

空间 VLBI 的天体脉泽观测研究

万同山¹ 郑兴武² 蒋栋荣¹

(1. 中国科学院上海天文台 上海 200030 2. 南京大学天文系 南京 210008)

摘 要

在本文中较全面地述了天体脉泽源的 VLBI 观测方法, 简单地提及 VLBI 观测研究的新进展, 着重述评空间 VLBI 用于脉泽的观测, 并提及了地面 VLBI 的一些预备观测情况。

关键词 脉泽 — 方法: 观测 — 技术: 干涉

1 引 言

迄今为止, VLBI 观测研究的主流仍然是 AGN 的连续谱研究。虽然如此, 脉泽 VLBI 研究的重要性是没有疑问的, 其突出的贡献是天体距离的直接测量, 而 OH, H₂O, SiO 等脉泽的 VLBI 研究还提供了新形成恒星和晚型星演化的信息。实际上, 脉泽的 VLBI 研究始于 1968 年, 约在 VLBI 发明之时起就开始了。然而, VLBI 脉泽的成图处理工作量非常大, 需要把视场分成许多小视场分别成图, 可以多到数百张图。另一方面, 脉泽观测比连续谱观测更加受到灵敏度的限制, 观测的对象更少。由于脉泽的频率是固定的, 分辨率只能靠利用长基线才能提高。另外, 迄今的观测也只限于银河系, 河外星系中的脉泽尚不多。

现在, 地面 VLBI 的脉泽观测尚需做许多工作, 而空间 VLBI 又提上了日程, 这是一个促进。预计 RADIOASTRON 和 VSOP 两个空间 VLBI 站将在 1996—1997 年发射, 我们在文献 (2) 中已有介绍。由于谱线 VLBI 和连续谱 VLBI 的观测方法颇不相同, 本文将从脉泽的 VLBI 观测方法开始, 再着重评述空间 VLBI 用于脉泽观测研究, 以及地面 VLBI 正在进行的各项预备的脉泽观测。

2 天体脉泽 VLBI 观测方法的几个问题

2.1 谱线 VLBI 的观测灵敏度

干涉仪的单基线灵敏度的表达式^[2]是

$$\Delta S_{1,2} = \eta_b \left(\frac{T_{s1} T_{s2}}{2\Delta t \Delta \nu K_1 K_2} \right)^{1/2} \quad (1)$$

式中 η_b 是与相关器量化有关的因子, T_s 是天线的系统温度, Δt 是相干积分时间, $\Delta \nu$ 是接收带宽, $K = \eta A / 2k$, η 是天线效率, A 是天线的接收面积, k 是波耳兹曼常数。这一公式用于谱线 VLBI 时, 要考虑到: (1) 该公式的推导中作了 $T_A \ll T_s$ ($T_A = SK$, S 是射电源的流量) 的假设, 对于绝大多数的宇宙射电源是成立的^[3]。但对河内强 H_2O , OH 天体脉泽, $T_A \gg T_s$, 最小可检测的流量将增加, 即灵敏度下降, 例如对口径为 70m 的天线, 脉泽流量为 200Jy 时, $T_A = 140K$, 使系统温度增加已很明显。空间 VLBI 站 RADIOASTRON 和地面上 70m 的天线联测就是这样; (2) 与连续谱观测不同, 天体脉泽辐射是窄带的, H_2O 脉泽斑 (spot) 辐射的单线的典型特征带宽为 $\sim 10kHz$, 而 OH 脉泽是 2kHz, 另外, OH 辐射通常是圆偏振的, 而 H_2O 脉泽是线偏振的。窄带辐射使得不可能用宽带接收提高灵敏度。考虑到以上两点, 选取适当的脉泽流量, 可估计 RADIOASTRON 的最小可测流量, 表 1 所列的强源应该不难观测到。专为空间 VLBI 做选源参考的地面 VLBI, 对 H_2O 脉泽普查式观测预计即将进行, 对 40Jy 以上的 H_2O 脉泽用地球上最长的基线观测, 以估计将来在 RADIOASTRON 最长基线的情况下脉泽的相关流量大小, 从而作为选定观测源的参考。

2.2 信噪比问题^[4]

有关天体测量和天体的自行测量的课题, 其测量精度受信噪比的限制, 同时也与基线的测量精度有关。目前地面 VLBI 分辨率受地球直径的限制。由于空间 VLBI 的分辨率大大地提高, 使天体测量的精度可大为提高, 但需要研究信噪比 (SNR) 和系统差等有关的限制因素。VLBI 天体测量不仅用于天球参考系的研究, 天体距离的测量, 也用于活动星系核的高精度定位测量, 视超光速源内部自行等多种研究。

原理上, 天体测量的精度远比仪器的分辨率为高。设射电源的一个空间特征未被分解 (通常称为“点源”), 仪器 (VLBI 阵) 的圆高斯束 FWHM θ , 则定位精度 σ_θ 为

$$\sigma_\theta = 0.5 \frac{\theta}{\text{SNR}} \quad (2)$$

SNR 是信噪比。

在用 H_2O 自行测量天体距离中, 最关键的问题是在几个历元上测定每个脉泽的斑点。为了减少系统差, 各次观测之间的时间应尽可能短, 而 VLBI 阵的综合束应尽可能小。最大的问题是脉泽常常呈现成团性质。一旦两个以上的脉泽斑点具有相同的视向速度, 且都进入到干涉仪综合束, 强度变化即能引起位置漂移, 此即“混淆效应”, 据 Reid^[4] 估计, 相对位置精度将受限于 $\text{SNR}=100$, 见图 1。

2.3 系统差问题^[5]

由于系统差的存在, 并不能保证把测量精密度 (precision) 转换成天体测量的测量准确度 (accuracy), 干涉测量法的系统差 (包括传播效应和电子仪器的漂移) 和基线坐标误差存在一定的关系。而在空间 VLBI 的情况下, 与轨道上天线的定位精度有很大关系。

表 1 RADIOASTRON 可能观测的一些足够强的 H₂O 和 OH 脉泽源

射电源	位置 (1950)						H ₂ O		OH	
							视向速度	流量	视向速度	流量
							(km · s ⁻¹)	(Jy)	(km · s ⁻¹)	(Jy)
W3(OH)	02	23	17	61	38	59	-48	4000	-47.8	216
ORIKLA	05	32	47	-05	24	28	8.3	3000		
ORIKLB	05	32	47	-05	24	31	11	4500		
RCW41	09	14	58	-47	44	00	9.7	889		
RCW97	15	49	14	-54	28	29	-57	2600		
	16	06	30	-51	58	14	-52	320	-72	265
	16	08	20	51	21	02	-95	6000		
RCW106	16	35	08	-47	22	23	-43.5	540		
GGD25	17	16	58	-35	51	50	-79	1000		
OH338.9	17	00	54	-40	40	02	-28	530		
NGC6334	17	17	32	-35	44	13	-9	3200		
OH351.8	17	23	21	-36	06	46	-1.5	900	-2	800
SgrBM	17	44	10	-28	22	00	69	220	67.4	120
SgrB2S	17	44	11	-28	22	39	69.3	1000		
RCW169	18	31	56	-08	33	54	101		0.9	106
W42/I/	18	33	31	-07	14	27	110	60	1.1	101
	18	41	08	-03	38	41	106	150		103
W43M/4/	18	45	37	-01	29	12	106	120	0.2	107.4
S76W	18	53	34	07	49	45	3.5	950		
W49N	19	07	50	09	01	17	10.3	100000		
W49S	19	07	58	09	00	03	10.8	550	16.5	203
OH43.8	19	09	31	09	30	51	39.3	550	41.3	125
GGD37/1	22	54	19	61	45	48	-10	2000		
GGD37/2	22	54	19	61	45	44	-8.4	2400		
IRC+60154	05	15	09	63	12	51	40.7	273.6		
U ORI	05	52	51	20	10	06	-36.7	1080		
VY CM	07	20	55	-25	40	13	18.5	871		
W Hya	13	46	12	-28	07	06			41	1180
RX Boo	14	21	57	25	55	48	5.8	407		
U Her	16	23	35	19	00	18	-15	320		
VX Sgr	18	05	03	-22	13	56			4	1590
NML Cyg	20	44	34	39	55	57			4	350
TW Peg	22	01	43	28	06	20	-7.8	714.4		
R Cas	23	55	52	51	06	36			26	680

设基线坐标的误差是 ΔD ，则定位误差 (一级近似) 为

$$\delta_{\theta} \approx \frac{\Delta D}{d} \Delta \theta \quad (3)$$

式中 D 是基线长度， $\Delta \theta$ 是待测源和基准源之间的角距。

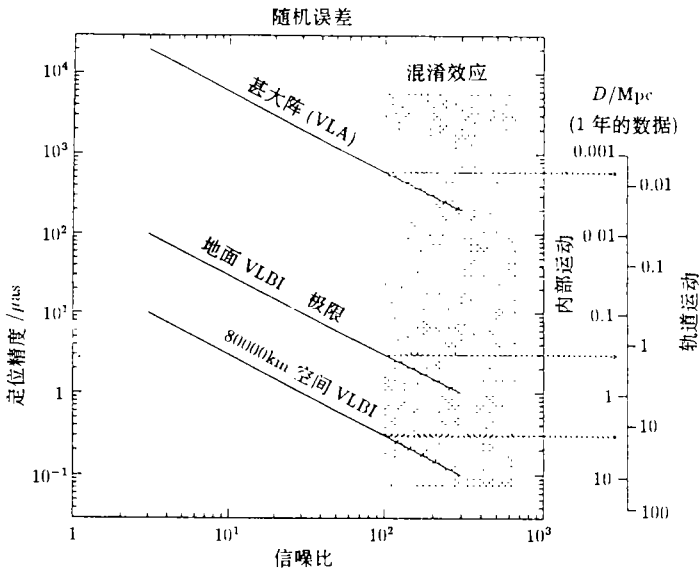


图 1 随机误差: 定位精度与 SNR 的关系, 观测波长 1.3cm。阴影表示“混淆效应”(见文中说明), 地面 VLBI 基本线 8000km。右边的尺度表示可测源的距离, 测量时间 1 年, 用内部自行和轨道运动两种方法测定 [5]

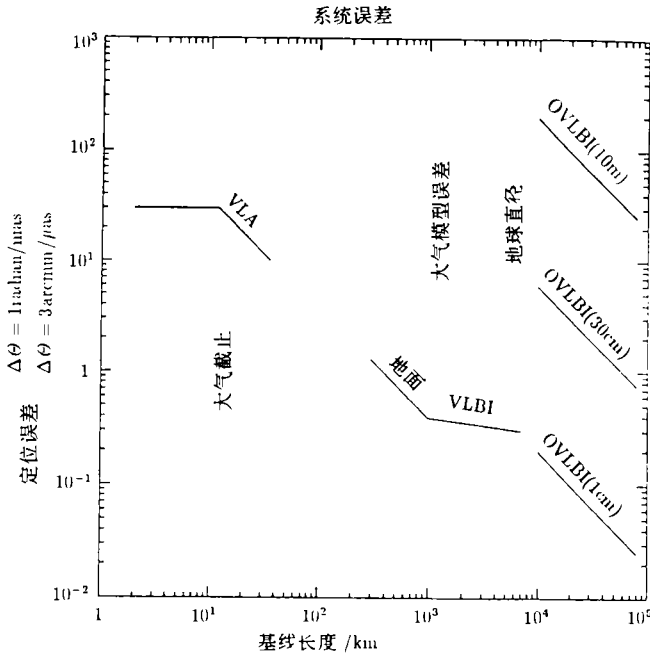


图 2 系统误差: 定位误差与基线长度的关系。VLA 和地面 VLBI 的曲线都是概略。待测定源和校准之间的距离分别是 1rd(绝对测量) 和 3'(相对测量)[5]

干涉仪的分辨率 (FWHM 束) $\theta = 0.7 \frac{\lambda}{D}$, λ 是观测波长, 合并 (2)(3), 有

$$\Delta\theta = 0.35 \frac{\lambda}{D} \frac{1}{\text{SNR}} \quad (4)$$

取 $\Delta\theta = 1\text{rd}$, 相当于绝对位置测量, $\Delta\theta = 3'$, 相当于某些射电源对的相对位置测量, 图 2 所示, 两个 $\Delta\theta$ 尺度差 1000 倍, 对应于 mas 和 μas 。

例如, 目前的空间 VLBI 站 VSOP 和 RADIOASTRON 的轨道定位约为 10m 量级的精度, 受系统差的限制为 100mas 量级。可是对近距源的相对测量精度就减少了。从 (3) 式可见, 若源在 $\Delta\theta \approx \frac{100}{\text{SNR}}$ (as) 范围, 对于 $\Delta D = 10\text{m}$, $\lambda = 1.3\text{cm}$, 则定位精度主要由 SNR 决定。例如, 当 $\text{SNR} \approx 50$, 用空间 VLBI 作天体测量, 在视场 $2''$ 内的源的相对精度是有用的。换言之, 即使目前空间 VLBI 的轨道精度仅 10m 量级, 对于 AGN 的致密射电喷流 (包括超光速运动), H_2O 脉泽的内部运动以及脉冲双星等课题的天体测量精度, 都有明显的提高。图 2 中“大气截止” ($\geq 10\text{km}$) 表示短期项的相位起伏不随基线的增加而增加, 而“大气模型误差”则反映由于干涉仪单元上空总的水汽含量的解相关 (decorrelation)(当基线 $> 1000\text{km}$) 所引起的天体测量 / 测地学误差的下降。

2.4 脉泽 VLBI 观测和 VLBI 网

就观测方法而论, 一条基线便可测定基线矢量, 这是 VLBI 测地学应用。射电源的位置测量需要有南北和东西分量基线的组合, 使不同赤纬的源能有相同的精度。同时, 测量地球自转的三个参数 (UT, 极移 x, y) 也需要三个天线。

连续谱的射电源图像要求良好 (u, v) 覆盖的 VLBI 阵。利用混合图法成图至少要 4 个天线的 VLBI 阵, 而 VLBI 观测发展至今, 许多课题往往需要大于 4 个天线的 VLBI 阵, 10 多个天线已属平常。

脉泽的 VLBI 观测涉及到谱信息, 需要空间位置和视向速度, 因而是三维的。在地面 VLBI 的分辨率不足以分解脉泽斑的情况下, 脉泽图的空间位置只是相对位置的确定, 因而就观测方法而论, 这属于天体测量方法。相对位置的测定可利用条纹率法, 相位基准法 (phase referencing) 等。原理上, 一条基线就可进行这项工作。2—3 个天线可以有更多的数据, 便于提高精度。但是, 利用条纹频率的脉泽成图, 灵敏度是比较低的, 而且定位精度低。利用综合成图法, 阵灵敏度比基线灵敏度高, 取决于阵中单元的大小和数目, 利用相位基准则提高定位精度。现在测定 H_2O 脉泽的自行, 需要高灵敏度和高定位精度, 利用综合成图、相位基准法、4 个以上的天线是必要的。以晚型星和恒星形成的物理性质研究为目的脉泽成图, 需要脉泽斑位置、大小、流量密度和视向速度, 并利用综合成图, 因而需要良好的 (u, v) 覆盖的 VLBI 网。

空间 VLBI 的分辨率有可能分解脉泽斑点, 得到脉泽斑的结构信息, 这需要良好的 (u, v) 覆盖, 与综合成图的要求一样。

3 利用空间 VLBI 的天体脉泽观测

3.1 地面 VLBI 的天体脉泽观测的进展

利用射电干涉测量法的天体脉泽观测的进展,已有文章评述^[7]。我们仅在叙述空间 VLBI 的脉泽之前,扼要地、集中地提及 VLBI 观测。VLBI 观测以在极小的空间尺度上研究恒星演化为特征。

迄今为止,大部分的 VLBI 脉泽观测针对着 OH 和 H₂O 脉泽。SiO 脉泽的 VLBI 观测迄今较少,因为毫米波 VLBI 尚在发展阶段。甲醇(CH₃OH)的 VLBI 观测仅仅是近 5—6 年的事。VLBI 观测的一些重要的脉泽跃迁列于表 2。

表 2 VLBI 观测的一些重要的脉泽跃迁(受 VLBI 网接收频率的限制)

分子	跃迁	频率 (MHz)
OH, 基态	${}^2\Pi_{3/2}, J = 3/2, F = 1 \rightarrow 2$	1612.231
	${}^2\Pi_{3/2}, J = 3/2, F = 1 \rightarrow 1$	1665.402
	${}^2\Pi_{3/2}, J = 3/2, F = 2 \rightarrow 2$	1667.359
	${}^2\Pi_{3/2}, J = 3/2, F = 2 \rightarrow 1$	1720.530
OH, 激发态	${}^2\Pi_{1/2}, J = 1/2, F = 1 \rightarrow 0$	4765.562
H ₂ O	$6_{16} \rightarrow 5_{23}$	22235.080
SiO	$v = 1, J = 1 \rightarrow 0$	43122.03
CH ₃ OH	$2_0 \rightarrow 3_{-1}E$	12178.60
	$5_1 \rightarrow 6_0A^+$	6668.518

VLBI 天体脉泽观测的最有影响的成果是天体距离的直接测量结果,特别是银心的距离。它是与视超光速运动的发现一样,常常被列为 VLBI 的重要贡献。我们在表 3 中列出了最新的测量结果。表中的 M 表示模型拟合(model fit)。如脉泽源有均匀的外流运动,其速度便可拟合到一个参数化的模型,其中有距离参数与角、线速度相联系,但也包含未知参数,要用多个脉泽特征去解。

表 3 用自行测量法得出的银河系中 H₂O 脉泽的距离^[14]

源	Fit ⁽¹⁾	N ⁽²⁾	Ve ⁽³⁾	V ⁽⁴⁾	Dpm ⁽⁵⁾	Dk ⁽⁶⁾	χ^2 ⁽⁷⁾	参考文献
				km · s ⁻¹	kpc	kpc		
Orion	M	26	18	8	0.5 + 0.1	0.7 + 1.0	-0.2	[8]
W51M	SP	27	-	63	7.0 + 1.5	5.1 + 2.0	0.8	[9]
W51N	SP	10	-	63	8.3 + 2.5	5.1 + 2.0	1.0	[10]
Sgr B ₂ N	M	24	45	50	7.1 + 1.5	7.8 + 0.2	-0.5	[11]
Sgr B ₂ M	M	27	35	26	6.5 + 1.5 ^[8]	7.8 + 0.2	-0.9	[12]
W49N	M	105	18	7	11.4 + 1.2	10.9 + 0.7	0.4	[13]
W3(OH)	M	42	18	-48	-	-	-	[14]
Cep A	SP	11	-	-11	0.5 + 0.2 ^[8]	1.1 + 0.9	-0.6	[14]

(1)Sp= 统计视差; M= 模型拟合; (2) 脉泽特征数; (3) 外流速度 /km · s⁻¹ (4) 系统速度; (5) 自行距离;
(6) 由动力学得到的距离: $v = 200\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$, $R_0 = 7.8\text{kpc}$, 随机速度 = $10\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$; (7) 加权残差; (8) 初步结果

3.2 空间 VLBI 观测对于脉泽研究的必要性

OH 和 H₂O 脉泽的源斑是最为微小(~ 0.1 到几 A.U.) 和最亮($T_B \sim 10^{12} - 10^{15}\text{K}$) 的射电源,是有待于分解的目标。空间 VLBI 将提供地面 VLBI 达不到的分辨率,在极小的空间尺度上探测早、晚型星演物理条件(密度、流结构,或膨胀壳层,速度场,湍流,

的空间尺度上探测早、晚型星演物理条件(密度, 流结构, 或膨胀壳层, 速度场, 湍流, 磁场)。必须指出, 发射线的频率是固定的, 提高分辨率的途径和连续谱不同, 只能用加长基线, 即空间 VLBI 的方法才能加以实现。为了用塞曼对解释 OH 脉泽的偏振现象, 必须首先证认符合的对子, 高分辨率是必要的。为了测定 H_2O 脉泽斑点的确实的形状, 所需要的分辨率比地面 VLBI 高, 也需要空间 VLBI 有较好的 uv 覆盖。分解河外脉泽 H_2O 的 $\sim 10^{15}\text{cm}$ 的斑点需要几十微角秒的分辨率, 只有空间 VLBI 才能具备。

河内天体的距离测量利用 H_2O 脉泽, 已有不少结果。对于河外天体的测量, 空间 VLBI 将起关键的作用, 由于脉泽成团, 用地面 VLBI 已难于分解。一些河外天体的距离存在很大分歧, 例如文献中提到的 M82 星暴星系在 2.2—6Mpc 的范围, 互相不一致。

3.3 可能的空间 VLBI 脉泽观测

正在准备于 1996 年—1997 年发射的 RADIOASTRON 和 VSOP, 分别口径为 10m 和 8m, 与地面天线相比很小, 它的优点是轨道位置可提供长基线, 而且基线是变化着的。通常考虑, 这些空间 VLBI 站将和地面上的大天线 ($\geq 70\text{m}$) 联测, 这是主要的。虽然 RADIOASTRON 和 VSOP 是第一代空间 VLBI, 有一定的探索性, 人们仍然期待科学上新发现。对于脉泽研究, RADIOASTRON 比 VSOP 的分辨率高约一倍, 更为有利。

现在正在准备的 RADIOASTRON 和 VSOP 都配置了 OH 和 H_2O 的观测频率。但是似乎没有很强的理由必须用空间 VLBI 去观测 OH 脉泽。IVS 没有设置 OH 的 1.6GHz 观测能力^[16], 因为 OH 脉泽受到星际散射的影响, 谱线加宽, 预计空间 VLBI 不会比地面 VLBI 有更新的发现。但是 H_2O 的 6—5 旋转跃迁不会受散射的严重影响。前面已提及的由于脉泽的频率是固定的, 分辨率的提高只能靠加长基线, 在这种情况下要得到 H_2O 脉泽的新信息, 只有空间 VLBI。 H_2O 脉泽的实际形状如何, 只能靠高动态范围、高分辨率的成图才能有新的突破。例如, 若脉泽源受到中心星的星风的自由加速, 则产生脉泽的气团应有泪珠状 (tear-drop), 在面对恒星一边形成弓形激波。反之, 若脉泽辐射产生于团块, 在与周围气体碰撞时将受到压缩, 而为主的弓形激波将发生在远离恒星的一边。

用 VLBI 方法测量脉泽的距离无疑是空间 VLBI 的重要目标。距离测量对天文学有基本的重要性, 是宇宙学研究的课题, 而测量方法是天体测量的。 H_2O 脉泽自行测量法定距离是对天体距离的直接测量, 不依赖于绝对亮度和消光, 所以没有通常的系统差。即使测定了一个星系的距离, 例如前面提到的星暴星系 M82 的距离, 就可对造父变星和其他距离指示器做关键性的校准, 从而去掉哈勃常数测定中的系统差。

地面 VLBI 已成功地测量到银河系内的天体距离。空间 VLBI 的角分辨率已大大提高, 将可把距离的范围扩展到 20Mpc。空间 VLBI 的距离测量主要用于河外星系, 有两种类型可以考虑。一种是测量源的内部自行, 已用于 SgrB₂ 和 Orion 等源。另一种是测量整个源围绕星系的轨道运动, 这种自行研究测量的是星系轨道的运动, $\approx 300\text{km}^{-1}$, 比源的内部自行大一个量级, 若轨道的速率(即自转曲线)和星系的倾角为已知, 就直接得到距离的估计值。

地面 VLBI 最新的距离测量是对 M33 中的 IC133 而言, 且已明显地感到分辨率的不足^[17]。在这种情况下, 空间 VLBI 起着不能代替的作用。

另一方面,与银河系的脉泽相比较,在空间 VLBI 的高分辨率下,河外源因散射而角径加宽的问题可以不必担忧。除非直接穿过银河面观测,在 1.3cm 波长上星际散射一般都小于 $45\mu\text{as}$ 。所以离开银道面观测河外源,预期散射很小。但也有人认为还需要在更大的统计样本上做地面 VLBI 的长基线观测,加以证实。据悉将进行 H_2O 脉泽普查。同时母星系中河外 H_2O 脉泽的散射所引起的角径加宽是微不足道的,因为被观测的源的角径小于散射角乘以源至散射源的距离除以源至观测者的距离。

令人关注的问题是究竟有多少这种河外源有足够的强度,足以被空间 VLBI 观测到并测出距离(要求一定的 SNR)? 据估计 IVS 的灵敏度比 RADIOASTRON 好 20 倍(20m 天线,低噪声接收,有足够的精密轨道测量以便利用相位基准法),在与地面最大的天线联测时,可检测到(在相干时间内) H_2O 脉泽的强度为 0.2Jy。地面 VLBI 已观测成功的 M33(距离 $\approx 700\text{kpc}$)的 H_2O 脉泽强过 0.2Jy,所以 IVS 能把 M33 作为观测目标,而 RADIOASTRON 是不行的。估计在 1Mpc 的距离内有 5—6 个旋涡和不规则星系,有可测的 H_2O 脉泽,在 20Mpc 内就更多了。但是,这些源是否有 0.2Jy 的强度,尚待作普查式的地面 VLBI 观测加以证实。

H_2O megamaser 被看作是空间 VLBI 的研究对象。但对这些源所知尚少。在遥远的活动星系核中发现的 megamaser,典型的是 Seyfert 星系,或 LINER,也是亮射电星系和亮 IRAS 源($L_{\text{IR}} \sim 10^{10}L_{\odot}$),伴有 CO 发射线^[18]。有人认为, megamaser 的形成是由于一次星暴中年轻恒星的集合而产生,但是相反的意见认为^[19],变化的时间尺度和致密度的根据不足。实际上, VLA 的观测显示典型的 H_2O megamaser 受限于其母星系核的小区域内,可能小到 1.3pc(NGC1068),所以,很值得注意的是,这种亮的河外 H_2O 脉泽可能在 BLR/NLR 的界面区域,这自然是空间 VLBI 用武之地了。

4 讨 论

两个空间 VLBI 站即将升空, VSOP 是 8m 天线,轨道这地点 20000km,接收波段 18cm, 6cm 和 1.3cm。RADIOASTRON 是 10m 天线,轨道远地点 80000km,接收波段 92cm, 18cm, 6cm 和 1.3cm。预计 VSOP 于 1996 年中发射,而 RADIOASTRON 于 1997 年底发射。

这些空间 VLBI 站主要的地面联测天线将是 $\geq 70\text{m}$ 的天线。由于基线很长,而且是第一次观测,我们所感兴趣的天体目标能否检测到,有无可用的信噪比,或者说相关流量有多大,实在是十分关键的问题。为此,有几个地面 VLBI 的普查式观测正在加紧进行之中。

上海天文台和澳大利亚 ATNF 的 6cm VLBI 联合观测,并有南非的 Hart 站参加,已完成 48 个河外射电源的观测^[20],其主要科学目标之一便是支持空间 VLBI 的预研究。另有两项是 1.3cm 波段的,其中 Preston et al.^[21]和 Valtaoja 是关于连续谱的,想通过地面 VLBI 观测编制出一个有可能在空间 VLBI 长基线上得到高信噪比的源表。另一个是 H_2O 脉泽的^[22],有类似的目标,打算观测 100 个 H_2O 样本。虽然 IVS 的科学

排除了 OH 脉泽的空间 VLBI 观测, 因而未设置这个频率, 但现在仍有一项计划 [23], 普查搜索不受散射的 OH 脉泽, 作为 RADIOASTRON 和 VSOP 的观测源, 因为在过去的洲际 VLBI 观测中, 确实也发现过很少的不受散射影响的 OH 脉泽。该计划预计观测 30 个样本。

空间 VLBI 具有很强的科学研究推动力, 无疑是有生命力的研究领域。它是国际性的联合研究活动, 比地面 VLBI 联测的规模更大, 技术更复杂。第一代的空间 VLBI 站 RADIOASTRON 和 VSOP 仍有一定的试验性质。第二代的空间 VLBI 站正在酝酿阶段, 虽然 IVS 由于经费的原因未能实施, 但它代表了未来的发展方向, 终将成为现实, 而 VLBI 研究者当前投入的实际工作是充分利用 RADIOASTRON 和 VSOP 的研究潜力。

参 考 文 献

- [1] Moran J M, Burke B F, Barrett A H et al. *Ap. J.*, 1968, 152
- [2] Walker R C. In: Felli M, Spencer R E eds. *Very long baseline interferometry: techniques and applications*. Dordrecht: kluwer, 1987. 163
- [3] Thompson A R, Moran J M, Swenson G W. *Interferometry and synthesis in radio astronomy*. New York: John Wiley and Sons, Inc, 1986. 248
- [4] Reid M J. *Adv. Space Res.*, 1991, 11: 422
- [5] Reid M J. *Adv. space Res.*, 1991, 11: 424
- [6] Thompson A R, Moran J M, Swenson G W. *Interferometry and synthesis in radio astronomy*. New York: John Wiley and Sons, Inc, 1986. 384
- [7] 蒋栋荣. *天文学进展*, 1995, 13: 21
- [8] Genzel et al. *Ap. J.*, 1981, 244: 884
- [9] Genzel et al. *Ap. J.*, 1981, 247: 1039
- [10] Schneps M, Lane A P et al, *Ap. J.*, 1981, 2449: 124
- [11] reid M J et al. *Ap. J.*, 1988, 330: 809
- [12] Reid M J, Gwinn C R, Moran J M et al. *Bull. Am. Astron. Soc.*, 1988, 20 :1017
- [13] Gwinn C R, Moran J M et al. *Ap. J.*, 1992, 393: 149
- [14] Moran J M. In: Davis R J, Booth R S eds. *Sub-arcsecond radio astronomy*. Cambridge University Press, 1993: 66
- [15] Baudy A Dimond D, Henkel C. *Adv. Space Res.*, 1991, 2: 369
- [16] Altunin V et al eds. *IVS—An orbiting radio telescope*, Private communication, Pilbratt G, The Netherlands
- [17] Baan W A. *Nature*, 1985, 315: 26
- [18] Claussen M J, Lo K Y. *Ap. J.*, 1986, 308: 592
- [19] Shen Zhiqiang, Wan Tongshan et al. 1995, in preparation
- [20] preston R A et al. VLBI proposal, 1994, private communication
- [21] Migenes V. VLBI proposal, Australia Telescope National Facility, CSIRO, Australia, 1994, private communication
- [22] Altunin V. VLBI proposal, JPL, U.S.A., 1994, private communication

(责任编辑 舒似竹)

Future Observations of Cosmic Masers Using Space VLBI

Wan Tongshan Zheng Xinwu Jiang Dongrong

(1. *Shanghai Astronomical Observatory, Shanghai 200030*)

(2. *Department of Astronomy, Nanjing University, Naning 210008*)

Abstract

We first review the methods of VLBI maser observation and the research progress. The future VLBI observation of masers using space VLBI is then discussed in some detail. The ground VLBI observations of masers currently under way are also mentioned in support of the space VLBI observations.

Key words masers—method: observational—techniques: interferometric