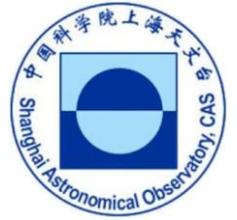




天马行空录



主办单位：中国科学院上海天文台

2022年9月30日

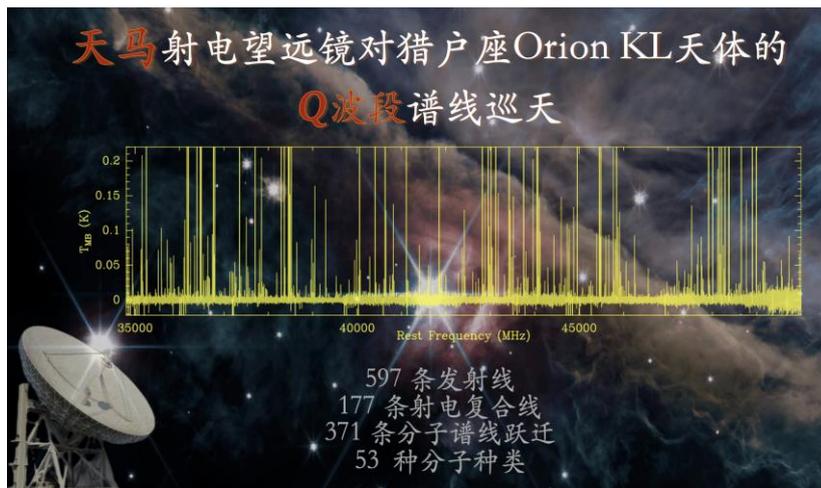
第33期

总第33期

【科学观测动态】天马望远镜为 Orion KL “体检” 报告新鲜出炉

近期，上海天文台科研团队利用天马望远镜完成了对猎户座 Orion KL 的 Q 波段谱线搜寻。这是迄今为止国际上最大带宽（15 GHz）、最高灵敏度（mK 量级）的 Q 波段谱线巡天工作，也是国内首个大宽带深度谱线搜寻工作。相比于高频（短毫米波和亚毫米）波段，Q 波段在搜寻分子新跃迁、高阶复合线、新分子品种等方面具有独特的优势。然而，长期以来，受限于大型观测设备的缺乏，这一波段的谱线搜寻工作还非常不足。天马望远镜是目前亚洲口径最大的全可动射电望远镜，是谱线观测的利器。在 2022 年 3 月，该团队系统地测试了天马望远镜 Q 波段谱线观测能力，并完成了对 Orion KL 的 Q 波段谱线观测的全波段覆盖。

该搜寻工作共探测到约 600 条发射线，并成功从中证认出 177 条射电复合线和 371 条分子谱线。在天马望远镜探测到的 53 个分子品种中，21 种是前人对 Orion KL 的 Q 波段搜寻工作中未曾探测到的。该团队开发了辐射传能拟合工具，对所有探测到的发射线（包括分子谱线与发射线）同时进行了拟合，得到了不同分子的激发温度、柱密度等重要参数，确认了谱线证认的准确性。这一工作表明了天马望远镜在探测弱线、开展大宽带谱线搜寻等方面的强大能力。相关研究成果已被《天体物理学报增刊》（The Astrophysical Journal Supplement Series）接收。



注：背景彩图是詹姆斯·韦布望远镜（JWST）拍摄的猎户座大星云近红外照片，Orion KL 位于中间最亮星旁边（图片来源：NASA/ESA/CSA）。

图 1 天马望远镜获取的猎户座 Orion KL 在 Q 波段的全波段谱线

在探测到的 177 条射电复合线中，包含了 H135 π 和 C81 γ 等阶复合线，这是目前在 Q 波段探测到的 Δn 最大的高阶复合线，表明 Orion KL 内部的大质量恒星具有强大的电离周围气体的能力。该工作首次在 Orion

KL 中探测到上能级温度高于 2000 K 的氨分子反演跃迁的发射线，证明 Orion KL 区域存在极高温 (>1000 K) 分子气体。与德国科隆大学 CDMS 团队合作，通过对比他们最新的实验室谱线参数，研究人员首次在 Q 波段探测并证认出处于振动激发态的乙基氰发射线。该工作还探测到了大量的复杂有机分子（如：甲酰胺、甲酸甲酯、乙基氰、二甲醚、乙醇、丙酮等），这些复杂有机分子是形成更复杂的生命前分子的基石。

这项工作证明了天马望远镜开展天体化学研究的巨大潜力，表明了利用我们国家自己的射电望远镜也可以开展具有国际一流水平的天体化学观测研究，并对以后利用该波段谱线进行其它目标天体观测提供向导和路标。

接下来，该团队将利用天马望远镜对 Orion KL 进行更深度的谱线搜寻，以期达到亚 mK 水平的灵敏度，并把频率覆盖拓展到整个 Q 波段和 Ka 波段的 26~50 GHz 范围。该团队还计划对一批更大的典型恒星形成区样本在 Q 波段与 Ka 波段进行深度谱线搜寻（噪声水平小于 5 mK）。这些系统的谱线搜寻将提供前所未有的 Q/Ka 波段典型源谱线库，可助力于对新分子尤其是生命前大分子的搜索。

表 1 天马探测到的分子品类

CS	³⁴ SO	HC ¹³ CCN	CH ₃ CN $v_t = 1$	NH ₂ CHO	H ₂ ¹³ CO	SiO
¹³ CS	OCS	HCC ¹³ CN	HCN $v_2 = 1$	CH ₃ OH	H ₂ CCO	SiO $v = 1$
³³ CS	O ¹³ CS	HC ₃ N $v_6 = 1$	C ₂ H ₃ CN	¹³ CH ₃ OH	CH ₃ CHO	SiO $v = 2$
³⁴ CS	OC ³⁴ S	HC ₃ N $v_7 = 1$	C ₂ H ₅ CN	A-CH ₃ OH $v_t = 1$	CH ₃ OCHO	²⁹ SiO
CCS	SO ₂	HC ₃ N $v_7 = 2$	CH ₂ H ₅ CN v_{13}/v_{21}	E-CH ₃ OH $v_t = 1$	CH ₃ OCHO $v_t = 1$	³⁰ SiO
HCS ⁺	³⁴ SO ₂	HC ₅ N	NH ₃	C ₂ H ₅ OH	CH ₂ OCH ₂	
H ₂ CS	HC ₃ N	CH ₃ NH ₂	NH ₂ D	HCOOH	CH ₃ OCH ₃	
SO	H ¹³ CCCN	CH ₃ CN	HNCO	H ₂ CO	CH ₃ COCH ₃	

注：蓝色是前人（Rizzo et al. 2017）在 Q 探测到的分子品类，黑色是前人未探测到的品类品类，红色是信噪比较低的探测。

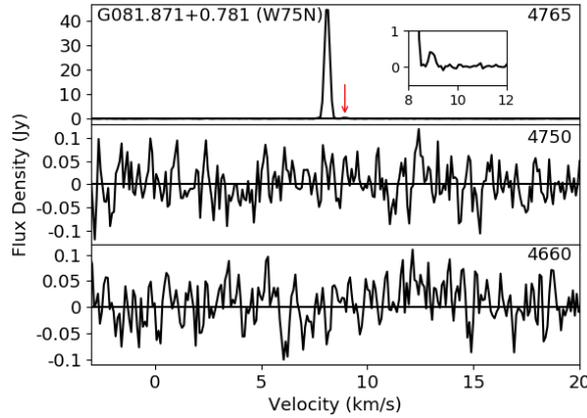
【科学观测动态】天马望远镜发现 8 个新的激发态羟基脉泽

星际脉泽（主要是羟基、水和甲醇脉泽）广泛存在于大质量恒星形成区，其脉泽斑具有小而亮的辐射特征，并且这些脉泽辐射具有穿透尘埃的特性，所以成为示踪大质量恒星形成区，尤其是探索小尺度范围内物理和动力学特性的最有效探针。

根据跃迁能级分类，羟基脉泽分为基态羟基脉泽和激发态羟基脉泽。在大质量恒星形成区中，通过同时观测基态羟基脉泽和激发态羟基脉泽可以限制脉泽所在区域的物理条件，例如氢分子密度、温度和速度梯度等参数。因而观测激发态羟基脉泽也极为重要。

由国家授时中心、中国科学院上海天文台、南京大学以及广州大学组成的合作团队，在激发态羟基脉泽的观测上取得了新突破。该团队利用天马望远镜对北天 155 个大质量恒星形成区进行搜寻，共探测到 18 个 4.7 GHz 激发态羟基脉泽，其中 8 个 4.7 GHz 羟基脉泽是首次被探测到。论文在线发表于《天体物理学报》（The Astrophysical Journal）。

值得一提的是，在观测 4.7 GHz 激发态羟基脉泽时，团队也同时观测了 6.0 GHz 激发态羟基脉泽，关于 6.0 GHz 激发态羟基脉泽的文章正在准备之中，预期将会展示更多的激发态羟基脉泽结果，为研究大质量恒星形成区物理条件提供重要的观测样本。



注：X轴是速度，Y轴是流量密度。其中4.765 GHz是脉泽辐射，4.750 GHz和4.660 GHz激发态羟基跃迁上既无发射谱线也无吸收谱线。

图2 W75N在4.765、4.750和4.660 GHz激发态羟基跃迁上的光谱图

【科学观测动态】天马望远镜发现脉冲星 B1822-09 周期跃变和辐射特殊变化

尽管脉冲星因自转频率稳定被被誉为“挂在天上的钟”，但也有少数脉冲星会发生自转频率的突变并在数天或数月恢复，该现象被称为周期跃变（glitch现象，亦称“星震”）。就如地球上的地震一样，周期跃变为探测脉冲星的内部结构提供了重要信息。脉冲星的脉冲轮廓则携带了其外部辐射区的重要信息。目前，仅发现了极少数脉冲星（少于10例）的周期跃变和平均轮廓关联变化。天马射电望远镜对此现象的脉冲星进行了长期监测，并新发现 B1822-09 两例“与众不同”的周期跃变现象。尽管这两次跃变大小相近，但它们发生前后的平均脉冲轮廓演化行为却截然不同。第一次跃变发生后，其平均脉冲轮廓形状发生了较为明显的改变（见图3）；而第二次跃变后，其平均脉冲轮廓在总体上并没有显著变化（见图4）。

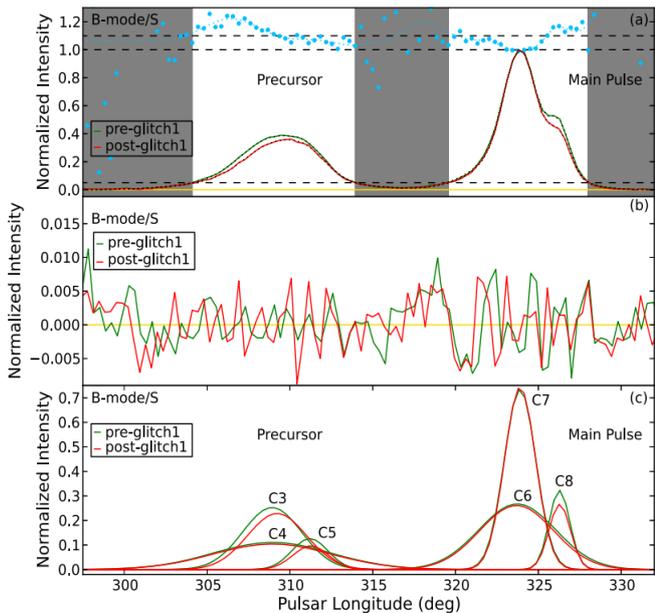


图3 脉冲星 B1822-09 第一次周期跃变前后，其 S 波段积分轮廓对比图（上）、高斯拟合残差图（中）、高斯成分图（下）

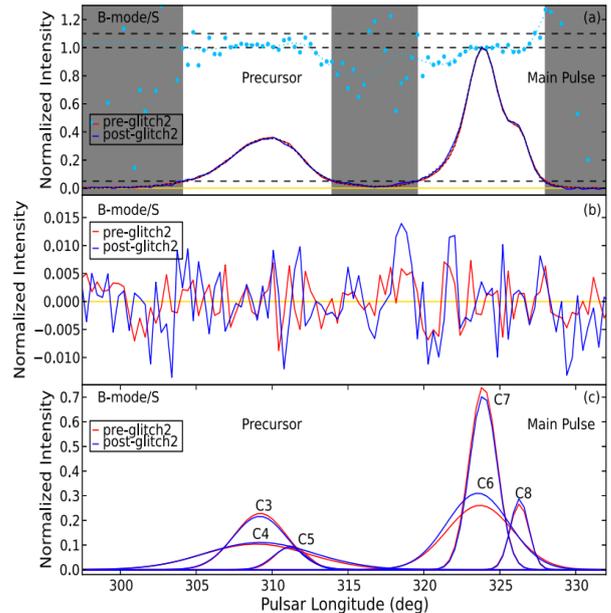


图4 脉冲星 B1822-09 第二次周期跃变前后，其 S 波段积分轮廓对比图（上）、高斯拟合残差图（中）、高斯成分图（下）

此外，脉冲星 B1822-09 两次跃变后的自转频率恢复过程也存在差异。第一次跃变后，它的自转频率很快就稳定下来；而第二次跃变后，其自转频率呈现出较为明显的指数恢复过程。跃变后自转频率演化特性的差异通常暗示着不同的跃变触发机制。两次跃变前后平均脉冲轮廓的不同变化，以及跃变后自转频率演化的差异，表明跃变后脉冲轮廓是否发生变化可能和跃变的触发机制有关。目前，尚未有跃变触发机制模型明确预言其前后脉冲星辐射特性变化。这项研究对进一步揭示跃变触发机制、建立有关模型具有重要意义。

该项研究工作由来自广州大学、中国科学院上海天文台和贵州师范大学研究者合作完成，成果发表于《天体物理学报》（The Astrophysical Journal）。

【技术维护与发展】背架结构热变形对天线面型精度的影响研究进展

项目组以天马望远镜为研究对象，采用有限元分析方法，研究日照引起的背架温度梯度对天线面型精度的影响。首先建立结构遮挡系数和太阳辐射强度计算模块，分析各时刻背架温度梯度，然后计算各时刻温度梯度和环境温度两种载荷工况下结构热变形，并将有限元计算结果与 e-OOF 测量结果进行了对比，二者的变化趋势吻合得很好（见表 2）。研究结果显示，太阳持续照射背架 3 h 导致主面面型差约为 170 μm 。

表 2 有限元分析与 e-OOF 测量的面型变形 (RMS) 对比 (μm)

Time	13:16	13:52	14:29	15:05	15:42	16:19	16:56
Method							
FEM	208	275	317	355	379	380	362
e-OOF	204	249	290	303	373	381	365

【新闻动态】天马望远镜 2022 年观测申请正式发布

2022 年 8 月，天马望远镜进行了观测申请的征集。本次观测频段包括 L (1.25~1.75 GHz), S (2.2~2.4 GHz) / X (8.2~9.0 GHz), C (4~8 GHz) 和 Ku (12.0~18.2 GHz) 波段，Ku 波段的系统噪声温度根据天气条件约为 40~80 K，其他频段的系统噪声温度约为 30 K。采用 DIABS 记录终端。目前共收到 17 份观测申请，其中 16 份谱线观测申请，1 份连续谱观测申请。申请来自南京大学、广州大学、新疆天文台、中国科学院上海天文台、国家授时中心、之江实验室等单位。观测目标包括碳链分子、甲醇脉泽、羟基脉泽、射电复合线、氢 21cm 谱线等，研究内容涉及天体化学、恒星形成、恒星射电爆等领域。目前观测申请还在评审中。

【观测运行动态】观测情况统计

2022 年 7~9 月天马望远镜总运行时间 2 205 h，其中单天线观测 1 619.5 h、VLBI 观测 232 h、各项测试 225.5 h、天线维修保养 128 h。

中国科学院上海天文台

[网址] <http://shao.ac.cn/>

[地址] 上海市徐汇区南丹路 80 号

[邮政编码] 200030

编辑：何雯婷 王彩虹

审核：刘庆会

签发：沈志强