions)一般而言也愈大，相對導致更微弱的訊號強度。我們這次在毫米波波段的的光譜普查，將以實驗室量得之分子譜線頻率，來比對鑑定觀測到的分子譜線種類。所謂光譜掃瞄 (band scans)，就是掃瞄觀測某一特定頻率範圍內之所有光譜訊號並辨識指認其分子來源。譜線普查的用意有二，第一是創造

星際分子譜線資料庫，便於日後研究比對及參考；第二是提供相對完備的星際分子譜線資料，進一步全方位及全面徹底的研究資料。例如，對利用熱分子雲核的光譜普查，可以精確提供核心區的化學成分組成，並瞭解恆星形成區的物理與化學機制。

在光譜掃描(或光譜線普查)中，若同時觀測不同的目標源，因使用相同之望遠鏡與儀器，系統操作性能及執行回應相似，故可以交叉比對來自不同目標源的頻帶光譜，大幅降低光譜線指認失誤的可能性，故在譜線鑑別上極為有效。前人所做之分子普查因噪訊較高(rms ~ 100 mK)，導致眾多由星際複雜大分子所致之微弱譜線難以辨識。為了可以辨識這些主要由大分子發出的微弱訊號，我們增長觀測積分時間，以提高觀測靈敏度(rms~10 mK)與增加訊噪比。如此許多過去沒被偵測到的微弱分子譜線，都可以一一觀測到，甚至有機會發現新的星際有機大分子。過去陸續發現 130 種以上分子存在於星際空間中，其中有很多是有機分子(附錄一)。一般認為生命有可能是由星際有機分子開始的，因此我們的研究對尋找前生物期分子與地外生命可能亦有助益。

