

乌鲁木齐 25m 射电望远镜的 单天线观测研究

张 晋¹ 王 娜^{1,2,3} 艾力·伊¹ 加尔肯¹
艾力·玉¹ 张洪波¹ 刘 祥¹

(1. 中国科学院乌鲁木齐天文站 乌鲁木齐 830011)

(2. 北京大学天文系 北京 100871)

(3. 中国科学院 - 北京大学联合北京天体物理中心 北京 100871)

摘 要

自 1993 年乌鲁木齐天文站 25m 射电望远镜建成以来,除了不断完善 VLBI 观测系统外,还选择发展了具有科学价值的单天线天体物理观测课题。其中基于常温接收机的脉冲星脉冲到达时间观测系统已于 1999 年 5~6 月间建成。该系统建立在 25m 射电天线的 18cm 波段上,消色散采用了 $2 \times 128 \times 2.5\text{MHz}$ 多通道滤波器和数字化器,并由 PC 机完成数据采集。同时进行的脉冲星工作还有 92cm 及其它波段的脉冲轮廓监测,对 0329+54 的多波段观测得到了它的频谱。在 25m 天线的 1.3cm 波段上建立了基于声表面波频谱仪和频率综合器的分子谱线观测系统,对水脉泽的观测已经发现了十几个可能的水脉泽源,观测结果正在认证当中。

关键词 射电望远镜: 单天线 — 接收机 — 脉冲星 — 水脉泽

分类号 P111.44

1 引 言

中国科学院乌鲁木齐天文站的 25m 射电望远镜最初是为了甚长基线射电干涉 (VLBI) 观测目的而建立的,系统于 1994 年初建成,2 月 28 日即成功进行了首期 VLBI 联测。随后的几年里,乌站先后成为欧洲 VLBI 网 (EVN) 的成员和国际 VLBI 服务 (IVS) 标准站,并参加过亚太望远镜 (APT)、EVN、NASA、俄罗斯低频 VLBI 网 (LFVN) 的测地和天体物理观测。1997~1998 年的基线测量精度大多数在 10mm 以内,达到国际先进水平^[1];天体物理方面的研究课题包括活动星系核、星际散射等。并与俄罗斯科学院列别捷夫物理所空间天文中心

心、意大利射电天文研究所建立了密切的合作关系，主要从事活动星系核 (AGN) 的精细结构研究。

鉴于国内外其他射电望远镜的经验及工作状况，在 VLBI 观测逐渐走向常规观测的条件下，我们利用充裕的天线时间发展了单天线天体物理观测研究，既扩展了研究领域，又改进了 VLBI 观测系统。乌站进行的单天线工作主要包括脉冲星到达时间、平均脉冲轮廓、辐射流量、星际分子谱线几个方面。图 1 是观测系统的整体结构示意图，其中，脉冲星到达时间观测建立在系统的 18cm 波段上，目前基于常温放大器的观测系统已经建成，观测到脉冲星的最低流量密度约为 4mJy 。平均脉冲轮廓的监测开始于 1996 年，主要在 92cm 上进行，正在向多频方向发展。谱线的工作开始于 1996 年，现在利用声表面波频谱仪对星际分子谱线的观测已经取得初步进展。

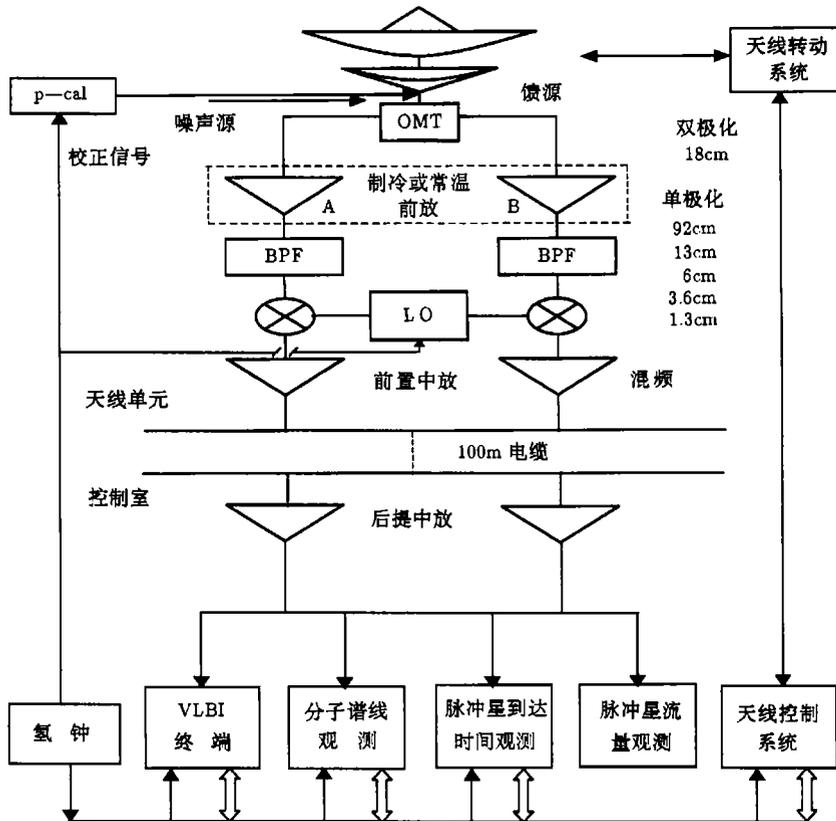


图 1 乌鲁木齐 25m 射电望远镜观测系统示意图

2 天线与接收机概况

乌鲁木齐 25m 射电望远镜系统是继上海建成类似系统的基础上改进和完善的我国重要设备，目前已成为国家天文创新工程的五大基地之一。乌鲁木齐南山 25m 站位于亚洲地理中心，其位置对美国、亚太地区和欧洲 VLBI 网提高观测灵敏度非常重要，它的建成引起了国

内外 VLBI 界的重视。

乌鲁木齐射电望远镜系统包括 25m 天线系统、前端接收机系统、VLBI 记录终端系统、原子频标和时间比对系统以及单天线观测系统等。天线为修正型卡塞格林地平式天线, 其直径 25m, 主要性能指标见表 1。

表 1 乌鲁木齐 25m 天线主要性能参数

天线主面板精度	0.65mm
指向跟踪精度	< 15''
天线转动工作范围	方位 $\pm 270^\circ$, 俯仰 $4 \sim 90^\circ$
最大旋转速度	方位 $1^\circ/\text{s}$, 俯仰 $0.5^\circ/\text{s}$
加速度	方位 $0.5^\circ/\text{s}^2$, 俯仰 $0.25^\circ/\text{s}^2$
换馈源时间	< 1h, 自动换馈源

目前前端接收机配备有 1.3cm、3.6cm、6cm、13cm、18cm、92cm 共 6 个波段的接收机^[2], 其中 1.3cm、3.6cm、6cm 三个波段为制冷系统, 其它为常温。1.3cm 接收机是我站与日本合作, 并在日本研制的。3.6/13cm 波段为 1996 年从俄罗斯购买, 18cm 原来为单极化, 在建立脉冲星到达时间观测系统的工作中, 为提高灵敏度, 将其改造为双极化。相对频率比较高的波段(即 1.3~18cm)射电信号在高频仓经混频降到中频的 100~500MHz, 由电缆传送到信号接收终端。而频率较低的 92cm 波段, 信号不用经过混频, 直接传送到接收终端。各个波段的噪声温度、本振频率、工作频率范围等性能参数见表 2。

表 2 乌鲁木齐 25m 射电望远镜各波段接收机参数

接收机波段	92cm	18cm		13cm	6cm	3.6cm	1.3cm
		A	B				
频率范围 /GHz	0.314 ~ 0.340	1.38 ~ 1.70	1.38 ~ 1.70	2.15 ~ 2.45	4.75 ~ 5.15	8.18 ~ 8.67	22 ~ 24
接收机噪声温度 /K	28	50	65	75	< 12	< 15	50
系统噪声温度 /K	125	86	95	116	34	< 45	175
本振 /GHz	None	1.3	1.3	2.02	4.62	8.08	22

VLBI 记录终端系统已装备了 MK II、MK III A 和日本 K-4 系统, 目前正在进行 MK III A 记录系统升级为 MK IV 系统的工作, 升级完成后记录终端系统记录速率将达到 1Gbit/s 的记录能力, 与国际上目前通用的 VLBI 记录终端水平一致。

原子频标和时间比对系统的主要作用是实现氢钟与 GPS 比对, 并给各观测系统提供频率标准和时间信号。

3 脉冲星脉冲到达时间的观测与研究

3.1 研究意义

脉冲星是恒星演化后期经超新星爆发内核塌缩形成的致密天体, 很早人们就认识到它的脉冲信号不是由于脉动而是由于自转产生的。脉冲星自转具有很强的周期性, 目前观测到的射电脉冲星的周期在 0.0016 ~ 8.5s 之间。偶极辐射模型指出脉冲星辐射损失的是自转能, 所

以自转是逐渐减慢的,其周期变化率一般为 $10^{-15}\text{s}\cdot\text{s}^{-1}$ 量级。除了这种稳定的长期变化,脉冲星自转周期还存在两种不规则变化,即周期的突然增加——跃变 (glitch) 和随机变化 (timing noise)^[3], 周期的不规则变化是探测脉冲星内部物质结构的探针。脉冲双星系统的存在和验证也是通过到达时间探测的;对双中子星系统的高精度到达时间测量能够检验相对论效应, Taylor 等人对脉冲星 PSR B1913+16 的观测就是很好的例证^[4]。另外 1yr 以上的观测可以测量脉冲星位置或者获得它们的自行^[5], 这对于研究脉冲星的形成和与超新星遗迹的关系至关重要;反映脉冲星传播路径中平均电子密度的色散量 (DM) 也是通过到达时间测量而获得的,而大样本的脉冲星色散测量^[6] 变化可以反映出星际介质的结构。

到达时间 (pulsar timing) 是指脉冲星脉冲信号到达天线的时刻,影响到达时间变化的因素很多,前面提到的脉冲周期的长期变化、随机变化是脉冲星固有的,也是我们的观测、研究目标之一。为精确测量这种变化,首先要扣除其它因素带来的误差,例如地球的公转、色散延迟两个最大的影响。地球公转的 Doppler 效应改正最大幅度达 500s 左右,可以通过太阳系星历表进行改正。色散延迟不仅造成不同频率信号间的相位差,同时信号的弥散也使得观测灵敏度降低,尤以短周期的脉冲星为甚,如果接收的频率达到一定的宽度,色散延迟可以覆盖整个脉冲星的辐射周期而无法看到脉冲轮廓。从这个意义上说,脉冲星观测必须具有自己的终端——脉冲星消色散系统。

3.2 到达时间观测系统的建立与观测

乌鲁木齐天文站的 18cm 波段脉冲星脉冲到达时间观测系统分两个阶段完成,第一阶段的主要任务是建立消色散接收机和计算机数据采集及处理系统。第二阶段,也就是最终目标是接收机进行制冷双极化改造后使系统温度降为 30K,系统的灵敏度达到 $1\text{mJy}^{[7]}$,能够观测北天的大多数脉冲星。

第一阶段的系统安装调试于 1999 年 5~6 月间进行,并成功地进行了试观测。到达时间系统在 25m 天线整体框架中的位置已经在图 1 中说明,系统由 18cm 馈源、左右旋双圆极化器 (OMT)、双极化常温接收机、降频转换器、多通道滤波器和数字化器等组成。其中馈源和极化器是由信息产业部第 39 研究所生产,它的工作频率为 1350~1750MHz,馈源(包括左右旋双圆极化器)噪声温度为 30K。两路常温接收机工作频率都为 1380~1700MHz,其中右旋极化前置高放噪声温度为 30K,系统噪声为 85K;左旋极化前置高放噪声温度为 40K,系统噪声为 95K。本机振荡器设为 1300MHz,所以接收机输出中频频率为 80~400MHz,带宽覆盖较为理想。

定义图 2 中从降频转换器到数字化器部分为消色散系统,这是国际上脉冲星观测常用终端的一种,特点是造价低,性能稳定。实际工作中消色散是由软件完成的,这一部分的硬件主要作用是把信号分为若干个相对比较窄的频率通道,这些通道的信号经过模数转换后提供给计算机进行采样。具体介绍如下:

降频转换器:把接收机来的两路带宽各为 320MHz 的信号通过功分器分成八路,通过混频、滤波、放大得到适合多通道滤波器的信号,每一路带宽为 80MHz (38.75~118.75MHz),八路总带宽为 $8 \times 80\text{MHz}$ 。

多通道滤波器:降频转换电路来的八路中频信号在多通道滤波电路中进行处理,每一路分频到 32 个通道,每一个通道带宽通过两个 LC 滤波器和 TC1 调谐电容器调到 2.5MHz,然后送到平方律检波器进行模拟转换,产生电压信号。多通道滤波电路共输出 256 个通道模拟

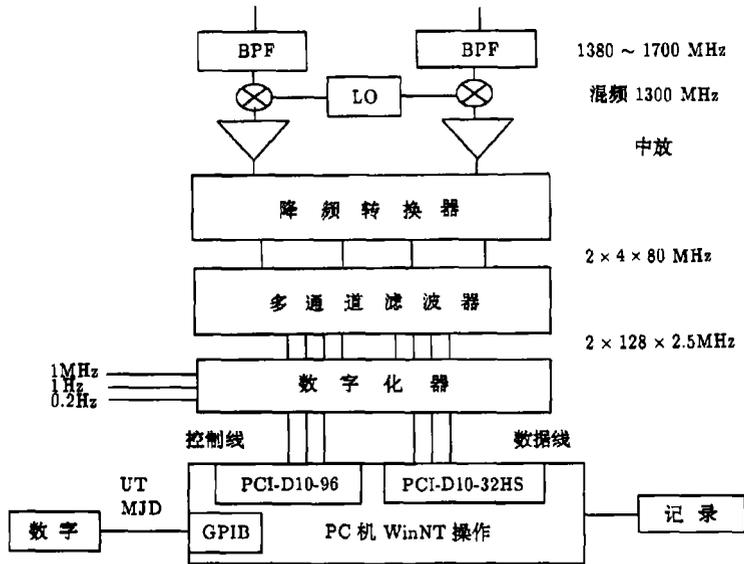


图 2 脉冲星观测的消色散系统

电压信号给数字化器进行处理。

数字化器：多通道滤波电路来的 256 个通道模拟电压信号通过数字化器的 R 和 C1 电路组成的 0.2Hz 高通滤波器，C2 和放大器组成的单采样间隔的积分电路和比较电路后产生数字信号储存到 D 触发器。D 触发器通过控制 1bit 的数字写到数据总线上。

256 个通道信号分别经过 1bit 量化，再通过 16 或 32bit 数据总线送给计算机进行处理，采样速率和采样通道数由计算机控制。数据采集由安装了 WinNT 的 PC 机完成，采集程序是用 Visual C++ 编写的 Windows 程序，实时地完成数据采集、脉冲周期计算和周期折叠、消色散、显示、数据保存等多个任务。数据处理为标准的 Linux 版本的到达时间处理软件 Treduce 和 TEMPO，它们是澳大利亚国家天文台 ATNF、Swinburne 大学和美国 Princeton 大学支持和开发的大型脉冲星资料处理软件。这些软件原来只在工作站上应用，向微机上移植必须解决兼容问题。

观测结果证明系统的工作状态良好，可以观测到 80 多颗脉冲星，其中最弱的源流量密度约为 4mJy。图 3 为 PSR J1935+1616 在右旋极化 128 个通道内的轮廓和累加后的平均脉冲轮廓，色散带来的脉冲信号延迟清晰可见。

由于新的接收机从经费到到位到研制、安装成功还需要较长的时间，在其完成之前，仍可利用常温系统进行有科学价值的观测研究。已经发表的脉冲星星表中^[6]很多星的参数是 20yr 前的结果，对这些星的参数进行重新观测是有意义的工作。首先可以测量到其周期和周期的导数、检查色散量的变化，1yr 的观测还将获得位置变化信息。国际上的观测经验表明，过去对于脉冲星自行的测量有时偏差很大，所以有必要利用星表提供的 20yr 前的资料和我们一年来的观测对自行进行重新测量。希望在一年多的观测中探测到脉冲星的周期跃变 (glitch)，但是跃变的发生具有一定的随机性^[8]，需进行频繁的观测以期发现年轻的脉冲星的跃变，似有守株待兔之意味，但正因为跃变的稀少和具有深刻的研究意义，才使得这一观测研究显得

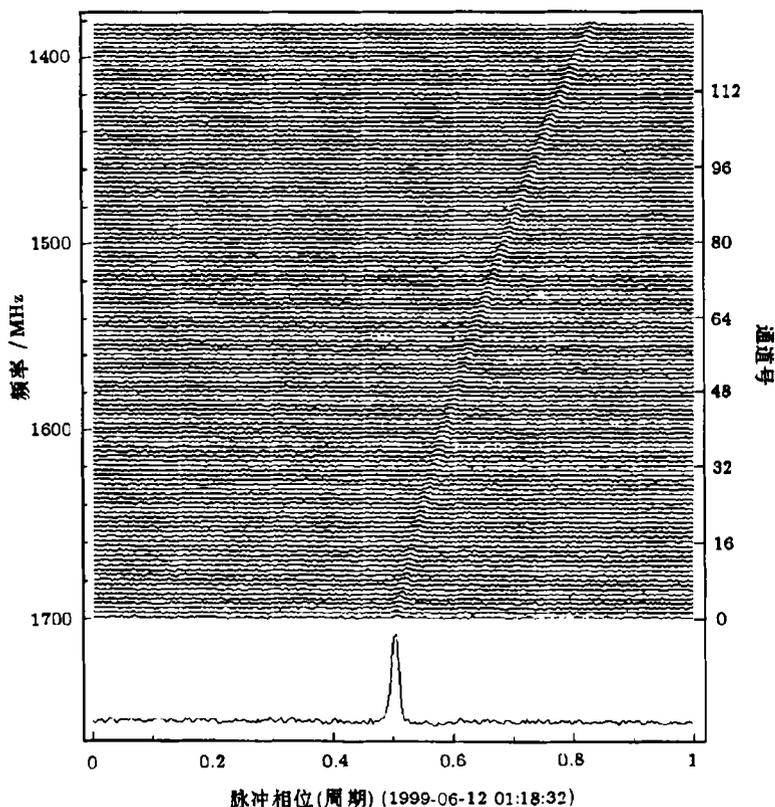


图3 脉冲星 PSRJ1935+1616 在 18cm 频率波段上的平均脉冲轮廓
图中上方为各个频率通道的观测结果, 下方为消色散后的结果

更为重要。

4 脉冲星平均脉冲轮廓和辐射强度在 92cm 和其他波段的观测

4.1 意义

脉冲星的平均脉冲轮廓是指把若干个单个脉冲在相同相位上进行叠加而得到的累积轮廓, 平均脉冲是观测脉冲星辐射的窗口^[9]。多数脉冲星的平均脉冲轮廓是长期稳定的, 这反映出脉冲星辐射区的物理条件和结构是稳定的。但是也有少数脉冲星的平均脉冲轮廓存在第二稳定形状。不同脉冲星的平均脉冲轮廓有特性也有共性, 特性是不同的星平均脉冲轮廓决不重复, 共性是它们的脉冲宽度很窄, 一般小于周期的 5%。对特定的脉冲星观测只能探测到辐射区的很小区域, 对尽量多的脉冲星进行轮廓观测在揭示辐射区结构方面是有意义的。涉及辐射机制的理论主要有磁极冠模型和相对论辐射束模型, 前者辐射区位于脉冲星的磁极之上, 而后者辐射区位于脉冲星的光速圆柱附近。无论是哪种辐射机制, 都要考虑强磁场中电荷的辐射过程, 解释诸如脉冲轮廓多个成分、脉冲轮廓宽度随频率变化、脉冲消失 (Nulling)、脉冲星极高的射电亮度等观测事实。目前流行的 RS 模型^[10] 和外 Gap 模型^[11,12] 仍存在理

论本身的自洽或应用问题, 对脉冲星辐射特性的研究仍然是一个值得探索的领域。

脉冲星的辐射除了固有的辐射变化, 信号在传播过程中会因为电子密度不均匀扰动而衍射, 不同相位的信号在天线处相干或相消, 造成脉冲星的辐射强度起伏, 即星际闪烁效应。星际闪烁效应导致强度变化的时标和相干频率随着观测频率和脉冲星的距离远近发生系统变化。通过长期监测, 在扣除了星际闪烁带来的影响后, 可以获得脉冲星的准确频谱。

4.2 92cm(327MHz) 接收系统

92cm 接收机由交叉振子馈源、电桥电路、前置高放、滤波器和中放等组成(图 4), 主要参数见表 1。观测采用单频率通道, 观测带宽为 1MHz、2MHz 或 4MHz, 数据采集处理由 PC 机完成。到目前为止, 92cm 单通道平均脉冲轮廓观测系统已成功地观测到 18 颗脉冲星,

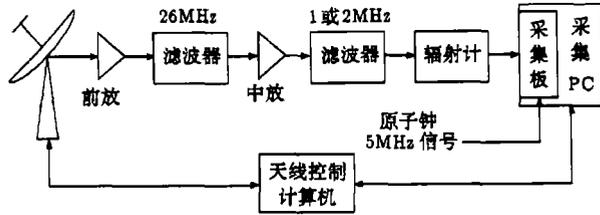


图 4 92cm 脉冲星观测系统示意图

观测到的最低流量为 80mJy。目前已有两项改造工作正在实施中: (1) 前端接收机改为超外差式接收机, 由此可减少传输损耗; 最大限度地排除干扰, 预计可提高灵敏度 2~3 倍。(2) 建立 10 通道消色散观测系统, 通过增加带宽提高灵敏度, 并扩大可观测的 DM 值范围, 进一步增加可观测脉冲星数目。经上述改造后, 预计将观测到 50 多颗脉冲星。

4.3 脉冲星平均脉冲轮廓的多波段观测

国际上在 92cm 波段上对脉冲星的观测并不多, 我们目前已对 18 颗脉冲星进行了近 1yr 的平均脉冲轮廓和流量的监测, 取得了这些脉冲星辐射区重要的观测参数。脉冲星在射电频率 ν 上的流量密度 S_ν 是非常重要的观测参量, 对脉冲星辐射机制的研究尤为重要, 可靠的观测流量是导出脉冲星光度函数, 从而导出银河系脉冲星诞生率所需的极有价值的观测参数。

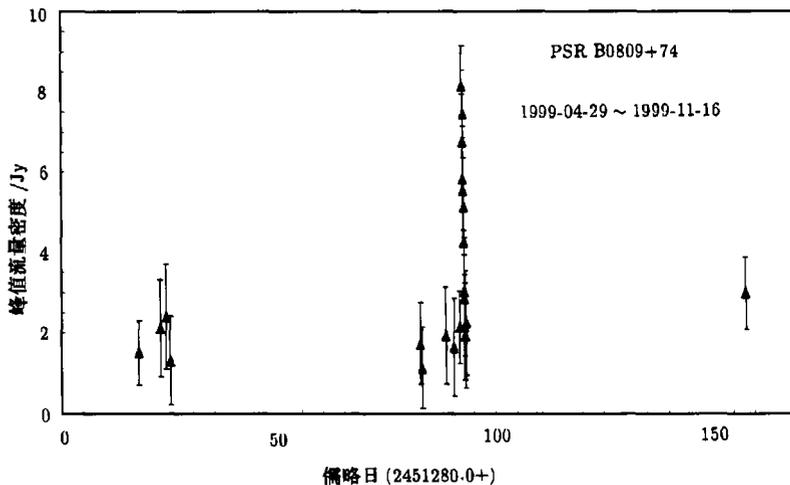


图 5 PSRB0809+74 的一次观测流量反常变化

1999 年 7 月 13 日, 我们监测到脉冲星 PSR B0809+74 观测流量的一次反常增加(见图 5), 其流量密度从平时的 1.9Jy 增加到 8.1Jy, 持续时间前后约 7h。这种变化可以是脉冲

星辐射的固有变化，也可以是由于传播过程中的星际闪烁效应造成的。我们首先考虑传播效应。脉冲星在较短时间内的流量变化被公认为是衍射星际闪烁 (DISS) 造成的，这种情形下脉冲星的流量变化特征时间是在分钟量级，与脉冲星的距离、观测频率、脉冲星的横向速度有关。流量变化在更长时间尺度上受到的调制是由折射星际闪烁 (RISS) 引起的，在 RISS 情形下，脉冲星的流量密度在很宽的频率范围内变化，变化的时间尺度从日到年^[13]。7月13日 PSR0809+74 的流量变化时间远长于 DISS 而又短于 RISS 的时间尺度，可能产生于一种未知的发生在脉冲星本身的辐射机制再加上散射效应；也可能是在沿着脉冲星传播路径上电子密度发生快速的变化，把原来被散射的辐射信号聚焦导致观测流量的增加。

大部分脉冲星的频谱行为遵从一个简单的频谱定律 $S \propto \nu^{-\alpha}$ ，平均谱指数 $\alpha = 1.6$ ，是较陡的幂律谱。有相当一部分脉冲星频谱在高频处有断折现象，即其频谱遵从 $\alpha = 2 \sim 3$ 的定律，完整的表示需用几个谱指数进行描述。我们用 92cm 脉冲星平均脉冲轮廓观测系统，分别在 18cm、13cm、6cm、3.6cm 波段对一些较强且频谱不太陡的脉冲星进行了成功的观测，并获得了 PSR B0329+54 的频谱 (见图 6)，其谱指数 $\alpha \approx 1.72$ 。

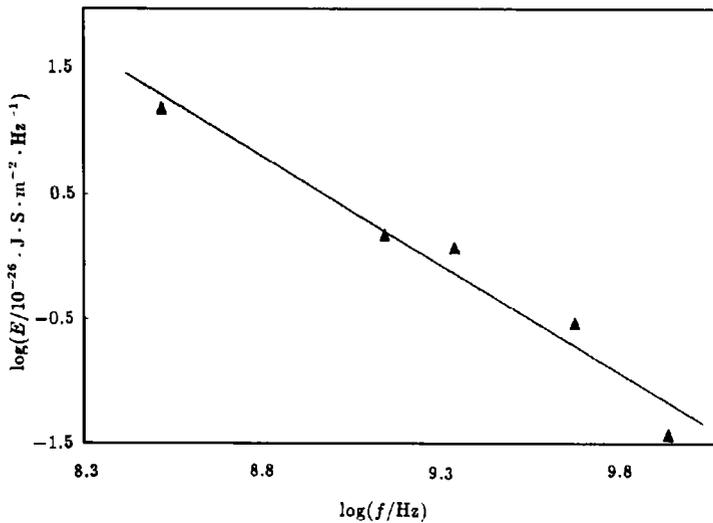


图 6 PSRB0329+54 的频谱，谱指数 $\alpha = 1.72$
观测频率分别是 92cm、18cm、13cm、6cm 和 3.6cm

5 星际分子谱线观测研究

5.1 研究意义

由于星际分子广泛存在于星云、恒星形成区、恒星包层、星系前物质、非常年轻的超新星遗迹及星系间的星际物质等之中，对其研究可提供大量的天体物理新信息，使我们对星际物质全貌的认识更加准确。另外分子谱线也是研究各种星云物理条件的最好探针，红外、亚毫米和微波波段的谱线是分子云相应密度和温度的直观展示。对于正在消亡的恒星 (如 AGB 星)，由于其质量流失率可观，形成了一个分子和尘埃组成的光学厚的星周包层，它是星际物

质重新回到星际的反映。在年轻的原恒星大气、晚型恒星拱星包层、超新星遗迹膨胀壳、活动星系核吸积盘等区域发现有很强水分子脉泽辐射, 因此在星际水分子谱线中, 研究得最广泛的是水分子脉泽辐射线。

典型水分子脉泽谱由很多子谱组成, 每条子谱的线宽都很窄, 对应的热温度约 50K, 但它的等效亮温度非常高, 当水分子脉泽爆发时, 亮温度高达 $10^{15} \sim 10^{16}$ K。水分子脉泽这些特殊性质使它成为强有力的天体物理示踪器, 可通过它测量天体中外流、塌缩、膨胀、旋转等动力学参数, 从水脉泽发现以来的 30 多年里已获得了大量有价值的天体物理资料^[14]。目前我们通过它观测红外源、AGB 星等目标研究它们的物理特征和变化。

5.2 观测系统

我们观测的水分子谱线是频率为 22.235080GHz 的 $6_{15} \rightarrow 5_{23}$ 跃迁线^[15], 从表 1 可以看出它落在 1.3cm 低温制冷 HEMT 接收机的工作范围内。该接收机是由乌站与日本国立天文台合作研制。水分子谱线观测设备由接收系统、频率综合器、第二混频器、声表面波 (SAW) 频谱仪和频谱观测计算机组成 (见图 7)。

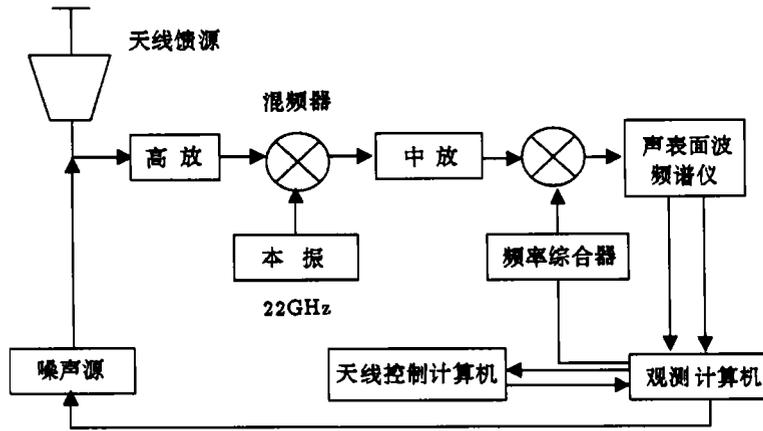


图 7 单天线分子谱线观测硬件系统

1.3cm 接收机采用前置高频放大器制冷, 制冷杜瓦瓶采用两级制冷传递方式, 外层第一级温度为 70K, 内层第一级温度为 20K。制冷高放增益 30dB, 噪声温度 30K。接收机平均噪声温度 55K, 工作频率范围为 22.1 ~ 24GHz。经 22GHz 本振 (PLO) 混频, 接收机输出频率为 0.1 ~ 2GHz 的中频信号, 总增益为 58dB, 系统噪声温度 175K。

我们使用 SKP 型声表面波频谱仪^[16] 进行分子谱线观测。接收机输出的中频信号在该频谱仪上与频率综合器信号进行第二次混频产生频率 509 ~ 549MHz、带宽为 40MHz 的信号, 经声表面波频谱仪进行傅利叶变换后分解成 1024 个通道, 每个通道带宽 40kHz 及分辨率即 40kHz, 通道转换所需时间 $66\mu\text{s}$ 。该信号经模数转换变成 1024 个通道的数字信号输出给计算机处理。频谱仪可以自动累积积分, 最长积分时间可达 270ms。

5.3 观测结果

我们在 1.3 cm 低温制冷接收机的基础上, 利用声表面波频谱仪和频率综合器组成了一架 13 mm 星际分子谱线接收系统 (参看图 7), 另外又独立地在 PC 机上建立了一套单天线的谱线观测软件系统, 成功地进行了水分子脉泽观测。作为第一项工作, 我们对致密 HII 区候选

体进行水脉泽的巡天观测，发现了十几个可能的新的脉泽源，认证工作正在进行中。图8为用声表面波频谱仪观测到的H₂O分子谱线。

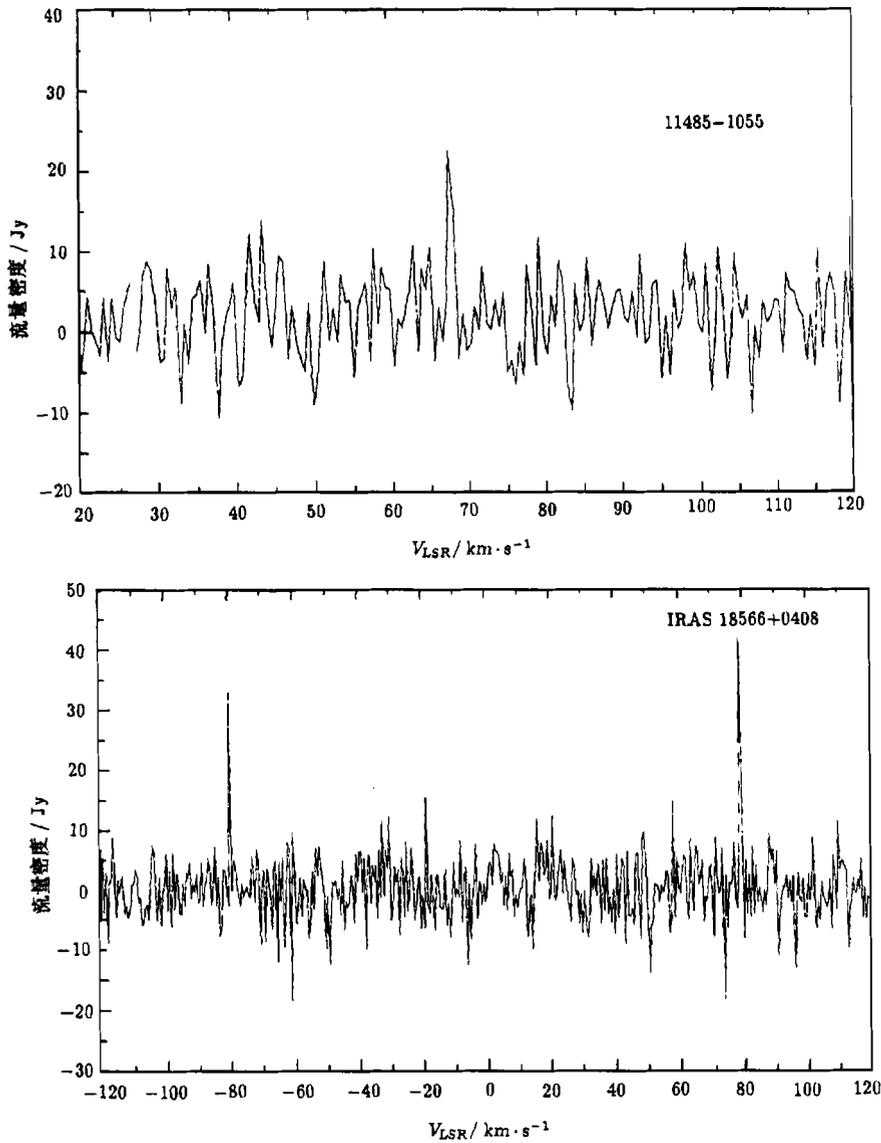


图8 用声表面波(SAW)频谱仪观测到水分子谱线

6 讨 论

从天线系统的灵敏度 S_{\min} 的定义有:

$$S_{\min} = \frac{2k}{\eta A_g} \frac{T_{\text{sys}}}{\sqrt{\Delta\nu\tau_{\text{int}}}}$$

其中 k 为波尔兹曼常数, T_{sys} 为系统温度, A_g 为天线面积, η 为天线效率, $\Delta\nu$ 为观测带宽, τ_{int} 为有效积分时间。乌鲁木齐 25m 射电望远镜观测普遍存在灵敏度低的问题, 与国外相类似口径的天线相比, 其天线效率并不差, 观测带宽也可以通过相应的终端得以保证, 主要问题就是系统噪声偏高。1.3cm 接收机虽然制冷, 但极化器为常温; 18cm 双极化接收机目前仍为常温, 系统温度较高。分子谱线观测使用的 SAW 频谱仪是 80 年代的产品, 存在频率分辨率低和通道响应差等问题; 频率综合器在某些频段工作也不太正常。

尽管如此, 我们目前可以开展的工作仍然是很丰富的, 除了上述需要长期坚持的工作外, 利用 18cm 到达时间观测系统, 2000 年 3~5 月我们还对强脉冲星进行了星际闪烁观测, 获得了很好的 DISS 动态频谱, 经自相关处理, 得到了闪烁的特征时标和特征频率。在 3.6/13cm 上同时进行的脉冲星辐射强度变化观测取得了 2d 的观测资料, 目的是研究不同频率上脉冲星辐射的相关性。利用北京天文台 60cm 光学和乌鲁木齐 25m 射电望远镜联合进行的 BL Lac 天体、高偏类星体和窄线 Seyfert 星系观测已经开始, 射电观测采用了 FS 软件, 通过 MK IV 终端进行总功率采集。

18cm 接收机的制冷双极化改造已经列入课题计划, 目标是使系统温度降低到 30K, 达到 1mJy 的灵敏度, 能够观测 400 颗左右脉冲星, 其中包括在 Parkes 多波束巡天中新发现的脉冲星。在低频波段, 消色散接收机研制成功后观测能力也将大大提高。

我们认为, 乌鲁木齐天文站的脉冲星观测研究具有较高的科学意义, 是天文学新的国际前沿水平的生长点, 乌鲁木齐 25m 射电望远镜将成为我国现阶段重要的脉冲星观测研究设备。从另一个角度看, 现在进行的技术工作和科学工作, 实际上也是 FAST 计划的前期准备工作。脉冲星研究是 FAST 的主要科学目标之一, 在 FAST 计划进展到一定的时期, 我们现在从事的科研课题及其观测方法和技术、经验等均可以发挥作用。

乌鲁木齐的声表面波频谱仪观测系统于 1999 年对外开放, 现正在进行 2048 通道自相关数字式频谱仪的研制工作, 待其完成后, 与 18cm 接收机改造课题结合, 将实现对氨分子、甲醇、羟基等多分子谱线的观测, 为我国科学家研究恒星的形成与演化提供良好的观测设备。

利用北京天文台 60cm 光学和乌鲁木齐 25m 射电望远镜联合进行的 BL Lac 天体、高偏类星体和窄线 Seyfert 星系观测已经开始, 射电观测采用了 FS 系统, 通过 MK IV 终端进行总功率采集。

单天线的天体物理研究工作提高了乌鲁木齐 25m 射电望远镜的整体性能, 每一项工作的展开又增加了天线的科学产出。现在, 利用 25m 天线不仅能够高水平地开展 VLBI 测地和天体物理工作, 还能够进行本文中所介绍的有科学意义、难度大、有创新的单天线工作。可以说乌鲁木齐的 25m 系统已经从最初设计的单一的 VLBI 射电干涉仪成功地发展成为一台多波段、多功能的射电望远镜。

致谢: 感谢北京大学的吴鑫基教授和南京大学的郑兴武教授对该项研究的热情指导, 正是他们对利用 25m 天线开展脉冲星和星际分子谱线观测的愿望和努力, 才使得本文所提及的单天线工作得以实现和发展。感谢 ATNF 的 Manchester 教授对脉冲星项目的指导和支持, 他在百忙中为到达时间观测系统的建立做了许多具体工作, 尤其是解决了软件的计算机系统兼容问题, 使数据处理工作能顺利进行。

参 考 文 献

- 1 钱志翰. “乌鲁木齐 25 米射电望远镜系统” 验收、鉴定会议报告之五: 乌鲁木齐 VLBI 站测地成果, 1999
- 2 张洪波. “乌鲁木齐 25 米射电望远镜系统” 验收、鉴定会议报告之三: 乌鲁木齐 25 米射电望远镜系统改进, 1999
- 3 Cordes J M, Downs G S. *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1985, 59: 343
- 4 Taylor J H, Weisberg J M. *Ap. J.*, 1982, 253: 908
- 5 Manchester R N, Taylor J H. *Pulsars*, San Francisco: Freeman, 1977
- 6 Taylor J H, Manchester R N, Lyne A G. *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1993, 88: 529
- 7 张 晋, 吴鑫基, Manchester R N 等. *天体物理学报*, 1999, 19(4): 447
- 8 Lyne A G, Graham-Smith F. *Pulsar Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998
- 9 Manchester R N, Han J L, Qiao G J. *M.N.R.A.S.*, 1998, 295: 280
- 10 Rutherford M A, Sutherland P G. *Ap. J.*, 1975, 196: 51
- 11 Cheng K S, Ho C, Rutherford M A. *Ap. J.*, 1986, 300: 500
- 12 Cheng K.S, Ho C, Rutherford M A. *Ap. J.*, 1986, 300: 522
- 13 Cordes J M, Pidwerbetsky A, Lovelace R V E. *Ap. J.*, 1986, 310: 737
- 14 Comoretto G, Palagi F, Cesaroni R et al. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 1990, 84: 178
- 15 郑兴武, 李素琴, 加尔肯等. *天文学报*, 1999, 40(2): 193
- 16 陈东培, 宫俊杰, 周献之等. *天体物理学报*, 1993, 13(1): 85

Single Dish Astrophysics Observations at Urumqi Astronomical Observatory

Zhang Jin¹ Wang Na^{1,2,3} Esamdin Ali¹ Esimbek Jarken¹
Yusup Aili¹ Zhang Hongbo¹ LIU Xiang¹

- (1. *Urumqi Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011*)
 (2. *Astronomy Department, Peking University, Beijing 100871*)
 (3. *CAS-PKU Joint Beijing Astrophysics Center, Beijing 100871*)

Abstract

Since the building up of Urumqi 25m radio telescope in 1993, except improving the VLBI system, we have developed the single dish astrophysics observational systems. Among them, the pulsar timing system was built at 18cm, which has been operational since mid-1999 with a receiver working in room temperature. Dedispersing is provided by a $2 \times 128 \times 2.5\text{MHz}$ filterbank based on PC data acquisition. Monitoring of pulse profile and intensity on 92cm to some pulsars are in progress. We obtained the spectrum of PSR B0329+54 by multi-frequency observations. Acoustic surface wave spectrometer and frequency synthesizer for the molecules spectrum observation system, have been developed at 1.3cm frequency. H_2O maser observations have found more than 10 possible sources.

Key words Radio telescope: Single dish—receiver—pulsar— H_2O maser