

# 对射电源的VLBI巡天

康连生 吴盛殷 南仁东

(中国科学院北京天文台)

## 提 要

甚长基线干涉技术使射电天文观测分辨率高出其他波段三个数量级。它所获得的如超致密的活动星系、类星体核结构的直接观测以及射电源中视超光速现象的发现等一系列天文成果,为人们认识宇宙打开了新窗口。

使用VLBI进行天体物理学研究,通常可以分成两种不同的战略:一是对个别射电源的形态细节作研究,进而引出结论去解释一类射电源特性;二是对定义的样本进行观测及统计分析以推断它们的性质。本文介绍的VLBI巡天属于第二类。

通过对近年来一些不同类型的重要巡天工作的介绍及扼要评述,以展示这方面的进展。这些巡天由于各自不同的天文目的,因而有各异的观测程序设计。我们相信,其中某些课题方向以及观测技术方法的考虑,会成为中国开展VLBI课题研究工作的有用借鉴。从所介绍的巡天工作结果中,可以获得很多有关VLBI目标的信息。它们可以作为进一步VLBI观测设计的直接依据;同时也可以直接作为统计分析工作的资料。

甚长基线(VLBI)射电天文观测,已经成为以毫角秒乃至亚毫角秒分辨率研究天体物理的唯一的重要手段。用多频率、多天线、多历元VLBI成图观测,已经对许多射电源作了详细的研究和监测。一批像视超光速运动现象这样激动人心的新发现,给人们认识宇宙提供了新的线索。

八十年代以来,对河外射电源的巡天,为利用现有VLBI网和今后将建立的VLBI等系统,对射电源进行深入的研究和系统的监测提供了候选源。巡天所得的统计结果,使人们对射电天体物理目标,特别是对星系、类星体的能源和演化有了更深的认识 and 了解。

本文将对一些有代表性的巡天作一个简要评述。从这些巡天中,一方面使我们对不同的VLBI观测目的及所要求的技术方法有所借鉴;另一方面这些典型巡天所引出的某些结论,将给在这方面工作的天文学家进一步观测研究提供重要的参考。由于不可能对VLBI巡天作全面系统的介绍,只是希望本文能在一定程度上反映目前世界范围内VLBI巡天的概况。

## 一、射电源结构形态及演化的研究

美国天文学家Readhead和Pearson对65个河外射电源完成了5GHz VLBI巡天的研究工作<sup>[1]</sup>。样本选自NRAO-MPIFR的6厘米强源S<sub>4</sub>和S<sub>5</sub>巡天星表。选源的标准是:

1. 赤纬大于35°,对于现有的望远镜有好的U-V覆盖面;

2. 银纬  $|b^{\text{II}}| > 10^\circ$ ;
3. 总流量密度  $S_{5\text{GHz}} \geq 1.3\text{Jy}$ 。

样本包括20个经典射电双源和45个核主导源(95%的流量密度集中在1角秒范围之内)。这45个源中包括30个类星体和BL Lac天体, 14个星系和1个空场。对其中27个源测出了红移值, 其范围从3C371的0.05到一些红移超过2的类星体。所研究的源在线尺度和源的光度上有相当宽的范围。按其结构形态可以分成5类:

经典双源中心子源	3个
陡谱致密源	6个
甚致密源	9个
非对称源(往往是核喷流源)	3个
致密双源	6个
其他源	8个

对45个源作VLBI成图是一个庞大的计划, 对统计工作, 45个源则是一个小数, 但是统计结果表明有以下趋势:

1. 大多数致密双源射电频谱有峰值。而多数致密源和非常不对称源在宽的频谱范围内有一个平的复杂谱。

2. 大尺度射电结构往往为源的研究提供大量信息。值得注意的是, 6个致密双源没有任何延伸结构, 而一些非常致密源和非对称源则有。在7个大尺度非对称源中, 仅有3个源显示了较好的毫角秒和角秒的源结构方向的一致性。

3. 在5GHz测得致密双源有低偏振( $< 0.5\%$ ), 甚致密源和非对称源(特别是后者)有较高偏振(1—8%), 偏振角与结构位置角的相关性还不清楚, 可能是由于法拉第旋转造成的。

在第三历元的观测中, 试图探察新的视超光速源和确认如pc尺度喷流, pc和kpc尺度喷流的准直以及超光速运动等现象是如何广泛地存在着, 并对统计结果作射束理论检验。

超光速运动是普遍存在的, 45个源中, 有8个发现了超光速运动, 包括致密平谱源(如3C345), 致密陡谱源(如3C216)和延展三重源(如3C179, 1928+738)。如果将来在所有的源中都发现超光速运动, 这也是不足为奇的<sup>[2]</sup>。

联邦德国天文学家Eckart和Witzel等人从 $S_5$ 巡天星表中, 选出了13个源作为完整样本来研究。其选源标准为:

1. 赤纬  $\delta > 70^\circ$ , 银纬  $|b^{\text{II}}| > 10^\circ$ ;
2. 流量密度  $S_{5\text{GHz}} > 1\text{Jy}$ ;
3. 谱指数  $\alpha_{2.7\text{GHz}}^{5\text{GHz}} > -0.5(\beta_{\text{occ}} \nu^\alpha)$ 。

这13个源中有6个类星体, 6个BL Lac天体, 1个尚无光学认证。就其空间结构而言, 根据VLA和MERLIN观测, 在13个源中, 有4个显示了延展角秒结构。VLBI测量在不同频率上展示的源结构, 包括从点源到复杂型。

通过对这13个河外致密源样本的研究, 希望对下述问题获得有意义的统计结果:

1. 有多少活动星系核显示相对论效应?
2. 相对论喷流的不同节中加速电子辐射的物理机制是什么?

### 3. 相对论喷流和它们的发射结的物理本质是什么?

从1976年到1984年的两期观测中得到了如下结论:

1. 一般源分为未分辨天体(18cm 3个, 6cm 10个), 略分辨天体(18cm 2个, 6cm 3个)及类喷流天体(18cm 8个, 6cm 10个);

2. 角秒结构除源0716+71有占总流量密度的50%的弥散辐射分布在核的两边外, 其他源角秒级弥散子源辐射低于总流量密度的10%。在7个天体中, 没有发现来自其次要角秒成分的显著辐射;

3. 根据已知红移或其下限计算毫角秒源成分的投影间距, 至少从2pc(2007+77)到124pc(015+74)。对3个显示最大毫角秒结构且其红移已知的源, 尽管它们的红移不同, 在1.6GHz和5GHz致密辐射的总线尺度, 仍有同样量级;

4. 大部分源的毫角秒和角秒结构间显示明显的不对直。最大不对直发生在BL Lac天体0716+71( $>70^\circ$ ), 最小不对直发生在0836+71( $<20^\circ$ );

5. 比较不同波长不同历元的观测, 认证了源中的各子源, 并测定了它们的谱特性以及运动学特性;

6. 研究了波长从6厘米到18厘米间的谱指数分布。谱指数的可靠性受各历元的流量变化、不同分辨率和不同动态范围的影响;

7. 在所有情况下, 能把源的总射电谱分解为个别成分的谱;

8. 经过相间二到四年的两历元观测, 测定了13个样本源中的8个, 其中有4个源结构没有显著变化, 而有另4个源的角距离明显增加<sup>[1]</sup>。

除了用VLBI对子源相对论运动直接观测外, 比较测量和计算得到的核成分的X射线流量密度及观测到射电流量密度变化的事实也表明, 几乎所有源都显示与视线方向成小角度的整体相对论运动(12/13)。因而这些源中显示的超光速运动概率是非常高的。结构上的激烈变化表明, 13个源中4个源显示超光速运动<sup>[4]</sup>。

联邦德国天文学家Zensus, Porcas和 Pauling-Toth等就5GHz 57个平谱射电源作了VLBI观测研究。他们选择样本的标准是:

1.  $S_{5\text{GHz}} > 1\text{Jy}$ ; 2.  $\alpha > -0.5$ ; 3.  $10^\circ < \delta < 70^\circ$ 。

其中包括类星体、BL Lac天体和活动星系。此次选源观测的目的是为了获得平谱源结构特性的统计规律。这57个源中有56个确认有毫角秒结构。对于多数的数据能用简单的亮度模型来描述。在此基础上定义致密度 $C$ 作为统计参数:

$$C = 100 \times (\text{含于致密高斯模型中的流量密度} / \text{总流量密度}) \%$$

除了0945+66的所有源, 通过观测确认在毫角秒区有可检测的辐射。即致密结构和平谱间有预期的联系。其致密度 $C$ 值与光学认证类型相关, 对类星体和BL Lac天体,  $C$ 值高于星系。观测支持了辐射来自部分光学厚同步加速源的假设。说明平谱及峰状谱由致密的自吸收成分支配, 而陡谱代表光学薄的延伸成分<sup>[5]</sup>。

## 二、致密陡谱源和低频变源

意大利天文学家C. Fanti, R. Fanti, P. Parma, 荷兰的R. T. Schilizzi, 美国的W. J. M. van Breugel等, 在18cm波段作了致密陡谱3CR射电源的VLBI观测, 首次给出了10个有代表性的样本源的kpc尺度射电结构的致密陡谱源(CSS)的研究结果。

近年来把陡谱射电双源、致密平谱源和致密陡谱源看作是三类射电源。致密陡谱源样本尺度从100毫角秒到1—2角秒, 相应线尺度从1到10kpc。形态分类范围从双源、核喷流源直到复杂型。CSS类星体一般是核喷流或复杂型, CSS射电星系通常是致密双源。

致密陡谱源的重要特性是: (1)源的线尺度为几kpc; (2)没有一个占支配地位的平谱核。<sup>[16]</sup>

从统计的观点出发, 只有极个别的CSS源是由于源扩展轴线邻近视线方向而形成的投影效果。而这类源的主体部分必然是“真正”的小天体。它们处于光学母体的内区。因而这些射电源的形成必然受到环境的极大影响。如果我们接受这一点, 则剩下的问题是为什么这些天体没有像典型的陡谱双源那样向大尺度演化? 这是因为它们处于演化的早期阶段, 还是它们的弱喷流无力将辐射物质送至光学母体外区, 或者它们被束缚在一个由过密星际介质形成的茧壳中间? 这些问题的研究在天体物理学上显然有着重要的意义<sup>[7]</sup>。

从CSS样本的巡天多频率总流量观测表明, 在400MHz以下出现频谱转折趋向平直。频谱转折一般认为起源于同步辐射自吸收。但是Cotton指出, 这种解释加之所测得的小源尺度, 给出过低的磁场强度估计, 因而估计的电子浓度过高。而要得到比较合理的解释必须将逆康普顿散射看成是与之有关的主要过程。因而通过尽可能邻近转折频率处的高分辨率成图, 以决定源中每一个分量的谱极值点, 对于了解CSS源的本质及计算内部物理状态, 与在高频测量中发现平谱核有同样重要的意义。同时, 低频观测可能会提供更多的扩展结构的信息。

Kulkarni等人所作的CSS VLBI巡天, 选源标准是:

1.  $S_{2.7\text{GHz}} \geq 1.5\text{Jy}$ ;
2. 最大角尺度  $\leq 1''$ ;
3. 具有陡的高频谱指数和高度的低频谱弯曲。

巡天的目的是找出这些天体结构的共同点和它们与常规厘米波突起的致密源的关系。<sup>[8]</sup>

在高分辨率和高动态范围观测下, 有陡直谱指数的源一般是kpc大小尺度并有弱的中心子源。陡谱射电源在低频所表现出来的形态可变性, 是天文学家感兴趣的一个问题。研究这种变化不能用通常公认的解释。意大利天文学家Mantovani 等人选出20个显示陡谱指数的低频变源进行研究。

由变化的时间尺度推得的线尺度太小, 且多数低频变源有平射电谱和致密核占优势的结构, 这就难以解释为不相干同步加速辐射, 除非辐射物质作相对论运动且在与视线成小角度的方向。而陡谱双源难以解释为轴线与视线成小角度, 其低频变化可以用星际介质的传播效应解释, 无需特殊的源轴线向视线对直。但是仅在非常致密源中才产生明显的流量密度变化。所以无论怎样解释可变性都要求源流量密度的大部分包含在小尺度(几十个毫角秒)高亮度的

成份中。<sup>[9]</sup>

意大利天文学家Padrielli等人,通过两期18cm VLBI观测指出,河外射电源的低频变化或是相对论效应或是星系闪烁效应所致。

观测表明,15—20%变源的流量变化与不同形态的爆发有关。这些源一般有明显的结构变化。致密成分角大小增加,膨胀速度与由低频变源常用的因果假说所推出的 $\gamma$ 值相符。这些变化可解释为源内在变化的相对论效应。

对高低频变化不相关、中间频率活动最小的源,可用高频内在的变化及低频外来的变化共存来解释。在显示低频变化的源中未观测到超光速运动现象,很可能是外来的变化——星际闪烁所致。

问题是可用相对论模型来解释的源有多少?其所要求的洛仑兹因子有多大,多少源可用闪烁模型描述,相应的星际介质参数如何?这些都是目前无法回答的。

从50个LFV样本源408MHz 10年变化参数均方根变率及时间尺度的统计研究,发现30%至50%的源显示出两个不同的时间尺度。其中一些源的变化与宽频带活动相联系,认为是真正的内在变化。其余变源有不相关的低频及高频活动。

较短时间尺度及变化率服从 $(\sin b)^{-3/2}$ 规律( $b$ 为银纬),可用星际闪烁理论来解释。但大时间尺度变化,是与来自较大成分的星际闪烁有关还是这些源的内在变化尚不清楚<sup>[10]</sup>。

### 三、射电星系及特殊射电源VLBI 巡天

西德天文学家Zensus和Porcas用Mark III VLBI 系统观测与双瓣类星体相关联的弱核样本,发现了毫角秒结构与外部结构对直很好。如用相对论喷束模型解释超光速运动,预示着在没有任何定向偏见选择的双瓣射电源核中,这种效应应该是十分罕见的。

他们选出了30个类星体作样本。选择的标准是:

$$S_{966\text{MHz}} \geq 0.7 \text{ Jy}; m_B \leq 19; \text{视角} \geq 10''.$$

目的是检验弱核的毫角秒结构是否同大视角的相对论喷流设想一致,并探察其可能的运动。第一期观测的4个源中3个显示了毫角秒尺度的致密结构。源1137+66的图显示间隔0.5 mas位置角 $110^\circ$ 的双结构,同外部双瓣的位置角很接近。源1951+49显示细长结构,位置角约 $90^\circ$ ,大体与较弱的东瓣位置角相同。已发现的视超光速运动源3C179也显示了毫角秒双结构和角秒喷流间较一致的排列关系。

研究结果还表明,这些源没有显示常见的核优势源中结构的非对直。在源1137+66核中发现的双结构,使这个源成为第二历元观测中测量可能运动的合适候选源。<sup>[11]</sup>

联邦德国天文学家Preuss着重评述了距离小于100Mpc的活动星系核的厘米波和分米波VLBI连续观测结果。在这个距离上,星系一般不显示像强射电源的那种极为激烈和罕见的核活动形式,较多地呈“普通”形核活动。邻近星系包括少数弱经典射电星系,多数是塞佛特星系和低活动“正常”星系。它们的总射电辐射一般是弱的( $P_{5\text{GHz}} \leq 10^{31} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Hz}^{-1}$ ),其致密辐射核辐射亦是如此。

邻近射电星系核的VLBI观测,因为有较高的空间分辨率而涉及一些基本问题。如活动核

中心能源对延展辐射区的供能过程, 辐射机制和核活动在不同谱区的现象关系等。实际上这些基本的物理过程的本质在许多情况下是不清楚的。诸如大多数表观的多样性能否理解为少数通用的工作机制? “中央发动机”及对外部辐射区供能过程在不同尺度的特征如何? 物质被高密度天体吸积是否就是多数核活动中起作用的主要能量释放过程? 恒星形成的爆发是否对于核活动的较弱形式更重要? 喷流形式的连续物质定向外流这种宇宙现象, 在多大程度上支配了非热射电源的结构及演化?

迄今, 只有对低强度射电核才能通过观测来解答上述问题。邻近星系的 VLBI 观测选用了40个源, 至少其中的34个(85%)显示了尺度 $\leq 1\text{pc}$ 的结构, 16个源(40%)有尺度 $\leq 0.1\text{pc}$ 的结构, 3个(M81, M82, CENA)有尺度约为 $0.01\text{pc}$ 的结构。20个源在6cm波长在小于1pc 尺度上测得的平均相关流量密度约为 90mJy。在正常星系中尺度 $\leq 1\text{pc}$ 的10个最亮射电核是: N1052, N4287, N2911, N3894, M104, N3998, M89, M81, M82, N6500。其中M81是有甚小尺度结构而又研究得最多的天体。

由流量和尺度测量得出的结论是: 在一个相当宽的强度范围内, 低亮度活动星系中心普遍地存在着尺度 $\leq 1\text{pc}$ 的非常致密核。在任何类型的星系中, 平频射电源VLBI 观测有较高的发现率, 这支持了占优势的辐射机制是相对论电子同步电子加速辐射的观念。看来好像是本质上弱的天体比强射电源有较小的射电核。为了排除选择效应的可能, 有待空间VLBI对遥远的强源观测。

列出的40个天体中有24个(60%)显示延展( $\geq 1''$ )射电结构。其中12例有E/SO 或塞佛特星系相关联的双结构形成。15个塞佛特星系中的5个, 是已知的约有1kpc尺度的双结构。比较这些天体中的小尺度结构和大尺度结构, 可引出如下结论:

射电核延长的线状结构及其与较大尺度特征相对直, 似乎是一种规律。对邻近星系射电核的图像或模型的了解, 还不足以和强射电源核结构作有意义的比较。但是愈来愈多的证据表明, 同中等活动核或塞佛特核相联系的射电展源, 有着和射电星系或类星体相同的供能机制, 即发自小于1pc尺度的非热物质喷流提供动力。邻近星系射电核的小尺度和线性结构, 不利于恒星爆发假说, 却支持准连续外流的吸积模型。<sup>[12]</sup>

Brandeis大学Gabuzda等人作了BL Lac型天体mas偏振特性巡天研究。通过6cm间隔半年至一年的VLBI巡天, 所研究的源都显示了某种偏振流量结构。此结构一般比相应的总强度图所显示的范围大。核偏振量为百分之几, 喷流偏振量高达30—60%。观测历元间有相当的结构变化。还观测到OJ287的视超光速运动。希望通过多历元的巡天, 展现更丰富的材料, 从而有助于了解这些天体的本质<sup>[13]</sup>。

联邦德国天文学家Preuss和 Alef 新近的瓣优势射电星系 3C111 和 3C 390.3 中心成分的VLBI观测, 显示了致密辐射区结构中的变化。在3C111中类喷流特征的消失意味着有速度约3c的“超光速特性”。在3C390.3中有明显的重复喷射, 速度为 $4.1c$  ( $H_0=50\text{km/s/Mpc}$ )。<sup>[14]</sup>

意大利天文学家Comoretto等作了射电星系样本VLBI核的巡天。他选了30个在5GHz源流量密度 $S_\nu > 100\text{mJy}$ 的样本, 这些样本的光度范围为:

$$\log P_\nu (408) = 23.5 - 26.5 \text{ W/Hz}.$$

用快拍方式观测给出源的大小及核成分流量, 并用模型拟合给出其中一些源图。除2个

源外的所有源, 都显示出相当部分的核流量来自小于几个角秒的结构。13个源有大体同样的流量( $>80\%$ )在mas尺度, 另外2个约有一半核流量, 大多数源VLBI流量的大部分在单致密成分中。他们还准备对所选样本作成图观测。

美国Hough等人作了相对论束和双瓣类星体的研究。选出26个样本源。其选源标准为:  
 $S_{178\text{MHz}} > 10\text{Jy}$ ;  $\delta > 10^\circ$ ,  $|b^{\text{II}}| > 10^\circ$ 。

主要目的之一是研究样本源中的超光速度分布。这是对相对论束模型等相互竞争理论的最有力的判据。此项巡天已发现两个毫角秒级超光速源(3C245, 3C263)。<sup>[16]</sup>

J. A. Zensus和R. W. Porcas对任意取向的类星体样本作了超光速运动的巡天。双射电源弱核中的超光速运动探测是检验射束模型的关键。他们选了30个样本源, 选源标准为:

$S_{966\text{MHz}} > 0.7\text{Jy}$ ;  $m_b < 19$ ; 延展结构  $> 10''$ 。

在10.7GHz的观测, 发现多数核有和核优势源的核类似的简单结构。一般可以用两个子源模型描述。观测发现有3个源(3C179, 3C263, 1951+498)存在可以认为是超光速运动的结构变化。<sup>[17]</sup>

#### 四、全天及南天的VLBI巡天

2.29 GHz VLBI 普遍巡天是由美国加州理工学院喷气推进实验室 Preston, Morabito, Williams, Faulkner和澳大利亚CSIRO无线电物理部Jauncey, 及南非CSIR的Nicolson共同完成的。

这项巡天用毫角秒空间条纹完成分布于全天的1398个射电源普查。选源标准是:

1. 全天跨度, 包括  $|b^{\text{II}}| \geq 10^\circ$  所有天区;

2. Parkes巡天及NRAO—Bonn巡天星表中,  $S_{2.7\text{GHz}}^{5.0} \geq 1.0\text{Jy}$ ,  $\alpha \geq 0$  的所有源,  $S_{2.7\text{GHz}}^{5.0} \geq 0.5\text{Jy}$ ,  $\alpha \geq -0.5$  的源的89%。

从1974年到1983年进行了68次观测。平均分辨率为3.3mas, 接收方式为右旋圆偏振, 数据记录用NRAO的Mark II系统。

1398个源中有917个源经过认证。其中有BL Lac天体的90%, 类星体的86%及星系的36%。通过系统的VLBI全天普查建立了一个综合的超致密天体射电星表。表中给出了源名、位置、谱指数、红移、光学类型、光学星等、编号、2.29GHz总流量密度、相关流量密度、根据总流量密度划分的相关流量密度变化量、 $u-v$ 空间频率。

汇表不仅为观测者提供了参考依据, 而且可以用于射电源性质和宇宙理论的统计研究。对于多种天体物理研究及VLBI天体参考系的形成也是十分有用的。<sup>[18]</sup>

2.7GHz平谱射电源的完整样本巡天是由Jauncey等人共同完成的。选源标准是:

$S_{2.7\text{GHz}} \geq 0.5\text{Jy}$ ;  $\alpha_{2.7\text{GHz}}^{5.0} \geq -0.5$ ;

$10^\circ > \delta > -45^\circ$ ,  $|b^{\text{II}}| \geq 10^\circ$ 。

这些平谱射电源具有强的致密毫角秒射电核, 其光学对应为类星体或活动星系。用VLBI观测以确定致密核射电辐射所占的比例。<sup>[19]</sup>

南半球的VLBI实验, 是美国Preston等人在1982年4月和5月用6架南半球的射电望

远镜作了南半球首次VLBI巡天。使用频率为2.3GHz和8.4GHz。他观测了南半球27个射电源,并给出所观测源的VLBI模型和图。<sup>[20]</sup>

综上所述,VLBI巡天的主要对象是河外源。包括类星体、BL Lac天体及活动星系。研究的课题是极为丰富的。包括强射电源、弱核源、致密双源、平谱源、陡谱源、致密陡谱源、低频变源等等。

表1列出上述有代表性的VLBI巡天简况:

表1 有代表性的VLBI巡天一览表

作者	源名	源数	历元数	观测频率	使用天线	成图否	参考文献
T. J. Pearson	活动核和类星体	65	3	5GHz	USN, MPIFR	45个成图	[1], [2]
A. Eckart	河外源	13	≥3	1.7, 5, 10.7GHz	GVN, VLA, MERLIN	18cm成图	[3], [4]
A. Zensus	平谱源	57	2	5GHz	MPIFR, NRAO, OVRO	模型拟合	[5]
C. Fanti	CSS	10	3	1.7GHz	EVN 5天线	成图	[6], [7]
V. K. Kulkarni	CSS	18		1.7GHz	EVN		[8]
F. Mantovani	陡谱源	20		1.7GHz 408MHz	MERLIN, EVN	部分成图	[9]
L. Padrielli	河外源(LFV)	50	2	1.7GHz			[10]
J. A. Zensus	类星体	30	2	10.7GHz	GVN 4-5天线		[11]
E. Preuss	邻近星系	40		10.7, 1.4GHz		成图	[12]
D. C. Gabuzda	BL Lac型		多历元	5GHz			[13]
E. Preuss	射电星系核	2	2	5GHz	GVN 13个天线		[14]
G. Comoretto	射电星系	30		5GHz	EVN, Haystack	拟成图	[15]
D. H. Hough	双瓣类星体	26	3	10.7GHz	USN, EVN	6个成图	[16]
J. A. Zensus	类星体	30		10.7GHz	USN, EVN		[17]
R. A. Preston	全天	1398	68	2.29GHz	California, Spain, Australia, South Africa		[18]
D. L. Jauncey	平谱源(南天)			2.7GHz	Parkes, GB, OVRO, S. Africa	部分成图	[19]
R. A. Preston	南半球	27		2.3, 8.4GHz	6个南半球天线	成图	[20]

注: GVN——全球VLBI网, EVN——欧洲网, USN——美国网。

由于VLBI观测具有很高的分辨率,因此在巡天中获得了不少有意义的结果,发现了经典双源、核优势源及延展类星体弱核等源的毫角秒结构及其频谱分布情况;找到了一些视超光速源,对检验相对论喷束理论起了重要作用。像3C179就是具有mas双结构和角秒喷流的典型视超光速源。

VLBI巡天在选择样本源时主要遵循两方面的原则:一是组成VLBI网的系统灵敏度和分辨率,就其能力进行选源以得到高质量图;二是针对所研究的题目选择适当的完整样本。例如通过一定数量的样本源观测,从中发现一些有意义的现象。或通过几个特殊源找到更多的类似源,从中获得一些统计性规律。



国际上的VLBI巡天多数使用厘米波段,如2.7GHz、5GHz等。如果能够在米波和长分米波段开展一些VLBI巡天工作,那将是很意义的。在发现一些源的结构特性尤其是源的较外部结构特性时,可能与厘米波段分布有所不同。在研究陡谱分布方面,可期望在其低频端获得有价值的结果。

本文为VLBI巡天的一个简要综述。在此基础上的另一篇文章,将列出有代表性的经过VLBI观测的射电源表,并试图引出某些统计结论。本工作作为1860621课题的一部分,得到国家自然科学基金会的支持,作者在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] Pearson, T. J. and Readhead, A. C. S., IAU Symp. No. 110, p. 15, (1984).
- [2] Pearson, T. J., et al., IAU Symp. No. 129, to be published (1988).
- [3] Eckart, A. and Witzel, A., IAU Symp. No. 110, p. 65, (1984).
- [4] Schalinski, C. J., et al., IAU Symp. No. 129, to be published (1988).
- [5] Zensus, J. A., et al., *Astron. Astrophys.*, 133 (1984), 27.
- [6] Fanti, C., et al., *Astron. Astrophys.*, 143 (1985), 292.
- [7] Fanti, C., et al., IAU Symp. No. 129, to be published (1988).
- [8] Kulkarni, V. K. and Romney, J. D., IAU Symp. No. 129, to be published (1988).
- [9] Mantovani, F. et al., IAU Symp. No. 129, to be published (1988).
- [10] Padrielli, L. et al., IAU Symp. No. 129, Ibid (1988).
- [11] Zensus, J. A. and Porcas, R. W., IAU Symp. No. 110, p. 163, (1984).
- [12] Preuss, E., IAU Symp. No. 110, p. 251, (1984).
- [13] Gabuzda, D. C. et al., IAU Symp. No. 129, to be published (1988).
- [14] Preuss, E. and Alef, W., Ibid (1988).
- [15] Comoretto, G. et al., Ibid (1988).
- [16] Hough, D. H. and Readhead, A. C. S., in *Superluminal Radio Sources*, 114, (1987).
- [17] Zensus, J. A. and Porcas, R. W., Ibid, 126, (1987).
- [18] Preston, R. A. et al., *Astron. J.*, 90 (1985), 1599.
- [19] Jauncey, D. L. et al., IAU Symp. No. 129, to be published (1988).
- [20] Preston, R. A. et al., Ibid (1988).

(责任编辑 刘金铭)

## VLBI Surveys of Radio Sources

Kang Liansheng, Wu Shengyin, Nan Rendong  
(Beijing Astronomical Observatory, Academia Sinica)

Very Long Baseline Interferometry (VLBI) offers a possibility to observe radio universe with resolution approaching 300 millionths of a second of arc, which is three orders higher than other astronomical observations. Highlight work by this technique, as detailed mapping of the nuclei of active galaxies and quasars and the discovery of the so-called superluminal motion in radio sources has made a new window for astronomers.

There are two complementary strategies for obtaining basic information from VLBI observations. One can either extrapolate conclusions drawn from detailed morphologies of individual sources to the whole population of radio sources, or try to infer properties of

radio sources from statistical analyses of well-defined samples. In this paper we intend to put the focus on the second one.

The important VLBI surveys we know are presented including their observational aspects and astronomical purposes. The structures of these observations differ in using frequencies, choosing antennas, designing uv-coverages and other considerations. The presentation can be of reference for VLBI proposal-makers. The results from introduced work show the recent development in VLBI radioastronomy and give abundant information about variety of radio sources which can be investigated by VLBI. From these surveyed samples astronomers may choose to observe a single object in detail or to draw the conclusion by directly statistical analyses. In spite of the biased view in selection, we hope the surveys in this paper more or less cover the major activities in VLBI surveys of radio sources.