在 Cepheus E 中的新的观测和研究*

俞志尧

(中国科学院上海天文台, 上海 200030)

Tomoo Nagahama, Yasuo Fukui

(Department of Astrophysics, Nagoya University, Japan)

关键词 巨分子云 Cepheus E 新的观测和研究

1 引言

当利用星际分子射电谱线进行成图时常常可以发现,在银河系中巨分子云复合体表现出成块性质. 这样典型的巨分子云复合体是由一些各种尺寸和质量的个别的巨分子云组成的集合体,它的总质量可达到 $10^4 M_{\odot}$. 这样的巨分子云复合体的平均粒子数密度是很低的, $\approx 50 \text{ cm}^{-3}$, 这暗示着气体小的体积填充因子. 巨分子云复合体的结构在本质上可能是分层次的, 高密度区域只占居低密度区域的一个小的范围. 结构的特征和气体分布的性质,是在控制巨分子云复合体的形成和演化的过程方面起着决定性作用^[1]. Cepheus OB 3 巨分子云复合体就是一个银河系中典型的巨分子云复合体.

Sargent 利用 CO 分子谱线对 Cepheus OB 3 巨分子云复合体进行了观测,并且成了图,研究了 Cepheus OB 3 巨分子云复合体中气体分子的结构和分布^[2]. Carr 则利用 ^{13}CO ($J=1\sim 0$) 分子谱线对 Cepheus OB 3 巨分子云复合体中 Cepheus D 等部分区域进行了观测,也成了图,并研究了观测区域的块的物理性质^[1].

Cepheus E 是组成 Cepheus OB 3 巨分子云复合体的一个巨分子云. 我们利用日本名古屋大学天体物理系新的 4 米毫米波射电望远镜,对 Cepheus E 的 C^{18}O ($J=1\sim 0$) 分子谱线(静止频率为 109.782182 GHz)首次进行了观测,得到了 Cepheus E 的核区的 C^{18}O ($J=1\sim 0$) 的谱线频谱图和强度分布图及核的各种物理参数. 把这些物理参数与 Carr^[1] 所得到的一些物理参数的相关性作比较,我们得到一些有意义的结果.

2 观测和结果

观测是从 1993 年 12 月 20 日至 1993 年 12 月 26 日进行的. 望远镜的半功率宽度为 $2'7$ (在 110 GHz). 波速效率为 0.7 (在 110 GHz). 接收机的前端为 4 K 致冷 N_2SIS 混频器. 接收机的后端为声光频谱仪. 声光频谱仪的速度分辨率为 0.1 km/s, 速度的覆盖为 100 km/s, 共有 1024 个通道^[3]. 每隔 2 h, 测量一次大气光学厚度和观测一次校准源 S140, 在 $24' \times 24'$ 范围内对 Cepheus E 的 C^{18}O ($J=1\sim 0$) 分子谱线观测了 93 个点,并且成了图. 被观测的中心位置的参数如表 1 所示.

1995-05-30 收稿, 1995-11-04 收修改稿

* 国家自然科学基金、中国科学院天文口和射电天文联合实验室资助项目

表1 被观测的中心位置的参数

α (1950)	δ (1950)	l	b	T_R^*/K	$\Delta V/km \cdot s^{-1}$	$V_{LSR}/km \cdot s^{-1}$
$23^h 1^m 2^s.9$	$61^\circ 31'31''.7$	$110^\circ.50$	$1^\circ.57$	0.85	1.60	-10.20

在图1中我们给出了 Cepheus E 的 $C^{18}O$ ($J=1\sim0$) 的被观测的中心位置的谱线频谱图. 可以看出其零强度谱线宽度约为 $5 km/s^{-1}$, 这种发射谱线可能反映了在分子云核中原恒星形成过程中起重要作用的分子外流. 一般来说, 对于年轻的具有几个太阳质量的太阳型恒星来说, 最典型的分子外流的速度小于或等于 $10 km/s^{[1]}$.

图2给出 Cepheus E 的 $C^{18}O$ ($J=1\sim0$) 的强度分布图, 这是一个完全的图. 起先我们每 $4'$ 观测一点, 后来每 $2'$ 观测一点. 从图2中可看到, $C^{18}O$ ($J=1\sim0$) 分子在 Cepheus E 的核区中的分布是较致密的, 大约分布在 $4.5 pc \times 3.3 pc$ 的范围内. 从形态上看, $C^{18}O$ ($J=1\sim0$) 分子核区的强度分布轮廓比较对称, 但向西北和向东方向延伸. 我们推测向西北方向和向东方向延伸可能为分子外流, 那么为什么分子外流会呈现不准直分布是值得进一步研究的. 一种可能的解释是由于 Cepheus E 西边介质的密度较大, 向西方向的分子外流遇到较密介质的阻止, 改向较稀介质的西北方向流动. 这当然是一种推测. 进一步的工作将研究这种不准直的拉长结构.

表2中列出了根据图1和图2的观测结果, 通过计算和处理后得到的 Cepheus E 的 $C^{18}O$ ($J=1\sim0$) 的核的物理参数. 这些物理参数是用下面的方法来进行计算的.

表2 Cepheus E 的 $C^{18}O$ ($J=1\sim0$) 的核的物理参数

Size/pc	T_{ex}/K	$\tau(C^{18}O)$	$N(C^{18}O)/10^{14}cm^2$	$N(H_2)/10^{21}cm^2$	$n(H_2)/10^3cm^3$	$M(LTE)(M_\odot)$
1.5	10	0.059	5.6	3.3	0.7	84

(1) CO 的3个同位素分子谱线的峰值温度 T_R^* 和谱线的半功率宽度 ΔV , 是由对个别谱线的 Gaussian 拟合得到的.

(2) 激发温度 T_{ex} 被假设对于 CO 的3个同位素分子都是一样的, 它是由 ^{12}CO ($J=1\sim0$) 分子发射谱线的峰值温度 $T_R^*(^{12}CO)$, 根据以下式子计算的:

$$T_{ex} = 5.53 / \ln [1 + 5.53 / \{T_R^*(^{12}CO) + 0.819\}].$$

(3) $C^{18}O$ ($J=1\sim0$) 的光学厚度和柱密度是在假设云中为局部热动平衡 (LTE) 情况下由下式来计算的:

$$\tau(C^{18}O) = -\ln [1 - T_R^*(C^{18}O) / \{5.27 [J(T_{ex}) - 0.166]\}],$$

$$N(C^{18}O) = 2.42 \times 10^4 \tau(C^{18}O) \Delta V(C^{18}O) T_{ex} / \{1 - \exp(-5.27/T_{ex})\},$$

图1 Cepheus E 的 $C^{18}O$ ($J=1\sim0$) 的被观测的中心位置的谱线频谱图

图2 Cepheus E 的 $C^{18}O$ ($J=1\sim 0$) 的强度分布图

其中 $J(T_{ex}) = 1 / \{ \exp(5.27/T_{ex}) - 1 \}$.

(4) H_2 柱密度 $N(H_2)$ 是由 $C^{18}O$ ($J=1\sim 0$) 的柱密度来估计的, 这里假设 $C^{18}O$ ($J=1\sim 0$) 与 H_2 的柱密度之比为 1.7×10^{-7} , 这个比值是由 Frerking 等从 ρ Oph 和 Taurus 云的内部得到的^[4], 我们把它用到 Cepheus E 上来.

(5) Cepheus E 的 $C^{18}O$ ($J=1\sim 0$) 核的尺度的计算是根据其强度分布图上半最大强度轮廓线计算的.

(6) H_2 的平均数密度 $n(H_2)$ 是由 H_2 柱密度乘上核的面几何尺度, 再除以体积而得到的. 核的 LTE 质量 $M(LTE)$ 是假设核为球对称情况下计算得到的.

Carr 在文献[1]中利用从 ^{13}CO ($J=1\sim 0$) 的观测所得到的结果, 检验了块的物理参数之间的相关性, 他得到块的质量 $M(M_\odot)$ 和块的半径 R 之间存在着如下关系:

$$M(M_\odot) = 46 R(\text{pc})^{2.51}. \quad (1)$$

与其相对应的等价的平均数密度与半径 R 的关系如下:

$$n(\text{cm}^{-3}) = 220 R(\text{pc})^{0.49}. \quad (2)$$

这个结果意味着比较小的块有着大的平均粒子数密度.

在块里气体速度弥散 ΔV 与 R 的关系可用下述式子表示:

$$\Delta V(\text{km} \cdot \text{s}^{-1}) = 1.8 R(\text{pc})^{0.24}. \quad (3)$$

利用我们观测 $\text{C}^{18}\text{O}(J=1\sim 0)$ 分子谱线所得到的物理参数与 Carr 所得到的关系式 (1)~(3) 分别进行比较, 比较的结果列于表 3 中.

表 3 我们的结果与 Carr 关系式 (1)~(3) 式分别计算结果的比较 (取 $R=0.75 \text{ pc}$)

	$M(\text{LTE})(M_{\odot})$	n/cm^{-3}	$\Delta V/\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$
Carr 关系式计算结果	18.7	185	1.65
我们计算结果	84	700	1.60

从表 3 中可见到, 由我们观测直接得到的在 Cepheus E 中 $\text{C}^{18}\text{O}(J=1\sim 0)$ 分子谱线的速度弥散值 ΔV , 与由 Carr 从 Cepheus OB 3 巨分子云复合体的 Cepheus D 等区域的 $^{13}\text{CO}(J=1\sim 0)$ 分子谱线观测所得到的关系式所推出的速度弥散值是比较接近的, 这个结论是比较自然的. 因为根据我们对 Cepheus OB 3 巨分子云复合体的 $\text{C}^{18}\text{O}(J=1\sim 0)$ 分子谱线的观测, 发现 Cepheus E 和 D 的 $\text{C}^{18}\text{O}(J=1\sim 0)$ 分子的辐射谱的峰值处的 LSR 速度是比较接近的, 同时速度的弥散也比较接近的.

从表 3 中又可见到, 由 Carr^[1] 从 Cepheus OB 3 巨分子云复合体中的 Cepheus D 的 $^{13}\text{CO}(J=1\sim 0)$ 分子谱线观测所得到的关系式, 推出的 Cepheus E 中 $\text{C}^{18}\text{O}(J=1\sim 0)$ 的核的质量要比我们直接观测得到这个核的 $\text{C}^{18}\text{O}(J=1\sim 0)$ 的质量要小. 这暗示着, 在 Cepheus E 中 $\text{C}^{18}\text{O}(J=1\sim 0)$ 分子的密度要比 $^{13}\text{CO}(J=1\sim 0)$ 分子的密度要高.

参 考 文 献

- 1 Carr J S. A Study of clumping in the Cepheus OB 3 molecular cloud. *Ap J*, 1987, 323: 170
- 2 Sargent A I. Molecular clouds and star formation I. Observations of the Cepheus OB 3 molecular cloud. *Ap J*, 1977, 218: 736
- 3 Kawabata K, Ogawa H, Fukui Y *et al.* The 4 m millimeter wave telescope at Nagoya. *A Ap*, 1985, 151: 1
- 4 Frerking M A, Langer W D, Wilson R W. The relationship between carbon monoxide abundance and visual extinction in interstellar clouds. *Ap J*, 1982, 262: 590