上海天文台在近邻活动星系核喷流的高分辨率观测研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/24826.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

近日，中国科学院上海天文台高分辨率射电天体物理研究团队利用美国国家射电天文台（National Radio Astronomy Observatory，NRAO）的甚长基线阵列（Very Long Baseline Array，VLBA），对近邻低光度活动星系核（Low-Luminosity Active Galactic Nuclei，LLAGN）NGC 4261进行了高分辨率观测研究，首次细致分析了亚秒差距（sub-parsec）尺度上喷流的运动和准直轮廓。这有助于科学家探究NGC 4261中的黑洞、吸积流以及喷流之间的复杂物理过程。相关研究成果发表在《天体物理学杂志》（*The Astrophysical Journal*）上。

活动星系核中喷流的形成、加速和准直等物理过程，是天体物理学中备受关注的领域。甚长基线干涉测量（Very Long Baseline Interferometry，VLBI）以卓越的分辨本领在探索和理解活动星系核（Active Galactic Nuclei，AGN）喷流的物理过程方面发挥着关键作用。LLAGN作为AGN的一个特殊子类，在近邻星系中的分布超过40%。此外，LLAGN的多波段能谱（Spectral Energy Distribution，SED）与明亮的AGN（如类星体）存在显著差异，且LLAGN中通常能观测到射电喷流。人类拍摄的首张黑洞照片的“主角”M87星系的中心核区是典型的LLAGN，其中心核区的物理过程已在多波段上得到广泛而深入的研究。随着对M87星系核区物理过程的认识的深入，天文学家开始将目光逐渐转向其他近邻的LLAGN。

中国科学院上海天文台高分辨率射电天体物理研究团队利用VLBA的存档数据和最新的观测数据，并运用新兴的（亚）毫米波观测技术——源频相位参考技术（Source-Frequency Phase Referencing，SFPR），对近邻低光度活动星系核NGC 4261的喷流进行了高分辨率VLBI观测研究。毫米波观测的灵敏度会受到大气相干时间的影响，因此天文学家通常难以在毫米波段直接探测到辐射较弱的射电源。而利用SFPR技术，毫米波观测的大气相干时间得以被有效延长，从而大幅提升毫米波VLBI的观测灵敏度和射电喷流的探测率。此外，不同的观测频率对应不同的空间分辨率，因而研究团队通过利用多频VLBI观测数据（1 GHz至88 GHz），对NGC 4261的喷流在不同尺度上进行了研究。

研究显示，喷流在亚秒差距尺度上的视速度介于0.31±0.14c和0.59±0.40c之间，喷流的视向角范围约在54度至84度之间。利用1 GHz至88 GHz的多频观测数据，该团队测量并进一步证实了NGC 4261最内部喷流的准直轮廓呈抛物线形状。这个抛物线轮廓在距离黑洞约0.6 pc的位置转变为锥形轮廓（图1）。这个由抛物线轮廓变化为锥形轮廓的位置远小于该黑洞的邦迪半径（Bondi Radius，约99 pc，即黑洞的引力作用范围，在邦迪半径之外，气体可自由运动而几乎不受黑洞引

力的影响）。这与M87星系等其他LLAGN的观测结果不同——M87等LLAGN的喷流准直轮廓的变化通常发生在邦迪半径附近。对于这种现象，科研人员提出了两个可能的解释。第一，外部介质的压力可能限制了喷流的准直轮廓，而几何厚、光学薄的热吸积流或由它产生的吸积盘风是可能的压力来源。对NGC4261的SED的模型研究表明，吸积流主要存在于靠近黑洞约1 pc的范围之内。因此，吸积流以及由它产生的吸积盘风是可能的限制喷流抛物线轮廓的压力来源。第二，喷流本身的物理性质可能发生变化：喷流过早地由磁场能量主导变为由粒子能量主导，导致其准直轮廓的变化。理论研究、数值模拟和观测均表明，在黑洞附近处的喷流的磁化度很高即它的磁场能量很高。因此，磁场产生的较大的磁压会有效地将喷流的宽度轮廓限制为抛物线轮廓。而随着喷流逐渐远离黑洞，磁场能量会慢慢转变为粒子能量。磁场压力因此逐渐变小，致使喷流的准直轮廓发生变化（图2）。

上海天文台博士研究生闫玺表示，NGC 4261和另一个近邻低光度活动星系核NGC 315的喷流准直轮廓的变化情况非常相似，都发生在远低于邦迪半径的位置。这进一步加深了天文学家对LLAGN喷流准直轮廓的认识。上海天文台研究员路如森表示，NGC 4261是当前为数不多的适合开展毫米波VLBI观测研究的近邻LLAGN之一，未来进一步研究十分必要。上海天文台研究员沈志强提出，研究团队还对除了NGC 4261之外的其他LLAGN（如M 104星系）进行了高分辨率VLBI观测研究。这将直接面向下一代事件视界望远镜（ngEHT）黑洞成像。

研究工作得到国家自然科学基金委员会、中国科学院、中国科学院上海分院、中德马普伙伴合作小组等的支持。

论文链接

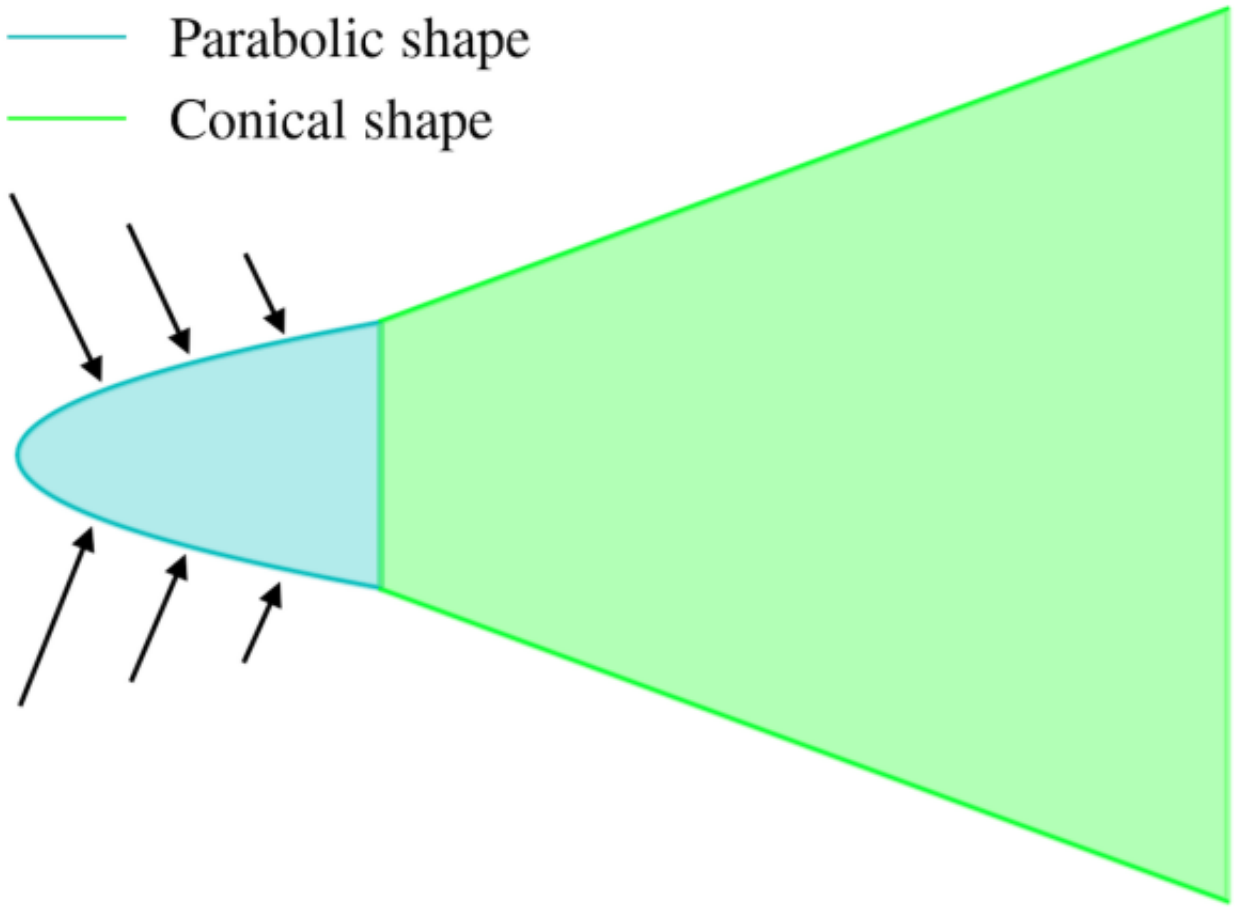


图1. 喷流的准直轮廓示意图。蓝色区域表示抛物线型轮廓，绿色区域表示锥形轮廓；黑色箭头表示来自吸积流或者吸积盘风的压力。不同的长短表示不同大小的压力，箭头越长，压力越大。在约1 pc的范围内，吸积流及其产生的吸积盘风会产生较大的介质压力（在一定的条件下），从而成为限制喷流抛物线轮廓的可能的压力来源。此外，假设在喷流内部，磁场能量主导蓝色区域，而粒子能量主导绿色区域。那么，在绿色区域内，磁场压力的明显变弱会导致喷流的准直轮廓发生变化。

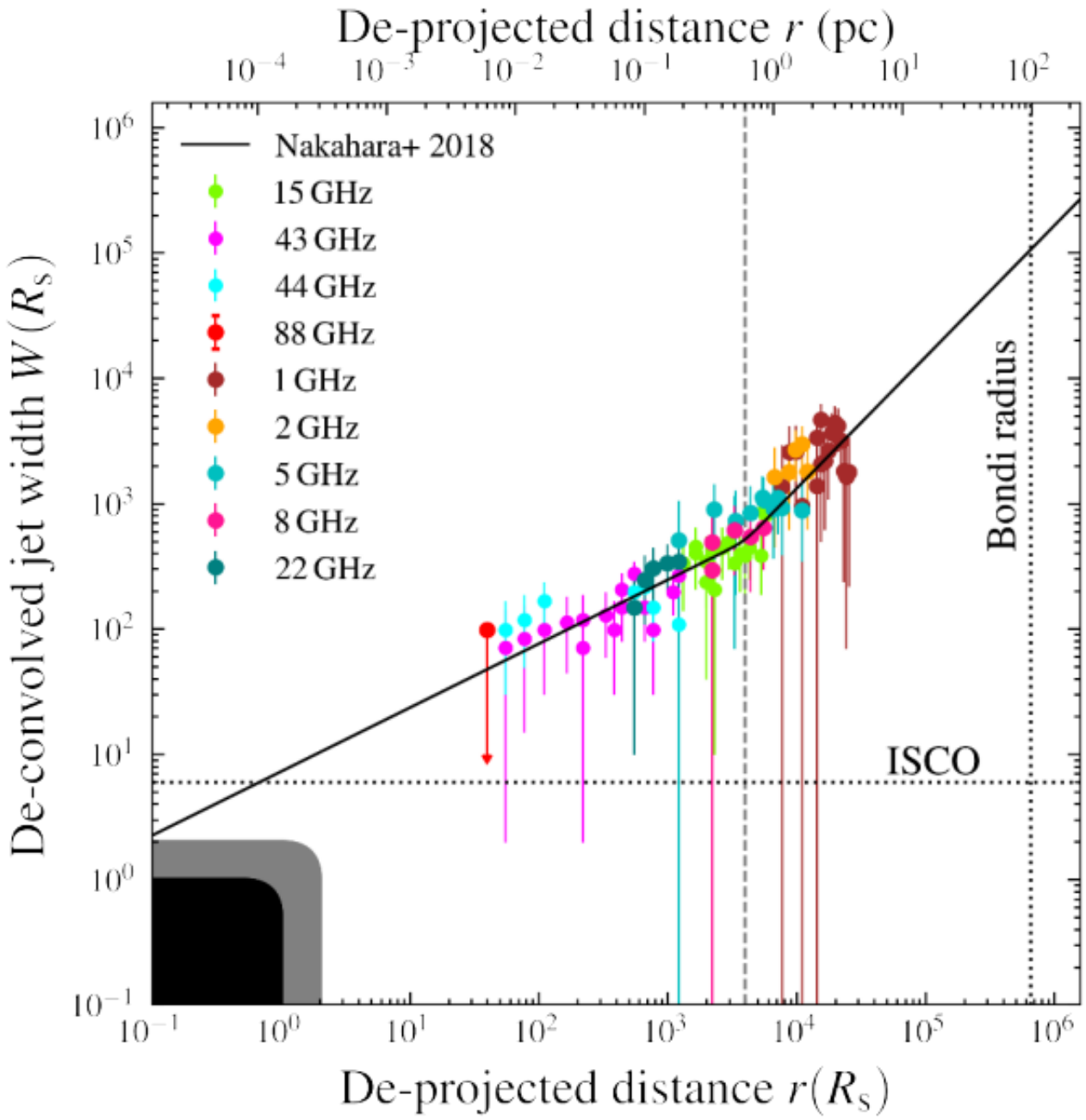


图2. NGC 4261喷流的准直轮廓。通过利用高分辨率观测数据（15 GHz、44 GHz和88 GHz），研究确认了最内部喷流的准直轮廓呈抛物线形状。结合VLBA在其他频率的观测数据和此前的成果，科研人员注意到喷流准直轮廓的变化位置（垂直虚线）远低于邦迪半径（垂直点线）。垂直虚线左侧的喷流宽度随距离的变化呈现为抛物线轮廓，而在其右侧，喷流宽度随距离的变化则呈现为锥形轮廓。图中的黑色和灰色区域分别表示黑洞最大自旋时（a=1）和没有自旋时的事件视

界大小。

研究团队单位：上海天文台

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发