

河外 OH megamaser 星系的观测和研究

俞志尧

(中国科学院上海天文台)

提 要

本文主要评述对河外 OH megamaser 星系的搜索、观测和理论研究的现状。到目前为止已发现了 31 个 OH megamaser 星系。其中 OH megamaser 星系 IC4553 是第一个被发现的,也是唯一进行了 VLA-A、MERLIN 和 VLBI 观测的 OH megamaser 星系。根据目前的理论研究认为:红外辐射抽运引起 OH 脉泽分子的反转,放大来自核区的射电连续辐射的机制即是生成 OH megamaser 的机制。

一、引 言

天体 OH 脉泽是宇宙中最强、最重要的脉泽之一,因而广泛地引起人们的注意。首先探测到河外星系 OH 脉泽辐射的是 Whiteoak and Gardner^[1]及 Nguyen-Q-Rieu et al.^[2]。Whiteoak and Gardner 在观测 NGC 253, 及 Nguyen-Q-Rieu et al. 在观测 M82 时,都发现 OH 脉泽强度要比我们银河系中无论是恒星形成区还是红巨星包层中最强的 OH 脉泽强 100 倍。但是后来 Baan et al.^[3]却发现,与 IC 4553 (即 IRAS 15327 + 2340) 成协的 OH 脉泽的光度是非常大的,近似于我们银河系中最强的 OH 脉泽光度的 1×10^6 倍。人们把那种比银河系中最强的 OH 脉泽强 100 倍的河外星系 OH 脉泽称为 OH supermaser, 而把那种光度为银河系中最强的 OH 脉泽光度的 1×10^6 倍以上的河外星系 OH 脉泽称为 OH megamaser^[5,30]。这种反常的 OH megamaser 立刻引起了人们的广泛的兴趣,因为这种反常的 OH megamaser 可能蕴育着天文学上的新发现。于是在世界上相继有一些小组对河外 OH megamaser 星系进行了搜索,其中有美国 Arecibo 天文和电离层中心的 W.A. Baan 小组,法国 Meudon 天文台的 L. Bottinellire 小组,澳大利亚 CSIRO 的 R. P. Norris 小组,美国 NRAO 的 P.J. Diamond 小组,英国 Manchester 大学的 J. M. Champman 小组和 L. Staveley-Smith 小组,美国加利福尼亚技术学院的 I. F. Mirabel 小组,法国 Paris 天文台的 I. Kazes 小组和瑞典 Onsala 空间天文台的 R. S. Booth 小组等。到目前为止人们相继发现了 31 个 OH megamaser 星系(详见第二节中表 1), 并且搜索工作还在继续进行中。

为了更深入了解和掌握 OH megamaser 生成区的空间分布和速度结构,除了把注意力进一步集中在搜索工作外,人们还把注意力集中在对已知的单天线观测相对比较多的 OH megamaser 星系进行 VLA-A、MERLIN 和 VLBI 观测,例如对星系 IC 4553, Baan^[4]对 IC 4553 OH megamaser 作了 VLA-A 观测, Norris et al.^[6]对其作了 MERLIN 观测, Diamond et al.^[6]对其作了 VLBI 观测。

1991年6月12日收到。

与观测同时, 理论研究工作也在深入展开。

本文主要评述对 OH megamaser 星系的搜索观测和理论研究的现状。

二、OH megamaser 星系的搜索

OH megamaser 星系的搜索是一项非常仔细和复杂的工作。自从 Baan et al.^[3]首次发现了 IC 4553 OH megamaser 星系以来, OH megamaser 星系的搜索工作相继展开, 迄今为止已发现了 31 个 OH megamaser 星系。

表 1 给出已经发现的 31 个 OH megamaser 星系^[43,30]。

OH megamaser 星系的搜索首先要根据已发现的 OH megamaser 星系的红外特征, 从 IRAS 点源表里仔细而谨慎地选择搜索样本。从表 1 中可以看出已知 OH megamaser 星系有一些共同特征。那些 60 μm 和 100 μm 的辐射都能被探测到的 OH megamaser 星系, 它们的 100 μm /60 μm 的流量密度比常在 0.7—1.5 范围内。如果要考虑探测 12、25 μm 的辐射, 则它的 25 μm /12 μm 的流量密度比必须超过 4, 而 60 μm /25 μm 的流量密度比必须超过 2, 并且要考虑 60 μm 的流量密度必须超过 10Jy, 这是因为 OH megamaser 是放大射电连续背景。这种射电连续背景总流量密度在正常星系和活动星系中都正比于远红外流量密度^[22-28], 而充分强的红外辐射场对于抽运脉泽来说也许是需要。Baan^[29]提出 OH megamaser 光度与红外光度的平方大约成正比。这点已经在对已知的 OH megamaser 星系的观测中得到证明^[42]。

另外, 表示星际分子气体的一个重要观测参数是 OH 脉泽主线强度比 R_H , 在局部热动平衡中对光学薄发射来讲, 这个比值通常为 1.8。而在 OH megamaser 发射中 R_H 通常大于 1.8^[42], 一般为 4 左右, 有的 OH megamaser 星系的这个值比 20 还大(例如在 IRAS 10039-3338 中)^[49]。这个结果暗示了在拱星分子盘中发生了值得注意的运动, 也许是气体的大尺度和大的无规则的超声速的运动, 并且在被观测到的谱线中伴有大的速度梯度。这样大的速度梯度只有在相互作用星系或正在合并的星系中才出现。

表 1 已发现的 OH megamaser 星系

IRAS 名称	其他名称	速度 ($\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$)	\log (L_{OH}/L_{\odot})	\log (L_{IR}/L_{\odot})	R_H	S_{OH} (mJy)	$S_{100\mu\text{m}}$ (Jy)	$S_{60\mu\text{m}}$ (Jy)
00057+4021			1.9		1.8			4.53
01418+1651	III Zw 35	8200	2.7	11.6	12.0	230	13.4	13.1
02483+4302		15600	2.5	11.8	3.2			4.39
03260-1422		12900	2.0	11.5	>2.7			3.39
04332+0209		3600	0.5	10.4	>2.5	8		3.61
05100-2425		10000	2.0	11.3	1.6	18		4.13
05414+5840	UGC 3351	4900	0.8	11.3		4		14.03
09320+6134	UGC 5101	11900	1.6	12.0	>2.3	12		11.88
10039-3338			2.6		>20			9.05
10173+0828		14700	2.7	11.7	14.6	100	5.5	5.84
11070+4107	Arp 148	10900	2.0	11.6			10.3	5.97
11257+5850	NGC 3690/Mrk 171	3100	1.3	11.6	4.6	18	109.7	105.4
11506-3851		3100	1.4	11.2	>4	90	43.5	33.9

(续表)

IRAS 名称	其它名称	速度 ($\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$)	\log (L_{OH}/L_{\odot})	\log (L_{IR}/L_{\odot})	R_{H}	S_{OH} (mJy)	$S_{100\mu\text{m}}$ (Jy)	$S_{60\mu\text{m}}$ (Jy)
12018+1941		50400	2.7	12.3		3		1.62
12112+0305		21800	3.3	12.2	>10	50	9.6	8.2
12243-0036	NGC 4418	2200	-0.1	10.9	2.6	7	33.0	43.5
12540+5708	Mrk 231	12700	2.9	12.4	2.3	50	30.1	33.3
13097-1531		6800	1.0	11.5		3		11.21
13254+4754		18400	1.9	11.5		6		1.81
13428+5608	Mrk 273	11300	2.7	12.1	5.1	50	21.6	23.40
15107+0724	Zw 049.057	3900	1.0	11.2	4.3	13	30.6	21.31
15247-0945		12000	2.1	11.5	>6.9			4.59
15250+3609		16400	2.6	11.9	0.8		5.6	7.41
15327+2340	IC 4553/Arp 220	5500	2.7	12.1	5.4	278	116.3	103.68
16399-0937		8000	1.6	11.4	>4	25	12.0	8.05
17208-0014		12800	3.0	12.3	3.7	115	35.0	33.79
20100-4156		38700	4.0	12.5	>20	200		5.34
20550+1656	IIZw 96	10900	2.2	11.8	$\cong 5$	25	11.4	13.13
22025+4205	UGC 11898	4400	0.7	11.0		5		9.55
22491-1808		23200	2.4	12.1		11		5.43
23135+2516	Zw 475.056	8100	0.8	11.5	2.2	2	12.1	9.63

* 表 1 中 R_{H} 为 OH 主线强度比, S_{OH} 为 OH 18cm 流量密度, $S_{100\mu\text{m}}$ 为 $100\mu\text{m}$ 辐射的流量密度, $S_{60\mu\text{m}}$ 为 $60\mu\text{m}$ 辐射的流量密度。

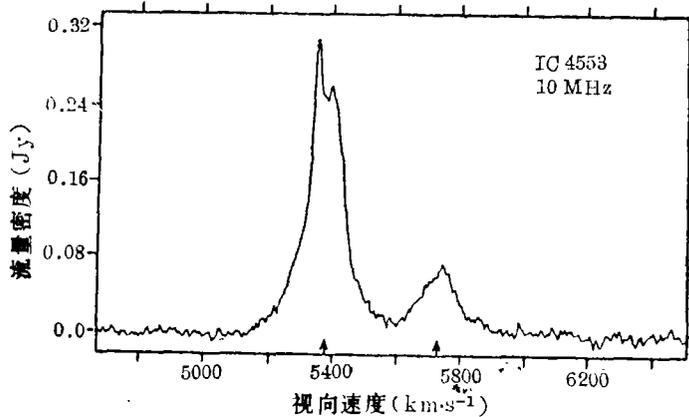


图 1 OH megamaser (1667.352MHz) 星系 IC 4553 的总强度谱

三、OH megamaser 星系 IC4553 的 VLA-A、MERLIN 和 VLBI 观测

OH megamaser 星系 IC 4553 是第一个被发现的 OH megamaser 星系, 图 1 给出它的观测谱线^[3]。OH megamaser 星系 IC 4553 又是唯一进行了 VLA-A、MERLIN 和 VLBI 观测的 OH megamaser 星系。

1. VLA-A 观测

IC 4553 OH megamaser 星系的 VLA-A 观测是由 Baan 和 Haschick 在 1982 年 5 月进行的^[4]。观测分两个阶段进行。第一阶段是在具有带通为 12.5MHz 的宽波段观测 5h, 第二阶段是在具有带通为 3.1MHz 的窄波段观测 5h。宽波段观测又称为低频率分辨率观测, 是为了了解 IC 4553 的 OH 脉泽线的全部结构。显示出来的资料表示有效速度分辨率是 $35\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。观测结果表明, 源的结构表现出东西方向的分布倾向。1667MHz (在 $5400\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 处) 和 1665MHz (在 $5700\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 处) 的 OH 脉泽发射可以在所有观测的赤经范围内被观测到。除了上述两个谱征外, 第三个谱征发生在 $6050\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 处。在 $6050\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 处的高速发射也是在早期观测中观测到的^[31]。

带通为 3.1MHz、中心在主线 1667MHz 处的 IC 4553 的观测又称为高频率分辨率观测。观测的结果表明具有速度漂移。除了速度漂移外, 我们可以观测到谱线轮廓有非常有趣的变化: 在源的西部位置上的谱线轮廓相对狭一些和对称一些, 而源的东部位置上的谱线轮廓相对宽一些和不对称一些。

从光学连续发射可以看出 IC 4553 有两个明显的区域, 因此 Stocke et al.^[35] 也认为 IC 4553 具有双核结构, 并且北边的核在速度为 $5700\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 处, 南边的核在 $5600\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 处。从光学图上可清楚地看出 IC 4553 是由一对强相互作用或者说正在合并的星系组成。IC 4553 具有强的 HI 的吸收, 它的速度覆盖范围为 $743\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ ($5040\text{—}5780\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$)^[36], 从观测资料可以发现发射区域在横穿过核的方向上存在着速度梯度。在星系核部分的发射区域的速度梯度为 $33\text{km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{arcsec}^{-1} = 95\text{km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kpc}^{-1}$ 。这个值对于旋涡星系来说是一个典型的值。在主线发射区域内的 OH 发射线的谱总是表现为一个非常强的中心部分重叠在宽的平坦的翼上。中心部分的谱征的最大半宽为 $105\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。通常这些轮廓的中心速度要漂移。如果发射区域是均匀和刚性旋转的盘, 那末谱线的中心部分为正弦形状。谱线的两翼则很好地适合于 Gaussian 的轮廓函数。从观测资料可以看出 IC 4553 是一个侧向旋涡星系。

现在知道, OH 主线通常与包围 O、B 型星的年轻致密的 H II 区成协。Baan et al.^[31] 提出, 为了放大背景连续源, OH 脉泽必须为非饱和脉泽。IC 4553 核的射电连续流量等价于 5×10^5 超新星遗迹的流量^[37], Baan 和 Haschick^[4] 猜想这个特别的 IC 4553 的核经历了恒星爆发。

2. MERLIN 观测

IC 4553 是一个距离在 72Mpc (设 $H_0 = 75\text{km}\cdot\text{s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$) 的特殊星系, 从光学图上可以看出存在两个分离的核, 红移为 0.02。

IC 4553 的 MERLIN 观测是在 1988 年 1 月至 2 月期间利用四架望远镜 (Mk1a, Wardle, Defford 和 Knockin) 分三次进行的, 三次累计观测时间为 12h^[5]。有两次观测中心频率设在 1637.1MHz (相应于 $5400\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 红移到 1666.4MHz)。一次观测是在 1665MHz 频率上进行的, 主要是研究连续分布。

从 MERLIN 观测中我们可得到速度的总漂移大约为 $100\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这即表示速度梯度为 $50\text{km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{arcsec}^{-1}$, 与 Baan 和 Haschick^[4] 从 VLA-A 中所得到的结果是一致的。从 MERLIN 的观测还可以发现在横穿源的方向上速度漂移是不连续的。

一些谱线观测提供了与旋涡星系相一致的模型: (1) 光学和红外资料提出: 在核的前景存在着尘埃通道, 其方向近似取东西方向。也许它表示了侧向旋涡星系的星系平面, 这个显示的方向对于观测脉泽发射是很重要的; (2) Mirabel^[36]发现与接近星系平面的视线方向相一致的中性氢有着高柱密度, 这个高的中性氢的柱密度与从 MERLIN 观测所得到 OH 的柱密度相一致的; (3) 横穿源方向的速度梯度暗示了旋涡星系的旋转轴与射电源的主轴的垂直方向偏差不大。

因此我们可以得出 IC 4553 是具有大约为南北方向的旋转轴的侧向涡旋星系。

3. VLBI 观测

IC 4553 OH megamaser 星系的 VLBI 观测是由 Diamond et al. 在 1984 年 10 月 25 日所做的^[6]。他们利用欧洲网的三个台站的望远镜观测了 11h, 其中有 Jodrell Bank 的 76m, Effelsberg 的 100m 以及 Westerbork 的 5 个天线。每个台站配有标准的带宽为 2MHz 的 Mk II 终端来采集资料。观测频率为 1636.48MHz(相应于 1667 MHz OH 跃迁的红移频率), 总的速度覆盖范围仅为 $\sim 366\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$, 中心速度为 $5465\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

对 IC 4553 OH megamaser 的 VLBI 观测表明, 被检测到的干涉条纹有大约为 0.4 的可见度, 这表明存在着大约比 30mas 尺度小的致密成分。同时可以清楚地发现, 在相对位置图上存在着谱线发射的两个区域(记为区域 I 和 II), 而且在相对位置图上区域 I 和 II 彼此分离大约为 $1''$ (设 $H_0 = 75\text{km}\cdot\text{s}^{-1}/\text{Mpc}$, $1''$ 等价于 $\sim 350\text{pc}$)。区域 I 相当于在连续谱观测中的西部成分, 而区域 II 则相当于在连续谱观测中的东部成分。而区域 II 又可由两部分组成(这两部分分别记为 II_a 和 II_b)。II_a 和 II_b 相对于区域 I 的方位角分别为 109° 和 116° , 这与 Norris et al.^[33]用 18cm 波长所观测到的东部成分相对于西部成分的方位角的覆盖范围(100° — 112°)不相同。用 VLBI 所检测到的 OH megamaser 辐射的空间位置并不需要在其相应的连续谱发射的特征峰位置上, 也许这脉泽所放大的是最致密的连续斑点。尚未分辨的发射有着 $\sim 60\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度宽度或者 $\sim 0.1\text{Jy}$ 的流量密度。为了解释现在被观测到的 OH megamaser 辐射就需要在以 3.5pc 为直径的球体中有 $\sim 10^7$ 个 O、B 型星。Norris^[34]和 Baan et al.^[40]给出在所讨论的致密成分的相应位置上存在着射电连续辐射的核, 核的尺度 $\leq 50\text{pc}$ 。在 VLBI 观测中所发现的区域 II, 在 Norris^[34]的 2cm 和 1.3cm 的观测图中也可看到它大约被分解为两个部分, 其延伸的范围为 85pc。这两者的结果是一致的。在区域 I 和区域 II 之间的总的速度变化约为 $70\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这个值与 Baan 和 Haschick^[41]以及 Norris et al.^[6]所得到的结果是一致的。II_a 和 II_b 两部分之间的速度差大约是 $30\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这意味着在区域 II 附近存在着约为 $200\text{km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{arc sec}^{-1}$ 的局部速度梯度, 类似的速度梯度在那些光学占优势的地方也可检测到^[33]。VLBI 的观测支持了 IC 4553 是由两个正在合并的星系组成的观点^[6,34,41]。

四、讨 论^[4,5,30,42-44]

1. OH megamaser 生成区域

现有的概念暗示了 OH megamaser 在星际分子云中活动性将提高。这个星际分子云必须包含被远红外抽运而引起反转的 OH 分子, 以及放大来自核区的射电连续辐射。这种模

型要求: (1) 有一个合适的红外辐射场, (2) 有充分强的核源的射电连续辐射, (3) 有充分高的向核的视线方向的 OH 的柱密度。

2. 红外辐射场

表 1 给出所有已知的 OH megamaser 星系在 $60\mu\text{m}$ 波段的流量密度都比较大, 都大于 4Jy 。如果同时探测到 $100\mu\text{m}$ 的辐射, 则 $60\mu\text{m}/100\mu\text{m}$ 的流量密度比约在 $0.8-1.1$ 范围内, 这相应于色温范围在 $55-70\text{K}$ 。虽然有许多星系的色温范围落在这个范围之外, 但是许多红外特别亮的星系, 特别是有着高的红外/蓝色流量密度比的星系却落在这个色温范围之内^[31,32]。因此, 这样的色温范围是值得重视的, 它可能是一种高的红外流密度的指示器。Martin et al.^[45]和 Baan^[46]给出 $L_{\text{OH}} = C_1 L_{\text{IR}}^*$, 这里 $C_1 = 10^{-2.1-6} L_{\odot}^{-1}$ 。

3. 射电连续源

我们在选择搜索样本时主要是参考它的红外色温和红外流量密度。现在已知射电和远红外之间存在着相关性, 因此上面的选择搜索样本的考虑也包括了必须考虑充分强的射电连续辐射。被检测到的 OH megamaser 要求射电连续辐射源必须位于 OH 分子云的后面, 可以位于星系中央的几千角秒范围之内。无论是对于来自致密的 Seyfert 核还是对于来自千角秒尺度的恒星爆发的核来说, 这些星系有多少部分被包含在这个范围之内, 现在还不太清楚。

4. OH 柱密度

第一个被发现的 OH megamaser 星系 IC 4553 是一个由一对强相互作用或者说正在合并的星系组成的侧向星系^[33,34]。侧向的倾向对于提供视线方向足够的 OH 柱密度是一种理想化模型。从观测中看出, 在已知的 31 个 OH megamaser 星系中有些侧向结构可以明显地被观测到, 有些却不很明显。这方面的观测工作还有待进一步加强。

现对前景分子气体作些估计, 假设成块的介质的块密度为 10^5-10^6cm^{-3} , 块间密度为 10^2-10^3cm^{-3} , 块的横截面为 1pc^2 , 那末在射电源前面的致密的块的空间密度为 $3.7 \times 10^{-4}\text{pc}^{-3}$, 致密的块之间的平均距离是 250pc 。对于具有块密度为 10^5cm^{-3} 的角秒尺度的块, 具有 H_2 柱密度 $N_{\text{H}_2} = 3 \times 10^{23}\text{cm}^{-2}$, OH 分子相对于 H_2 的丰度为 10^{-6-5} , 则 OH 柱密度是 $9 \times 10^{17}\text{cm}^{-2}$ 。对于速度梯度为 $3-13\text{km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{pc}^{-1}$ 的具有远红外抽运的 OH 放大的大速度梯度模型需要 $9 \times 10^{17}-8 \times 10^{18}\text{cm}^{-2}$ ^[47]柱密度。由此可见, 两者是相一致的。

5. 抽运机制

OH 脉泽一般可以因有红外辐射、紫外辐射或者与大量快速电子碰撞而抽运^[39]。在辐射抽运的情况下(无论是红外还是紫外), 必须遵循一个明显的约束条件, 即抽运光子数必须大大超过 OH 脉泽 18cm 上的发射光子数。下面分别讨论一下几种抽运机制。

(1) 紫外抽运

从整体上来说可以假设在星系平面上是各向同性的, OH 脉泽的辐射是各向同性的。如果忽略了星际消光, 则上面所提到的光子数的约束条件要求紫外流密度最小为 0.3Jy 。我们在观测核的发射线时观测到紫外辐射有明显高的消光, 这表明核发射的紫外流被吸收, 然后再发射产生观测到的红外流, 例如在 $100\mu\text{m}$ 上有 100Jy 红外流密度。对于紫外抽运来说其缺点是为了产生连续放大, 紫外辐射将分布在大的体积范围内, 由于星际介质有一定的光学厚度, 这将使得 OH megamaser 仅发生在紫外辐射作用到的地方。

(2) 碰撞抽运

碰撞抽运现在还不大好理解, 现在还没有详细的模型可以利用。很难估计在 OH megamaser 星系中碰撞抽运的行为。非常困难的一点是电子的分布。要求电子的分布充分均匀, 才能观测到平滑的分布。

(3) 红外抽运

对于远红外抽运(无论是在 $35\mu\text{m}$ 或在 $80\mu\text{m}$ 上)所需要的光子数, 要求被观测的流量密度为 0.3Jy , 这个数值大大低于由 IRAS 观测到的 100Jy 的数值。在这个波段上星际气体的光学厚度是小的, 这就使得有大体积范围的气体被抽运, 产生可观测到的 OH 反转的平滑分布。

上面的讨论支持了远红外辐射抽运分子云中 OH megamaser 分子的机制。

6. 辐射转移

对于具有光学厚度 $\tau_0 = -\alpha_0 l$ 的非饱和脉泽来说(这里 $\alpha_0 l$ 是非饱和放大, l 为路径长度), 由辐射转移方程解得

$$I = I_0 e^{\alpha_0 l} + \frac{\epsilon}{\alpha_0} (e^{\alpha_0 l} - 1)$$

这里 I_0 是外部输入的信号, ϵ 是气体分子的自发发射。假设 OH megamaser 星系中脉泽放大过程是高非饱和的, 并且自发发射是小的。对于具有线强度与连续辐射强度之比近似为 1 的脉泽线来说, 可以发现 $\alpha_0 l = 0.69$, 而对在银河系中典型的脉泽放大来说其值为 20—30。我们可以利用表达式^[38]

$$\alpha_0 = \frac{h\nu_0 B}{4\pi \Delta\nu_0} \cdot \frac{\Delta N_0}{1 + (2c/p)}$$

这里 B 是 Einstein 常数, $\Delta\nu_0$ 是线的 Doppler 宽度, $\Delta N_0 = n_2 - n_1$ 是布居数反占, $[1 + (2c/p)]$ 代表碰撞和辐射抽运率的作用。取下面的参数是合理的: $\Delta\nu_0 = 56\text{kHz} (\equiv 10\text{km} \cdot \text{s}^{-1})$, $[1 + (2c/p)] \sim 1$, 我们可以发现 $\Delta N_0 l = 5.8 \times 10^{13}$ 分子/厘米²。对于 IC 4553 来说脉泽区域的大小近似为 450 pc。

7. OH megamaser 谱线的饱和性质

谱线的饱和性质的估计需要有高角分辨率的观测。Schmelz et al.^[40] 和 Martin et al.^[41] 曾深入观测过 IC 4553、Mrk 231 以及 IRAS 17208-0014 中的谱线和连续辐射的相对位置。对于 IRAS 17208-0014, OH 脉泽谱线和连续辐射是在相同区域内发射的(在小于 $0''.3$, 即 250pc 范围内), 而对于 Mrk 231 脉泽源, 与来自核的射电连续结构成协, OH 谱线的谱征表现为小尺度和高强度, 这是典型的脉泽辐射特征。从 IC 4553 的脉泽放大中可以看出 OH megamaser 是一种非饱和脉泽。对 11 个样本拟合的结果表明 τ_{OH} (非饱和脉泽的光学厚度) 与 $\log(L_{\text{OH}})$ 为线性相关, 这正是非饱和脉泽指数放大的特征^[42]。

8. OH megamaser 谱线的线宽

大的线宽对于 OH megamaser 抽运来说是没有必要的。据 Kaz'is et al.^[50] 报告: 在对 IRAS 10039-3338 的观测中 OH megamaser 的几个亮的成分只有 $15\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ 的线宽。

9. OH megamaser 的位置

OH megamaser 多数发生在光度超过 $10^{12}L$ 的远红外星系中。半数以上非常明亮的远红外源 ($L > 10^{12}L$) 有 OH megamaser 发射。OH megamaser 发生在远红外源演化的早期。许多尘埃和分子物质可以在接近核的地方存在。对于具有远红外光度为 $> 10^{12}L$ 的核点源, 尘埃必须位于离核 50—100pc 的地方, 因为那里尘埃的温度为 50—80K, 与观测到的远红外黑体辐射的温度相符。而 OH megamaser 云大约位于离核为 100—500pc 之间的范围内^{[61], [61]}。

10. 活动星系核中恒星爆发的年龄

活动星系核中恒星爆发的年龄对于研究和观测 OH megamaser 的活动性来说是非常重要的。根据 IC 694 核的观测估计这个年龄约为 10^7 yr 的量级^[44]。

参 考 文 献

- [1] Whiteoak, J. B. and Gardner, F. F., *Astrophys. Lett.*, 15 (1973), 211.
- [2] Nguyen-Q-Rieu et al., *Astron. Astrophys.*, 52 (1976), 467.
- [3] Baan, W. A. et al., *Ap. J.*, 260 (1982), L49.
- [4] Baan, W. A. and Haschick, A. D., *Ap. J.*, 279 (1984), 541.
- [5] Norris, R. P. et al., *M. N. R. A. S.*, 213 (1985), 821.
- [6] Diamond, P. J. et al., *Ap. J.*, 340 (1989), L49.
- [7] Baan, W. A., *Nature*, 315 (1985), 25.
- [8] Baan, W. A. et al., *Ap. J.*, 298 (1985), L51.
- [9] Bottinelli, L. et al., *Astron. Astrophys.*, 151 (1985), L7.
- [10] Bottinelli, L. et al., *IAU Circ. No. 4106*, (1985).
- [11] Bottinelli, L. et al., *IAU Circ. No. 4231*, (1986).
- [12] Norris, R. P. et al., *M. N. R. A. S.*, 221 (1986), 51p.
- [13] Chapman, J. M. et al., *IAU Circ. No. 4180*, (1986).
- [14] Steveley-Smith, L. et al., *M. N. R. A. S.*, 226 (1987), 689.
- [15] Steveley-Smith, L. et al., *IAU Circ. No. 4248*, 1986.
- [16] Baan, W. A. et al., *Ap. J.*, 320 (1987), 154.
- [17] Mirabel, I. F. and Sanders, D. B., *Ap. J.*, 322 (1987), 688.
- [18] Kazes, I. et al., *IAU Circ. No. 4362*, (1987).
- [19] Mirabel, I. F. et al., *Ap. J.*, 324 (1988), L59.
- [20] Bottinelli, L. et al., *IAU Circ. No. 4357*, (1987).
- [21] Bottinelli, L. et al., *IAU Circ. No. 4379*, (1987).
- [22] de Jong, T. et al., *Astron. Astrophys.*, 147 (1985), L6.
- [23] Helou, G. et al., *Ap. J.*, 298 (1985), L7.
- [24] Sanders, D. B. et al., *Ap. J.*, 298 (1985), L31.
- [25] Hummel, E., *Astron. Astrophys.*, 160 (1986), L4.
- [26] Dressel, L. L., in *Star Formation in Galaxies*, ed. by C. J. L. Persson, *NASA Conf. Publ. No. 2466*, (1987).
- [27] Edelson, R. A. et al., *Ap. J.*, 321 (1987), 233.
- [28] Norris, R. P. et al., *M. N. R. A. S.*, 234 (1988), 773.
- [29] Baan, W. A., *Ap. J.*, 330 (1988), 743.
- [30] Norris, R. P. et al., *M. N. R. A. S.*, 237 (1989), 673.
- [31] Soifer, B. T. et al., *Ap. J.*, 278 (1984), L71.
- [32] Soifer, B. T. et al., *Ap. J.*, 320 (1988), 238.
- [33] Norris, R. P., *M. N. R. A. S.*, 216 (1985), 701.
- [34] Norris, R. P., *M. N. R. A. S.*, 230 (1988), 345.
- [35] Stocke, J. T. et al., *A. J.*, 83 (1978), 322.
- [36] Mirabel, I. F., *Ap. J.*, 260 (1982), 75.
- [37] Needman, D. W. et al., *Ap. J.*, 248 (1981), 105.
- [38] Reid M. J. and Moran, J. M., *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 19 (1981), 231.

- [39] Elitzur, M., *Rev. Mod. Phys.*, 54 (1982), 1225.
- [40] Baan, W. A. et al., *Ap. J.*, 313 (1987), 102.
- [41] Baan, W. A. and Haschick, A. D., *Ap. J.*, 318 (1987), 139.
- [42] Henkel, C. and Wilson, T. C., *Astron. Astrophys.*, 229 (1990), 431.
- [43] Kazes, I. et al., *Astron. Astrophys.*, 237 (1990), L1.
- [44] Baan, W. A., *Ap. J.*, 364 (1990), 65.
- [45] Martin J. M. et al., *Astron. Astrophys.*, 201 (1988), L13.
- [46] Baan, W. A., *Ap. J.*, 338 (1989), 804.
- [47] Henkel, C. et al., *Astron. Astrophys.*, 185 (1987), 14.
- [48] Schmelz, J. T. et al., *Ap. J.*, 321 (1987), 225.
- [49] Martin, J. M. et al., *Astron. Astrophys.*, 208 (1989), 39.
- [50] Kazes, I. et al., *IAU Circ. No. 4629*, (1988).
- [51] Baan, W. A. et al., *Ap. J.*, 346 (1989), 880.

(责任编辑 林一梅)

The Observations and Studies of OH Megamaser Extragalaxies

Yu Zhiyao

(Shanghai Observatory, Academia Sinica)

Abstract

We have reviewed the searches, observations, and theoretical studies of OH megamasers extragalaxies. So far 31 OH megamaser galaxies have been found. The OH megamaser galaxy IC4553 was the first one discovered and a unique one observed with VLA-A, MERLIN, and VLBI. According to the present theoretical studies the mechanism for forming OH megamaser extragalaxies is that the pumping of infrared radiation inverts OH maser molecules and radio continuous radiation from the core of the galaxies is amplified.