

# EGRET 活动星系核的 VLBI 观测研究

洪晓瑜 蒋栋荣 王伟华 安 涛

(中国科学院上海天文台 上海 200030)

(中国科学院国家天文台 北京 100012)

## 摘 要

EGRET 空间望远镜已检测到 66 颗高置信度的  $\gamma$  射线活动星系核。这些活动星系核都是射电强的, 具有很高的光度, 迅速的光学变化, 有相当的比例是视超光速源。对  $\gamma$  射线活动星系核的研究是目前世界上最活跃的前沿课题之一。为了完备 EGRET 活动星系核的射电观测图像样本, 以便进行更可信的统计研究。对一些缺少射电图像观测的 EGRET 活动星系核进行了多历元的 VLBI 和 VLA 的观测研究, 得到了它们的射电结构图像。

**关键词** 活动星系核 — 射电喷流 —  $\gamma$  射线 — VLBI

**分类号** P157.6

## 1 引 言

高能  $\gamma$  射线活动星系核研究是当今天体物理研究中最活跃的前沿课题之一。自 1997 年康普顿  $\gamma$  射线卫星 (Compton Gamma Ray Observatory) 发射上天以来, EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment Telescope) 已检测到 66 颗置信度很高的活动星系核<sup>[1~3]</sup>。它们都属于耀变体 (blazar), 而且常出现视超光速喷流子源。在 高能  $\gamma$  射线波段 ( $> 100$  MeV), EGRET 检测到的活动星系核具有极高的谱光度 (远大于低频的射电、红外、光学、X 射线的光度总和), 而且变化的时标很短 (天的量级)<sup>[4]</sup>。这些耀变体在发生  $\gamma$  射线爆发后, 通常伴随着低频的爆发。所有这些证据都表明耀变体的  $\gamma$  射线爆发很可能是相对论喷流中成束的等离子团的非热辐射<sup>[5]</sup>。科学家们正试图利用理论模型 (如: 非热同步自康普顿模型或自康普顿散射外部软光子模型等) 来解释这种高能的辐射。理论模型的建立是以观测为基础的, 观测数据可为理论模型提供限制条件。因此在各个 (多) 波段上对活动星系核的详尽的观测是极为重要的。

EGRET 检测到的活动星系核都是射电强活动星系核, 而且射电致密结构的流量和  $\gamma$  射线辐射流量具有强相关性的事实说明活动星系核的高能  $\gamma$  射线辐射和射电辐射存在密

切的联系。但目前对活动星系核的  $\gamma$  射线的辐射机制还没有定论,尚不清楚这些高能辐射是来自于中央核区还是喷流结构中;也不明白为什么有些剧变的活动星系核没有检测到  $\gamma$  射线的辐射。VLBI 技术为我们提供极高分辨率的射电观测,可以研究活动星系核毫角秒尺度的结构,可以帮助我们了解其核心的辐射性质来研究这些关键的问题。所以对 EGRET 检测到的活动星系核进行 VLBI 观测对于揭示它们内在的物理性质具有重大的意义。我们的研究发现活动星系核的  $\gamma$  射线辐射与射电喷流的弯曲有关,这可能为我们探索为什么有些著名视超光速源没有高能辐射提供重要线索<sup>[6]</sup>。在 EGRET 检测到置信度很高的活动星系核中仍有 1/3 未有足够的射电图像观测。本课题利用了欧洲 VLBI 网(包括上海、乌鲁木齐站)和南非的射电望远镜构成的国际 VLBI 阵,对其中适合该阵观测的 15 颗  $\gamma$  射线活动星系核进行首次 6cm VLBI 观测;利用美国 VLBA 阵在 18cm 上进行了观测;利用美国的甚大阵 VLA 对 8 颗  $\gamma$  射线活动星系核进行了两历元的观测。我们将研究这些耀变体的射电辐射特性和它们的致密结构,完备 EGRET 源的 VLBI 图像样本,进一步进行统计分析。本文主要介绍观测情况,并简要概述观测情况。

## 2 观测、数据处理和结果

### 2.1 EVN 5 GHz 的 VLBI 观测

我们利用欧洲 VLBI 网 (EVN) 于 1997 年 6 月和 1997 年 11 月对一些有角秒结构图像观测而尚未有 VLBI 图像观测的 EGRET 源进行了观测。参加观测的天线有德国的 Effelsberg、中国的上海和乌鲁木齐、乌克兰的 Crimea、英国的 Jodrell Bank、意大利的 Medicina、Noto、瑞典的 Onsala、南非的 Hartbeesthoek、荷兰的 WSRT 和波兰的 Torun 射电望远镜,观测时间共为 54 h。观测的样本为: 0202+149、0446+112、0440-003、0827+243、0829+046、0954+556、1229-021、1331+170、1510-089、1606+106、1604+159、1908-201、2022-077、2209+236、2356+196。观测的波段为 5 GHz。观测数据在德国波恩的 MK3 相关处理机进行相关处理。数据的图像处理是用 NRAO 的 AIPS 软件来完成的。结果显示这 15 颗源都有核-喷流 (core-jet) 结构。

2000 年 6 月我们又利用 EVN 对上述样本进行了第二历元的观测,观测数据已在荷兰 JIVE(the Joint Institute for VLBI in Europe) 的 MK4 相关处理机进行相关处理。相关数据的图像处理尚有待进行。

### 2.2 VLA 8.4 和 22GHz 的观测

1999 年 2 月我们还利用了美国的甚大阵 (VLA) 的 C 结构 (最长基线 3km) 在 8.5 和 22 GHz 观测了 8 颗 EGRET 源,参加观测的有 27 面天线。数据的图像处理表明: 有 4 颗源 1331+170、1406-076、2209+236 和 2356+196 未明显分解,呈较致密结构; 1606+106 是典型的核-喷流结构; 而另三颗源 1229-021、1604+156 和 2022-077 显示出对称结构的双向喷流的形态。这种高能活动星系核的射电结构具有双向喷流的形态对于研究目标的辐射性质将具有积极的意义。为了得到在低分辨率 VLA 观测中未分辨源的结构以及 1229-021、1604+156、1606+106 和 2022-077 在 kpc 尺度上更精细的结构及其变化,我们于 2000 年 12 月利用更高分辨率的 VLA 的 A 结构 (最长基线 36km) 对这 8 颗 EGRET

源在相同的波段上进行了第二历元的观测，更深入的数据处理和研究所待进行。

### 2.3 VLBA 在 1.6 GHz 的偏振观测

2000 年 2 月 7~8 日我们利用了美国的 VLBA 阵对 2.1 节中所列的 15 颗 EGRET 活动星系核在 18 cm 上进行了偏振 VLBI 观测，观测时间 24h。得到了这些源十几到几十毫角秒的喷流的偏振结构图像。从而使我们能够研究它们的喷流从毫角秒尺度到角秒尺度的运动过程。偏振观测结果显示，EGRET 源有较高的偏振度。

## 3 分析和讨论

通过本项目的研究，使我们得到了 15 颗 EGRET 源的毫角秒尺度的结构和其中 8 颗源的角秒尺度的结构，建立了较完备的  $\gamma$  射线活动星系核的致密结构样本，可提高统计研究的置信度。我们将进一步研究  $\gamma$  射线活动星系核的核-喷流结构形态，探讨活动星系核喷流弯曲与  $\gamma$  射线辐射的可能联系，以及  $\gamma$  射线辐射的起源和机制。观测结果表明 EGRET 活动星系核具有核-喷流结构，且具有较高的偏振度。大部分的 EGRET 类星体的喷流从毫角秒尺度到角秒尺度较准直，但有个别源有例外情况。这与我们先前研究结果一致<sup>[6]</sup>，即：EGRET 检测到的类星体喷流较为准直，EGRET 检测到的 BL LAC 天体有较大的  $\Delta PA$ 。这种较大的  $\Delta PA$  可能是喷流固有弯曲经投影放大而形成，因此，高能的 EGRET 源可能具有较准直的射电喷流。该结果可能对我们理解为什么有些著名的视超光速源没有高能辐射有帮助。

### 参 考 文 献

- 1 Thompson D J, Bertsch D L *et al.*, *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1995, 101: 259
- 2 Thompson D J, Bertsch D L *et al.*, *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1996, 107: 227
- 3 Hartman R C, Bertsch D L, Bloom S D *et al.* *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1999, 123: 79
- 4 Montigny von C, Bertsch D L *et al.* *Ap. J.*, 1995, 440: 525
- 5 Schlickeiser R. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 1996, 120: 481
- 6 Hong X Y, Jiang D R, Shen Z Q. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 1998, 330: L45

## VLBI Observations of EGRET-detected AGNs

Hong Xiaoyu Jiang Dongrong Wang Weihua An Tao

(Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

(Chinese Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012)

### Abstract

66 active galactic nuclei (AGNs) with high-confidence level have been detected by EGRET identification. All these AGNs are the radio bright, with the dramatic peak of the luminosity spectra at  $\gamma$ -ray frequencies, rapid optical variability, and the high fraction of superluminal sources. To investigate the relation between the  $\gamma$ -ray emission and the radio structure, we observed a subsample of EGRET sources with VLBI and VLA, which radio images are absent in the literature. These results will be useful for the statistical research.

**Key words** AGNs—Jet—Gamma-ray—VLBI