



紫金山天文台在大质量恒星的起源问题取得重要进展



近期，中国科学院紫金山天文台“分子云与恒星形成”研究团组利用高分辨毫米波/亚毫米波干涉阵（ALMA）数据，研究报道了目前唯一有重复爆发式吸积的大质量原恒星M17 MIR以及由重复爆发式吸积引起的间断式高速分子喷流，为大质量恒星形成的爆发式吸积理论提供了可靠的观测证据，进一步加深了对大质量恒星起源问题的认识。相关成果以“M17 MIR: A Massive Star Is Forming via Episodic Mass Accretion”为题于2024年7月1日发表在《天体物理学杂志快报》(The Astrophysical Journal Letters)。

大质量恒星（大于8倍太阳质量）的起源问题一直以来都是天体物理学领域悬而未决的关键问题，其中通过爆发式吸积形成大质量恒星是近年来的一个热点话题。在过去的研究中，盘吸积模型以及相关的观测证据指向了一种可能性，即小质量原恒星通过气体吸积盘增长成为大质量原恒星进而最后形成大质量恒星。原恒星气体吸积盘的引力不稳定性可能会引起爆发式吸积活动以及伴随的高速物质抛射过程。这些过程的显著观测特征是红外光度爆发和高速分子喷流活动。

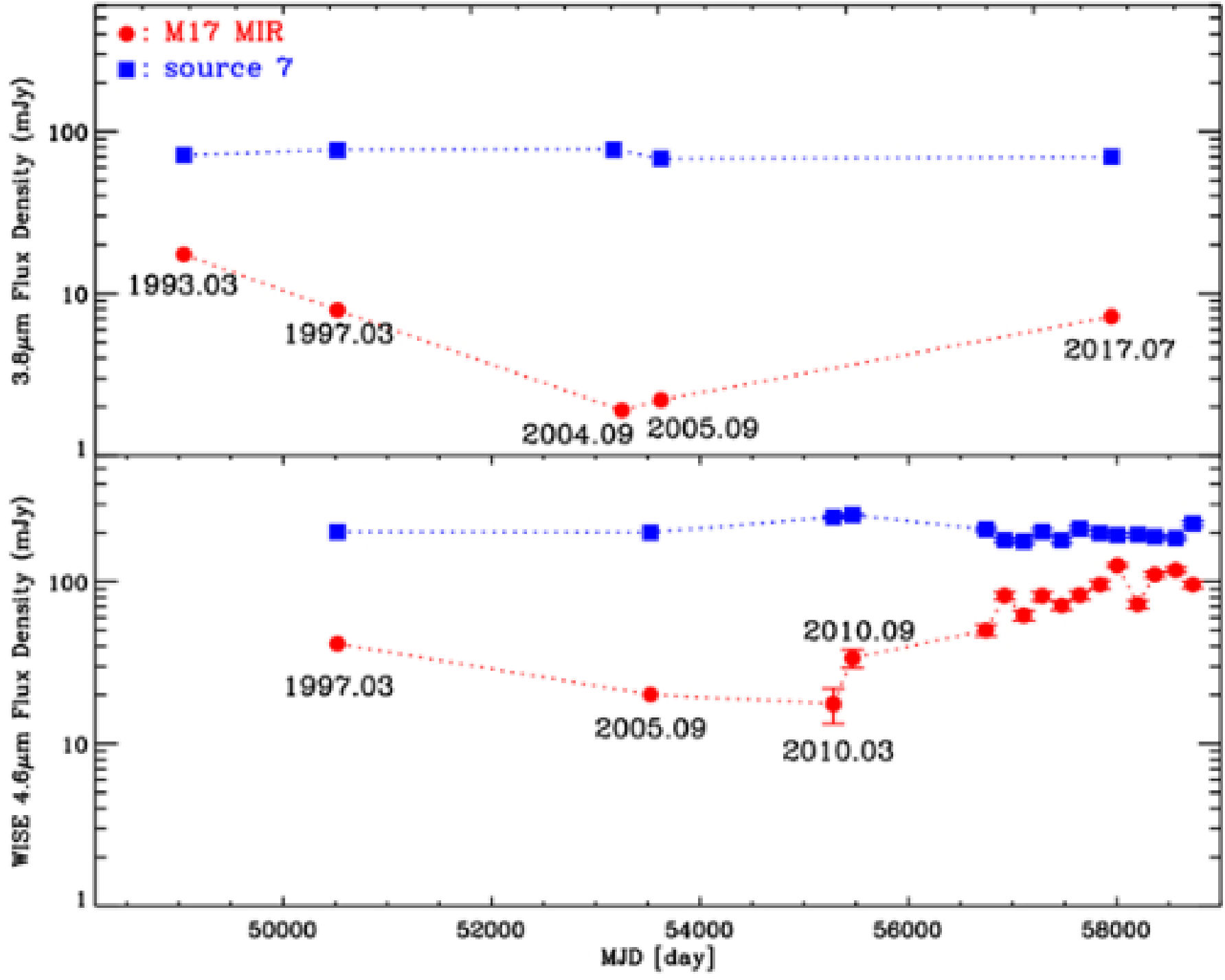


图1. 上图为M17 MIR在3.6μm波段的光度曲线；下图为M17 MIR在4.6μm波段的光度曲线。数据总的覆盖时段为26年（从1993到2019年）。蓝色数据点为同区域参考星的光度，红色数据点为M17 MIR的光度。图片来源于团队2021年发表的研究论文（<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac2151>）。

目前表现出爆发式吸积的大质量原恒星样本很少，包括S255IR NIRS 3、NGC 6334I MM1、G358.93-0.03 MM1，以及M17 MIR。M17 MIR是紫金山天文台的研究人员基于长时间的红外数据首次独立发现的。从1993到2019年的红外测光数据可以发现M17 MIR有明显地中红外光度变化（图1）。中红外光变曲线说明存在两个明显的红外光度爆发期以及在其之间的一段宁静期。此外，M17 MIR也表现出与红外光变几乎同步的22 GHz水脉泽光变活动。因此，M17 MIR是首颗有重复爆发式吸积的大质量原恒星。通过光谱能量分布拟合估算得到爆发期的物质吸积率为每年千分之一太阳质量。通过重复爆发式吸积，M17 MIR有望成为一颗20个太阳质量的O9型恒星。

M17 MIR的水脉泽活动预示了外流活动存在的可能性。通过分析ALMA 1.3毫米波段存档数据，团队发现12CO (J=2-1)谱线的高速线翼部分有明显的超出（图2(a)），成图后发现了间断式的双极分子外流（图2(b)）。外流的极高速（EHV）部分展现出对称且准直的喷流状结构，并且可以分辨出明显的精细结状结构（图2(c)）。假定距离最近的EHV结构N1-1/S1-1起源于2010年开始的爆发式吸积活动，可以推断出喷流速度约为421 km s⁻¹。基于这个喷流速度，研究发现EHV结构N1-2/S1-2的动力学年龄恰好对应于上世纪90年代发生的爆发式吸积活动，这进一步验证了动力学年龄的合理性和准确性。其余间断式高速分子喷流（N2，N3，和N4）的动力学年龄小于400年，暗示着过去400年发生过多次爆发式吸积活动，每次的持续时间大约为几十年，这与气体吸积盘的引力不稳定性以及碎裂模型相符合，对大质量恒星起源问题的理论研究具有重要的参考价值。

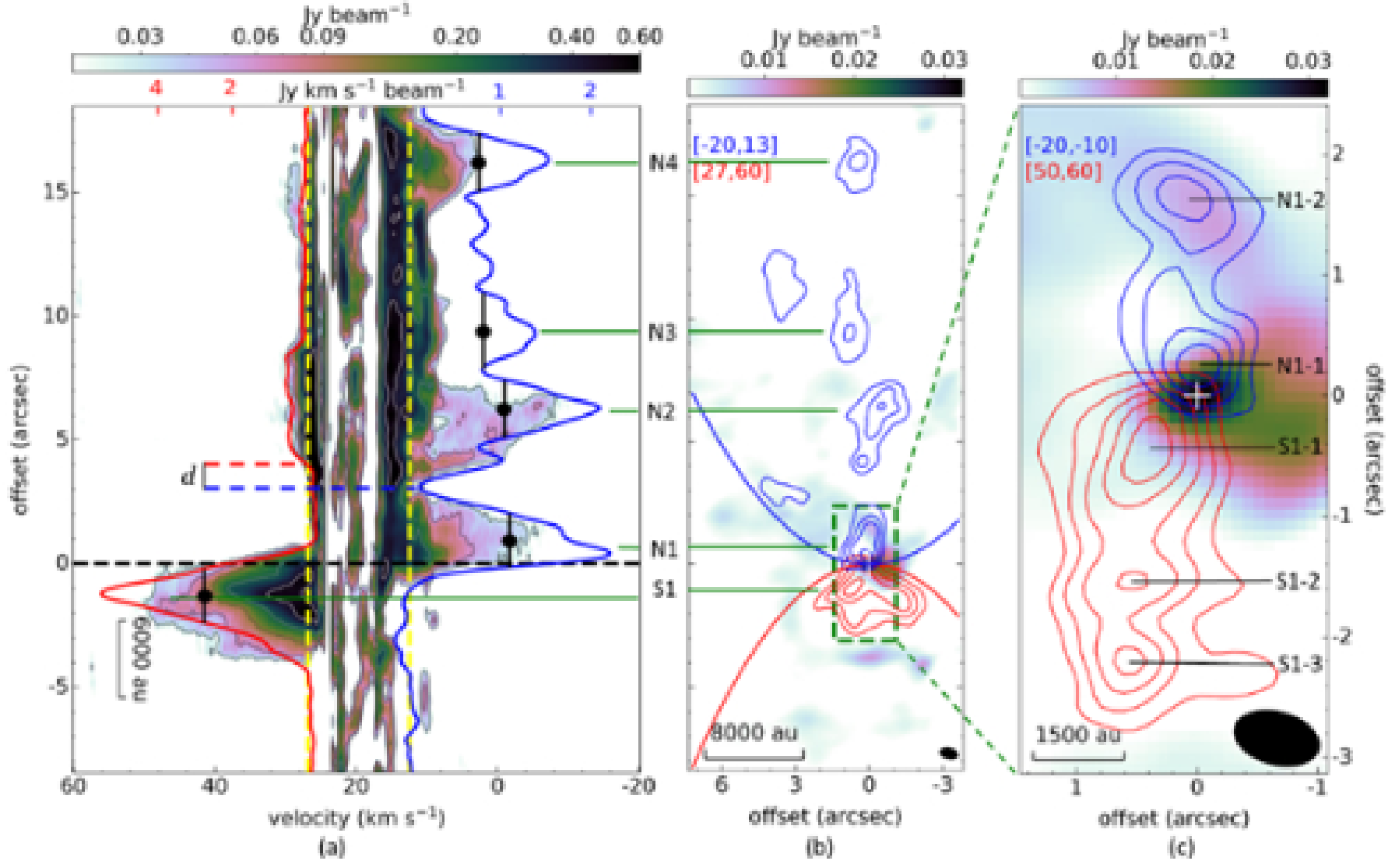


图2. (a)CO发射沿外流方向的速度-位置图；(b)红移和蓝移的高速CO发射（|V-Vsys|>7 km s⁻¹）的积分强度图分别以红色和蓝色的轮廓线表示，底图为1.3 mm波长的连续谱发射；(c)为图b的局部放大图，以红色和蓝色的轮廓线展现了极高速CO发射（|V-Vsys|>30 km s⁻¹）的积分强度图。图片来源于论文的图2。

大质量恒星的爆发式吸积活动既能通过红外光度爆发研究，也能通过高速分子喷流的结状结构来推测爆发式吸积活动的发生时间与间隔。而第二种方法能够研究数百乃至数千年前发生的爆发式吸积活动，追溯大质量恒星的长期吸积历史。M17 MIR作为宝贵的例证，为研究大质量恒星的动态形成过程提供了多方面的观测证据和详细的观测诊断，为大质量恒星形成的爆发式吸积理论提供了可靠的观测证据，进一步加深了对大质量恒星起源问题的认识。

论文第一作者为紫金山天文台分子云与恒星形成研究团组的硕士研究生周威，通讯作者为其指导老师陈志维副研究员。该工作得到了国家自然科学基金、江苏省自然科学基金的资助。

论文链接: <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ad55c7>