论文

大质量恒星形成区 IRAS 19213+1723 的毫米/亚毫米波的观测和研究

宁长春^{①②*}, 徐金龙^{②③}, 王俊杰^{②③}, 索郎桑姆^{①②}^① 西藏大学理学院物理系, 拉萨 850000;^② 中国科学院国家天文台 - 西藏大学联合天体物理中心, 拉萨 850000;^③ 中国科学院国家天文台, 北京 100012

* 联系人, E-mail: ningchangchun@gmail.com

收稿日期: 2012-11-16; 接受日期: 2013-03-07

摘要 用 KOSMA 3 米毫米/亚毫米波望远镜, 对大质量恒星形成区 IRAS19213+1723 进行了 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 的成图观测. $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 的谱线轮廓均具有不对称的结构, 且具有较大的线翼展宽. $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 积分强度图, 进一步证实了 IRAS19213+1723 存在双极分子外向流, CO 不同跃迁所示踪的此外向流形态相似. 利用局部热动平衡 (LTE) 的方法, 得到该外向流的总质量为 $15.0 M_{\odot}$ 、平均动力学时标为 $5.0 \times 10^5 \text{ yr}$ 、总质量流失率为 $3.0 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$. 最后计算出了 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 与 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 积分强度比和展示了积分强度比的分布, 推断出该大质量恒星形成区中外向流存在高积分强度比可能是由外向流与其周围的星际介质互相作用的结果.

关键词 星际介质动力学, 喷流和外向流, 恒星形成**PACS:** 04.70.Dy, 04.62.+v, 04.70.-s, 97.60.Lf**doi:** 10.1360/132012-935

小质量恒星的形成, 一般均是通过分子云的坍缩、吸积、外向流的过程而形成^[1]. 对于大质量恒星, 由于其形成时标短、距离远, 以及成团的形成环境, 所以对其形成过程仍不是很清楚. 在年轻的大质量恒星形成区, 普遍存在双极分子外向流^[2,3]. 而与小质量恒星的分子外向流相比, 大质量恒星形成区分子外向流的质量和能量都更大. 近来, 大样本观测表明大质量的分子外向流都与致密 HII 区成协^[2,4], 以及与水脉泽成协^[5]. 这些水脉泽有可能是由分子外向

流激发而产生. 至于这些外向流的驱动源和外向流本身的物理特性, 则需要进一步的观测和分析.

IRAS19213+1723 是一个大质量恒星形成区. 其距离为 4.12 kpc, 相应的红外光度为 $2.82 \times 10^4 L_{\odot}$ ^[6]. Wu 等人^[7] 认为该大质量恒星形成区存在 CO 分子外向流, 外向流的长度为 1.1 pc, 准直因子为 1.44. Zhang 等人^[8] 使用 NRAO12 米射电望远镜对 IRAS19213+1723 进行了 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 的成图观测, 该望远镜的分辨率为 $29''$, 展示出该外向流的红移瓣和蓝

引用格式: 宁长春, 徐金龙, 王俊杰, 等. 大质量恒星形成区 IRAS 19213+1723 的毫米/亚毫米波的观测和研究. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2013, 43: 1004–1010

Ning C C, Xu J L, Wang J J, et al. The submillimeter/millimeter observations and studies of the high-mass star forming region IRAS 19213+1723 (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2013, 43: 1004–1010, doi: 10.1360/132012-935

移瓣在视向上是重叠的. 然而在该区域, Varricatt 等人 [6] 没有探测到 $2.12 \mu\text{m}$ H_2 分子外向流, 而 Harju 等人 [9] 使用单天线也没有探测到该区域的 SiO 分子辐射. 通过 $\text{CS}(2-1)$ 和 NH_3 分子对 IRAS19213+1723 的观测, 得到这个源的速度为 $\sim 42 \text{ km s}^{-1}$ [10,11]. 在脉泽的搜寻中, Szymczak 等人 [12] 没有在该区域探测到 6.7 GHz 甲醇脉泽辐射, 而 Palla 等人 [13] 却探测到很强的 H_2O 脉泽辐射. 他们得到 H_2O 脉泽的线心速度为 27 km s^{-1} , 以及推断出该脉泽可能是由外向流与周围星际介质相互作用而触发形成.

在文章中, 我们对 IRAS19213+1723 这个源进行了 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 谱线的成图观测. 虽然 Zhang 等人 [8] 也对这个源进行了 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 分子的成图观测, 但是该成图没有完全覆盖该外向流的尺度, 所以他们在该波段没有给出完整清晰的外向流形态. 同时, 我们在这个源第一次进行了 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 的成图观测. CO 分子高转动能级的跃迁谱线相对于热分子气体比较敏感, 这种热气体很可能在物理上与大质量的年轻恒星体成协.

1 观测和数据处理

对 IRAS19213+1723 的 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 谱线观测, 是用德国科隆大学 KOSMA 毫米/亚毫米波望远镜于 2009 年 11 月进行, 对应的谱线频率分别为 230.538 GHz 和 345.789 GHz . 当望远镜的频率为 230 GHz 和 345 GHz 时, 对应的半功率束宽为 $130''$ 和 $80''$, 指向和跟踪精度好于 $10''$. 前端 SIS 接收机采用双边带模式. 当时所用声光频谱仪 1501 和 1601 个通道, 总带宽分别为 248 MHz 和 544 MHz , 相应的等效速度分辨率为 0.21 km s^{-1} 和 0.29 km s^{-1} . 在频率为 230 GHz 和 345 GHz 时, 望远镜主瓣效率 B_{eff} 分别为 68% 和 72% , 前瓣效率 F_{eff} 为 93% . 成图区域为 $5' \times 5'$, 成图的积分步长 $1'$, 每点有效积分时间 8 min . 观测时的系统噪声温度 200 K . 典型的 rms 噪声水平分别为 0.15 K 和 0.20 K . 数据运用标准单天线谱线处理软件包 CLASS (Continuum and Line Analysis Single-Disk Software) 和数据绘图软件 GreG (Grenoble Graphic) 处理. 经过天线效率改正的天线温度 $T_{\text{mb}} = F_{\text{eff}}/B_{\text{eff}} \times T_A^*$.

2 结果和分析

2.1 云核和外向流形态

图 1 展示了 IRAS19213+1723 的 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 积分强度图. 从图 1 中可以看出, $^{12}\text{CO}(2-1)$ 云核的形态与 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 相似, 并且都在东南方向有一个延展的结构. 但是, $^{12}\text{CO}(2-1)$ 云核与 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 云核的峰值并不重合. 在云核半极大区域内, 我们分别抽取了 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 的谱线, 然后对这些谱线做平均. 图 2 展示了 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 的平均谱线轮廓. 从图 2 中, 我们可以看出谱线轮廓

图 1 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 的积分强度图. 灰度展示了 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 的积分强度. 所采用的速度范围是从 40.7 km s^{-1} 到 42.9 km s^{-1} . 等值线从外围的 6.2 K km s^{-1} 开始, 向内以 1.6 K km s^{-1} 的间隔增加. 虚线展示了 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 的积分强度, 采用与 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 相同的速度范围. 等值线从外围的 4.8 K km s^{-1} 开始, 向内以 1.2 K km s^{-1} 的间隔增加. 横虚线代表了所做速度 - 位置图的方向线. 图中黑三角表示 IRAS 源、 H_2O 脉泽和 HII 区的位置

Figure 1 The integrated intensity maps of $^{12}\text{CO}(2-1)$ and $^{12}\text{CO}(3-2)$. The gray scale shows the integrated intensity of $^{12}\text{CO}(2-1)$. The integrated velocity range is from 40.7 to 42.9 km s^{-1} . The contours begin at 6.2 K km s^{-1} and increase in step of 1.6 K km s^{-1} . The dashed lines display the integrated intensity of $^{12}\text{CO}(3-2)$. The integrated velocity range of $^{12}\text{CO}(3-2)$ is the same that of $^{12}\text{CO}(2-1)$. The contours begin at 4.8 K km s^{-1} and increase in step of 1.2 K km s^{-1} . The horizontal dashed line marks the direction of the constructed velocity-position diagram, while the black triangle represents the position of the IRAS source, H_2O maser, and HII region.

图 2 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 在 50% 云核成图观测区内的平均谱线轮廓. 两条竖虚线代表了外向流的开始位置, 而横虚线表示零强度位置

Figure 2 The spectrum of $^{12}\text{CO}(2-1)$ and $^{12}\text{CO}(3-2)$ averaged over the observational region of 50%. The two vertical dashed lines mark the begin of the blueshifted and redshifted lobes, respectively, while the horizontal dashed line represents the position of $T_{\text{mb}}=0$ K.

的蓝翼和红翼是非对称的, 并且呈现出很大的底宽. 这些特征可能是由外向流运动而产生的. 我们分别对这两条谱线进行了高斯拟合, 拟合的结果被列在表 1 中. 在表中, 第 1 列是所用的分子, 第 2 列是被改正后的天线温度 (T_{mb}), 第 3 列和第 4 列分别是谱线的半高宽 (FWHM) 和底宽 (FW), 而第 5 列为该源的线心速度 (V_{LSR}). 高斯拟合得到的 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 的线心速度分别是 42.0 km/s 和 42.1 km/s . 这与前人通过观测 CS(2-1) 和 NH_3 分子得到的系统速度基本一致 [10,11].

通过云核中心位置并且沿着东西方向, 我们做了速度 - 位置图 (如图 3 所示). 在图 3 中, 两条竖线是用来标识外向流蓝移和红移的开始位置, 正如在图 2 中看到的两条竖虚线. 从图 3 中可以看出, 速度场中间有明显的鼓起, 表明相应区域有着较大的速度梯度, 同时也表明该区域存在双极高速气体外向流. 利用速度 - 位置图中红移成分和蓝移成分的速度范围, 我

图 3 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 速度 - 位置图, 经云核中心位置沿东西方向. 等强度线分别是 0.7 K, 1.6 K, 2.5 K, 3.4 K, 5.3 K, 6.2 K. 图中两条竖线分别表示外向流蓝移和红移的开始位置

Figure 3 Velocity-position diagram of $^{12}\text{CO}(2-1)$ through the center of core along the east-west direction. The contours is 0.7 K, 1.6 K, 2.5 K, 3.4 K, 5.3 K, 6.2 K. The two vertical lines shows the begin of the blueshifted and redshifted lobes, respectively.

们做了外向流的积分强度图 (如图 4 所示). 蓝移速度范围是从 38.1 km s^{-1} 到 40.7 km s^{-1} , 而红移速度范围是从 42.9 km s^{-1} 到 46.2 km s^{-1} .

在图 4 中, 黑色三角代表了红外源、HII 区 [14] 以及 H_2O 的位置. 从积分强度图上看 (图 4), 红移成分和蓝移成分呈现出双极结构, 并且 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 示踪的外向流在形态上是相似的. 由于外向流的投影效果, IRAS19213+1723 的红、蓝移成分重叠在一起. 该外向流与一个红外源和一个 HII 区成协, 但是我们所使用望远镜的分辨率无法分辨该外向流的驱动源, 需要更高分辨率的望远镜来判断该外向流的驱动源. 另外, Palla 等人 [13] 在该区域探测到很强的 H_2O 脉泽辐射, 并且该 H_2O 脉泽的位置接近云核的中心. 由于该 H_2O 脉泽的线心速度为 27.0 km s^{-1} , 外向流的蓝移速度范围是从 38.1 km s^{-1} 到 40.7 km s^{-1} , 所以我们推断该 H_2O 脉泽可能不与该外向流成协, 但是需要进一步去证实这个结果.

表 1 IRAS 19213+1723 的基本观测参数

Table 1 The observational parameters of IRAS 19213+1723

Name	T_{mb} (K)	FWHM (km s^{-1})	FW (km s^{-1})	V_{LSR} (km s^{-1})
$^{12}\text{CO}(2-1)$	6.7 ± 0.2	4.0 ± 0.1	11.8	42.0 ± 0.1
$^{12}\text{CO}(3-2)$	5.8 ± 0.4	3.9 ± 0.1	10.0	42.1 ± 0.1

2.2 外向流的物理参数

假设气体是局部热动平衡的, $^{12}\text{CO}(2-1)$ 分子线在线翼处是光学薄的, 源的辐射完全充满波束 (填充因子 $f = 1$), 使用关系 $N_{\text{H}_2} \approx 10^4 N_{^{12}\text{CO}}$ [15], 外向流的柱密度可以用下公式估算 [16]:

图4 (网络版彩图) $^{12}\text{CO}(2-1)$ (a) 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ (b) 外向流的积分强度图. 虚线和实线分别代表了外向流的红移瓣和蓝移瓣的辐射. $^{12}\text{CO}(2-1)$ 示踪的外向流, 蓝移瓣的等值线是从 2.4 K km s^{-1} 开始, 以 0.8 K km s^{-1} 的步长增加, 而红移瓣的等值线是从 2.9 K km s^{-1} 开始, 以 1 K km s^{-1} 的步长增加; $^{12}\text{CO}(3-2)$ 示踪的外向流, 蓝移瓣的等值线是从 1.5 K km s^{-1} 开始, 以 0.5 K km s^{-1} 的间隔增加, 而红移瓣的等值线是从 2.1 K km s^{-1} 开始, 以 0.6 K km s^{-1} 的间隔增加

Figure 4 (Color online) The integrated intensity maps of $^{12}\text{CO}(2-1)$ (a) and $^{12}\text{CO}(3-2)$ (b) outflow. The solid and dotted lines represent the blueshifted and redshifted lobes, respectively. For the outflow traced by $^{12}\text{CO}(2-1)$, the contours of the blueshifted lobe begin at 2.4 K km s^{-1} and increase in steps of 0.8 K km s^{-1} , while the contours of the redshifted lobe begin at 2.9 K km s^{-1} and increase in steps of 1 K km s^{-1} . For the outflow traced by $^{12}\text{CO}(3-2)$, the contours of the blueshifted lobe begin at 1.5 K km s^{-1} and increase in steps of 0.5 K km s^{-1} , while the contours of the redshifted lobe begin at 2.1 K km s^{-1} and increase in steps of 0.6 K km s^{-1} .

$$N_{\text{H}_2} = 1.08 \times 10^{17} \frac{(T_{\text{ex}} + 0.92)}{\exp(-16.62/T_{\text{ex}})} \int T_{\text{mb}} dv.$$

在公式中, T_{ex} 为激发温度, T_{mb} 为改正的天线温度. T_{ex} 可以表达为 $T_{\text{ex}} = 11.1 / \ln[1 + 1/(T_{\text{mb}}/11.1 + 0.02)]$.

进而外向流的质量为 $M_{\text{out}} = mN_{\text{H}_2}S/(2.0 \times 10^{33}) M_{\odot}$, 在公式中 m 为 1.36 倍 H_2 的质量, S 为外向流瓣的面积, 而此面积可以对各瓣进行反卷积得到. 动力学时标为 $t_d = r/v$, v 为相对于系统速度最大外流速度, r 为各个瓣从外向流开始到结束的长度, 由于空间位置偏转角的影响, 这里仅仅得到的是低限值. 外向流的流失率可以估算为 $\dot{M}_{\text{out}} = M_{\text{out}}/(t_d)$, 这里星风末速度取为 $v_w = 500 \text{ km s}^{-1}$ [17]. 另外, 用所求的质量可以估计外向流的动量 $P = MV$ 和动能 $E = MV^2$, 这里的速度为线翼相对于线心速度的平均值. 把得到的物理参数和计算结果列于表 2 中. 从表 2 中, 我们可以得到该外向流的总质量为 $15.0 M_{\odot}$ 、平均动力学时标为 $5.0 \times 10^5 \text{ yr}$ 、总质量流失率为 $3.0 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$.

2.3 积分强度比 ($I_{\text{CO}3-2}/I_{\text{CO}2-1}$)

不同的 CO 分子转动跃迁线可以示踪不同的分子环境. 例如 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 与 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 的积分强度比 ($I_{\text{CO}3-2}/I_{\text{CO}2-1}$) 可以用来判断不同位置的温度变化以及示踪激波 [18–21]. 外向流与周围的星际介质进行相互作用, 这个过程可以产生激波. 为了得到 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 与 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 积分强度比, 我们将波束为 $80''$ 的 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 数据, 卷积为 $102''$ 的有效波束. 另外, 为了得到 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 与 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 积分强度比, 我们采用相同的积分速度范围, 此蓝移速度范围是从 38.1 km s^{-1} 到 40.7 km s^{-1} , 而红移速度范围是从 42.9 km s^{-1} 到 46.2 km s^{-1} . 图 5 是分子外向流的蓝移瓣和红移瓣的 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 与 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 积分强度比值图. 为了与外向流各瓣的积分强度分布进行比较, 我们也将各瓣的积分强度图叠加到 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 与 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 的积分强度比值图上.

从图 5, 我们可以看出, 分子外向流的蓝移瓣和红移瓣的积分强度比呈现出半壳状形态, 该形状可能是由外向流产生. 蓝移瓣和红移瓣的最大值都为 (1.2 ± 0.1) , 该值近似等于另一个大质量恒星形成区 IRAS20188+3928 中外向流的积分强度比值 [22]. Wilson 等人 [23] 认为与 HII 成协的分子云, 相对于不存在 HII 区的分子云, 积分强度比更高, 这可能是由大质量恒星对其周围气体加热而导致. 另外, Xu 等人 [19–21] 得到与超新星遗迹相作用的分子云中的 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 与 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 积分强度比值要大于银河系

表 2 外向流的物理参数

Table 2 The physical parameters of outflow

Wing	T_{ex} (K)	$N(\text{H}_2)$ (cm^{-2})	M ($M_{\odot}$)	t_d ($\times 10^5 \text{yr}$)	$\dot{M}$ ($M_{\odot} \text{yr}^{-1}$)	P ($M_{\odot} \text{km s}^{-1}$)	E (erg)
Blue	9.9	5.6×10^{19}	7.0	5.1	1.4×10^{-5}	40.8	1.8×10^{44}
Red	10.6	6.4×10^{19}	8.0	5.0	1.6×10^{-5}	28.9	0.8×10^{44}

图 5 (网络版彩图) 外向流蓝翼 (a) 和红翼 (b) 的 CO 不同跃迁的强度比. 图中的等值线展示了由 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 示踪的外向流 (实线代表蓝瓣, 虚线代表红移瓣). 蓝移和红移成分的强度比值都是从 0.5 开始, 以 0.2 的间隔增加

Figure 5 (Color online) The intensity ratio (color scale) of CO different transition lines for blue wing (a) and red wing (b). The $^{12}\text{CO}(3-2)$ emission (contours) shows outflow (solid and dotted lines represent the blueshifted and redshifted lobes, respectively). The intensity ratio of the blueshifted and redshifted lobe both begin at 0.5, increase in step of 0.2.

中单个静止分子云的探测值 (0.6)^[24], 进而他们推断超新星遗迹的激波已经进入了这个分子云中. 在这里, 我们探测到外向流具有较高的积分强度比, 这有可能是由于分子外向流与其周围的星际介质互相作用的结果.

3 结论

对大质量恒星形成区 IRAS19213+1723 进行了 $^{12}\text{CO}(2-1)$ 和 $^{12}\text{CO}(3-2)$ 谱线的成图观测. 使用速度 -

位置图和积分强度图, 进一步证实了 IRAS19213+1723 存在分子双极外向流. 一个红外源和 HII 区都有可能是该分子双向流的驱动源. 通过对比 H_2O 脉泽与外向流的速度, 我们推断出先前探测到的 H_2O 脉泽可能不与该外向流成协. 另外, 我们得到该外向流的总质量为 $15.0 M_{\odot}$ 、平均动力学时标为 $5.0 \times 10^5 \text{yr}$ 、总质量流失率为 $3.0 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$. 分子外向流的蓝移瓣和红移瓣的积分强度比呈现出半壳状分布和探测到外向流具有较高的积分强度比 (1.2), 这些都可能是由外向流的激波产生的.

致谢 感谢 Dr. MARTIN Miller 和 Ms CHEN NiMei 在观测期间给予了多方面的帮助.

参考文献

- 1 Shu F H, Adams F C, Lizano S. Star formation in molecular clouds-observation and theory. Annual Rev Astron Astrophys, 1987, 25: 23–81

- 2 Shepherd D S, Churchwell E. Bipolar molecular outflows in massive star formation regions. *Astronophys J*, 1996, 472: 225–239
- 3 Beuther H, Schilke P, Sridharan T K, et al. Massive molecular outflows. *Astron Astronophys*, 2002, 383: 892–904
- 4 Zhang Q, Hunter T R, Brand J, et al. Search for CO outflows toward a sample of 69 high-mass protostellar candidates: Frequency of occurrence. *Astronophys J*, 2001, 552: L167–L170
- 5 Elitzur M, Hollenbach D J, McKee C F. H₂O masers in star-forming regions. *Astronophys J*, 1989, 346: 983–990
- 6 Varricatt W P, Davis C J, Ramsay S, et al. A near-IR imaging survey of intermediate- and high-mass young stellar outflow candidates. *MNRAS*, 2010, 404: 661–720
- 7 Wu Y, Wei Y, Zhao M, et al. A study of high velocity molecular outflows with an up-to-date sample. *Astron Astronophys*, 2004, 426: 503–515
- 8 Zhang Q, Hunter T R, Brand J, et al. Search for CO outflows toward a sample of 69 high-mass protostellar candidates. II. Outflow properties. *Astronophys J*, 2005, 625: 864–882
- 9 Harju J, Lehtinen K, Booth R S, et al. A survey of SiO emission towards interstellar masers. I. SiO line characteristics. *Astron Astronophys Suppl*, 1998, 132: 211–231
- 10 Bronfman L, Nyman L A, May J. A CS(2-1) survey of IRAS point sources with color characteristics of ultra-compact HII regions. *Astron Astronophys Suppl*, 1996, 115: 81–95
- 11 Molinari S, Band J, Cesaroni R, et al. A search for precursors of ultra compact HII regions in a sample of luminous IRAS sources. I. Association with ammonia cores. *Astron Astronophys*, 1996, 308: 573–587
- 12 Szymczak M, Hrynek G, Kus A J. A survey of the 6.7 GHz methanol maser emission from IRAS sources. I. Data. *Astron Astronophys Suppl*, 2000, 143: 269–301
- 13 Palla F, Brand J, Cesaroni R, et al. Water masers associated with dense molecular clouds and ultracompact H II regions. *Astron Astronophys*, 1991, 246: 249–263
- 14 Wink J E, Altenhoff W J, Mezger P G, et al. Results of a radio survey for new compact H II regions. *Astron Astronophys*, 1982, 108: 227–242
- 15 Dickman R L. The ratio of carbon monoxide to molecular hydrogen in interstellar dark clouds. *Astronophys J*, 1978, 37: 407–427
- 16 Garden P R, Hayashi M, Hasegawa T, et al. A spectroscopic study of the DR 21 outflow source. III. The CO line emission. *Astronophys J*, 1991, 374: 540–554
- 17 Marti J, Rodriguez L F, Reipurth B. Proper motions of the inner condensations in the HH 80-81 thermal radio jet. *Astronophys J*, 1998, 502: 337–341
- 18 Qin S L, Wang J J, Zhao G, et al. Massive molecular outflows associated with UCHII/HII regions. *Astron Astronophys*, 2008, 484: 361–369
- 19 Xu J L, Wang J J, Miller M. Star formation associated with the Supernova Remnant IC443. *Astronophys J*, 2011, 721: 81–87
- 20 Xu J L, Wang J J, Miller M. Submillimeter/millimeter observations of the molecular clouds associated with Tycho's supernova remnant. *Res Astron Astronophys*, 2011, 11: 537–544
- 21 Xu J L, Wang J J. The open cluster NGC 6823 and possible triggered star formation associated with SNR G59.5+0.1. *Astron Astronophys*, 2012, 543: A24–A31
- 22 Xu J L, Wang J J. 12CO $J=2-1$ and 12CO $J=3-2$ observations toward the high-mass protostellar candidate IRAS 20188+3928. *Res Astron Astronophys*, 2013, 13: 39–46
- 23 Wilson C D, Walker C E, Thornley M D. The density and temperature of molecular clouds in M33. *Astronophys J*, 1997, 483: 210–229
- 24 Sanders D B, Scoville N Z, Tilanus R P J, et al. A multi-transition CO and 13CO survey of the Galactic Plane. In: Holt S, Verter F, eds. *Back to the Galaxy*. New York: AIP, 1993. 728: 311–314

The submillimeter/millimeter observations and studies of the high- mass star forming region IRAS 19213+1723

NING ChangChun^{1,2}, XU JinLong^{2,3}, WANG JunJie^{2,3} & SUO LANG Sang Mu^{1,2}

¹ *Physics Department , School of Science, Tibet University, Lhasa 850000, China;*

² *NAOC-TU Joint Center for Astrophysics, Lhasa 850000, China;*

³ *National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China*

We have carried out $^{12}\text{CO}(2-1)$ and $^{12}\text{CO}(3-2)$ observations toward the high- mass star forming region IRAS 19213+1723 with the KOSMA 3 m telescope. $^{12}\text{CO } J=2-1$ and $^{12}\text{CO } J=3-2$ lines both show asymmetric profiles with the broad wings. From the integrated intensity maps of $^{12}\text{CO}(2-1)$ and $^{12}\text{CO}(3-2)$, we further verified that there is outflow in this region. The outflow traced by CO different transitions is similar. Using LTE method, we derive that the mass, dynamic time scale, and mass loss rate of the outflow are $15.0 M_{\odot}$, $5.0 \times 10^5 \text{ yr}$, and $3.0 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$, respectively. Moreover, we calculate the integrated intensity ratio ($I_{\text{CO}3-2}/I_{\text{CO}2-1}$) and show the distribution of the ratios, suggesting that the higher integrated intensity ratio (1.2) in the outflow, which all may be caused by the shock of the outflow.

interstellar medium dynamics, jet and outflow, star formation

PACS: 04.70.Dy, 04.62.+v, 04.70.-s, 97.60.Lf

doi: 10.1360/132012-935