

乌鲁木齐 25m 射电望远镜脉冲星观测研究

吴鑫基^{1,2,3} 张 晋^{1,4} 王 娜^{1,2,3,4} 艾力·依^{1,2,3,4} 艾力·玉^{1,4}

(1 中国科学院乌鲁木齐天文站 乌鲁木齐 830011)

(2 北京大学天文学系 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)

(4 中国科学院国家天文台 北京 100012)

摘 要

乌鲁木齐天文站自 1999 年以来陆续研制完成脉冲星 1.5GHz 频段消色散接收系统, 0.327GHz, 0.61GHz, 2.3GHz, 4.8GHz 和 8.4GHz 等 5 个频段上的单通道的脉冲星接收系统和 2 组双频 (2.3GHz 和 8.4GHz 及 0.327GHz 和 0.61GHz) 同时观测的接收系统。上述设备均已投入观测, 并取得一批诸如脉冲星周期参数、周期跃变、自行速度、脉冲轮廓模式变化、星际闪烁和谱特性等观测成果。

关键词 脉冲星 — 观测

分类号 P145.6

1 前 言

脉冲星的观测研究具有重要的科学意义。我国在脉冲星理论研究方面已具有相当高的水平, 但观测研究方面很落后。1997 年初, 由乌鲁木齐天文站、北京大学、香港大学郑广生教授、澳大利亚 Manchester 教授和英国 Lyne 教授组成的国际合作项目的形成和实施, 使我国脉冲星观测研究在一个比较高的起点上开始前进^[1]。王绶琯院士对此给予了高度的评价: “当前脉冲星研究的发展中, 核心问题仍然是观测能力和方法的提高。寻获更多更暗的脉冲星样本仍然是最迫切的课题。巡天的后续工作是对已发现的脉冲星进行复测, 然后根据研究课题, 对其中的选定目标进行不同频度的监测。到目前, 世界上的大型射电望远镜任务饱和, 不能融出太多观测时间给脉冲星。规模较大的巡天留下来很多等候后续观测的目标。已被发现却未能得到监测研究的脉冲星仍为数甚多。乌站 25m 望远镜的“三国五方”合作引进了澳大利亚 Parkes 和英国 Jodrell Bank 的脉冲星接收技术, 开始了对一部分脉冲星进行“复测”; 并从中选定一批目标开展研究。目前正在配备多个波段的接收系统以扩大研究能力。25m 望远镜口径虽小, 但其工作格局已在国际合作中从单纯的学习、引进、配合, 进入到“接力”性质的研究。从与巡天“接力”的

复测和监测工作中,发现的将都是第一手的资料,因此将成为与理论研究和进一步的观测研究相结合的开端”^[2]。受射电望远镜天线口径的限制,我国缺乏巡天发现脉冲星的竞争能力。在我国拥有特大型射电望远镜(如 500m 口径射电望远镜)之前,乌鲁木齐天文站的脉冲星观测研究工作有必要继续下去。

2 乌站脉冲星观测接收系统

乌鲁木齐天文站的 25m 射电望远镜是为 VLBI 观测建立的,系统现在配有 1.3cm、3.6cm、6cm、13cm、18cm、92cm 六个波段的馈源和接收机,工作状态良好。乌鲁木齐天文站脉冲星观测研究始于 1996 年,在 327MHz 频段上成功地进行了脉冲星观测^[9]。脉冲星辐射是幂律谱,高频上的流量密度比低频上的要低得多。脉冲星的低频流量密度强,但星际空间的背景辐射更强,因此选择 18cm 作为重点波段来发展,同时也可充分利用乌站望远镜多波段的优势,花费比较少的经费,研制比较简单的接收设备进行脉冲星多波段的观测研究^[4,5]。

自 1999 年以来陆续研制完成了 1.5GHz 频段上的双偏振、消色散脉冲星脉冲到达时间观测系统^[6~8]。1999 年 5 月在乌鲁木齐进行安装调试和试观测。前端目前为常温双极化接收机,A 通道的系统温度 $T_{\text{sys}} = 86\text{K}$, B 通道的系统温度略高,为 $T_{\text{sys}} = 110\text{K}$ 。接收机带宽为 320MHz (1380~1700MHz)。氢原子钟提供 100MHz 的参考频率信号,经过变频后输出频率为 1300MHz 的本振信号。混频器的输入功率为 8~13dB,输出中频频率 80~400MHz。消色散是通过降频转换器、多通道滤波器和数字化器实现的。

消色散接收系统技术先进,比原有的单通道接收系统复杂得多。两路共有 256 个频率通道,仅观测记录的数据量就要多 256 倍,软件系统也相当庞大。然而,这个系统却带来巨大的好处:其灵敏度比单通道情况要提高 16 倍。为了进一步提高 18cm 波段的观测能力,目前正在进行第二步技术改造,拟研制制冷式前置放大系统,使灵敏度达到 1mJy,从而进入到与国际巡天观测“接力”的复测和监测工作阶段。

在其它频段上,研制了 0.327GHz、0.61GHz、2.3GHz、4.8GHz 和 8.4GHz 等 5 个频段上的单通道的脉冲星接收系统,主要用来研究脉冲星的频谱特性、脉冲轮廓和强度的长期变化^[9]。由于脉冲星辐射强度是变化的,这个变化可能是脉冲星辐射机制本身引起的,也可能由星际介质的闪烁引起,为了研究脉冲星辐射的谱特性和判断辐射强度发生变化的原因,在多个频段上进行同时观测是有效的方法。研制了在 2.3GHz 和 8.4GHz 两个频段上、0.327GHz 和 0.61GHz 两个频段上两组同时观测的接收系统^[10,11]。目前,这些波段的脉冲星观测能力有限,但仍有潜力可挖,也比较容易实现在其它波段上的消色散观测。

这些观测接收系统均已投入观测,并已取得一批诸如脉冲星周期变化、跃变、自行、脉冲轮廓模式变化、星际闪烁和谱特性等观测成果。

3 74 颗脉冲星脉冲周期特性的长期监测

现在使用的脉冲星星表^[12]中,很多脉冲星资料都是二三十年前的测量结果,重

新测定是非常必要的。从 1999 年 5 月开始, 在 18cm 波段对 74 颗脉冲星的脉冲到达时间进行经常性的监测, 每 7~15d 观测一次, 资料已超过 1yr。

把脉冲星的自转频率展开为泰勒系列, 在 t 时刻的脉冲星自转的相位是

$$\phi(t) = \phi_0 + \nu t + \frac{1}{2}\dot{\nu}t^2 + \frac{1}{6}\ddot{\nu}t^3 + \dots, \quad (1)$$

式中自转频率 $\nu = 1/P$, P 是周期, $\dot{\nu}$ 、 $\ddot{\nu}$ 是脉冲星自转频率的一阶导数和二阶导数, t 是在太阳质心系中的脉冲到达时间 (TOAs)。观测到的脉冲到达时间和由方程 (1) 计算出的值的差称为时间剩余。引起时间剩余的因素可能很多, 如原来的自转频率及其一阶导数和二阶导数的测量值有偏差、原来的位置有偏差或脉冲星有自行、双星系统伴星的影响、发生了周期跃变事件、自转不稳定性的影响等。通过资料的分析处理可以对这些因素进行判断, 并可以确定众多的参数。

(1) 周期参数的修正

测量得到 73 颗脉冲星的周期修正值 ΔP 、 $\Delta\dot{P}$ ^[13]。其中 PSRB0531+21 在此期间发生了一次中等的周期跃变事件, 影响对周期的测量, 故没有给出其值。在这 73 颗脉冲星中有 6 颗 (B0355+54、B0525+21、B1508+55、B1737-30、B1800-21 和 B1830-08) 是以前发生过周期跃变事件的^[14,15]。在 73 颗脉冲星中, 有两颗脉冲星的周期变化明显偏离计算值, 如图 1 所示。PSRB1706-16 的周期剩余值具有很强的线性变化, 在 400d 中变化了 600ms。PSRB1737-30 的周期残差具有抛物线形的变化, 表明原来的周期变化率有误差。

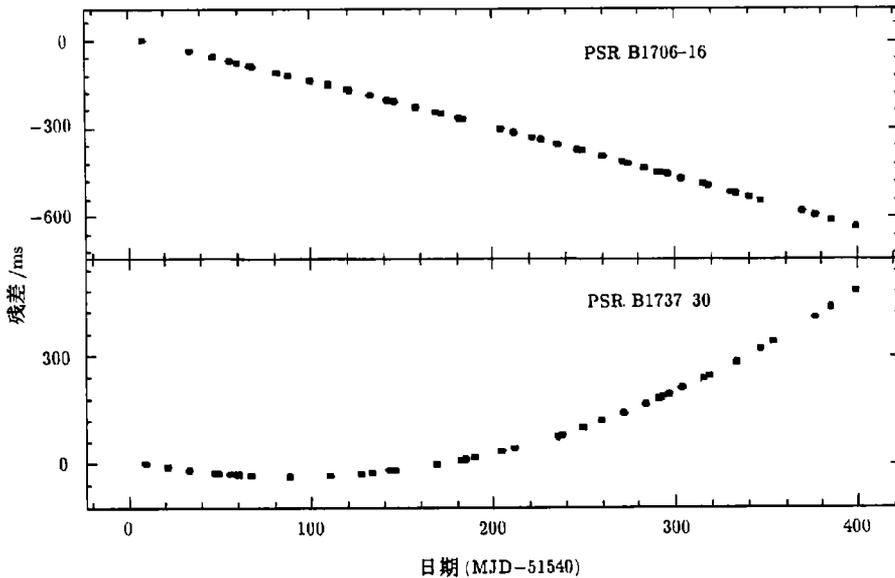


图 1 PSR B1706-16 和 1737-30 的残差变化

图 2 是 72 颗脉冲星 (除去 PSRB0531+21 和 PSRB1737-30) 的周期观测值与预期值差别的分布图。周期值偏差比较大的有 33 颗, 其中 5 颗脉冲星的周期剩余值是正的, 并大于 10^{-8} 。相反, 有 4 颗脉冲星的周期测量值比预期值小 10^{-8} s。PSRB1737-30, 周期变

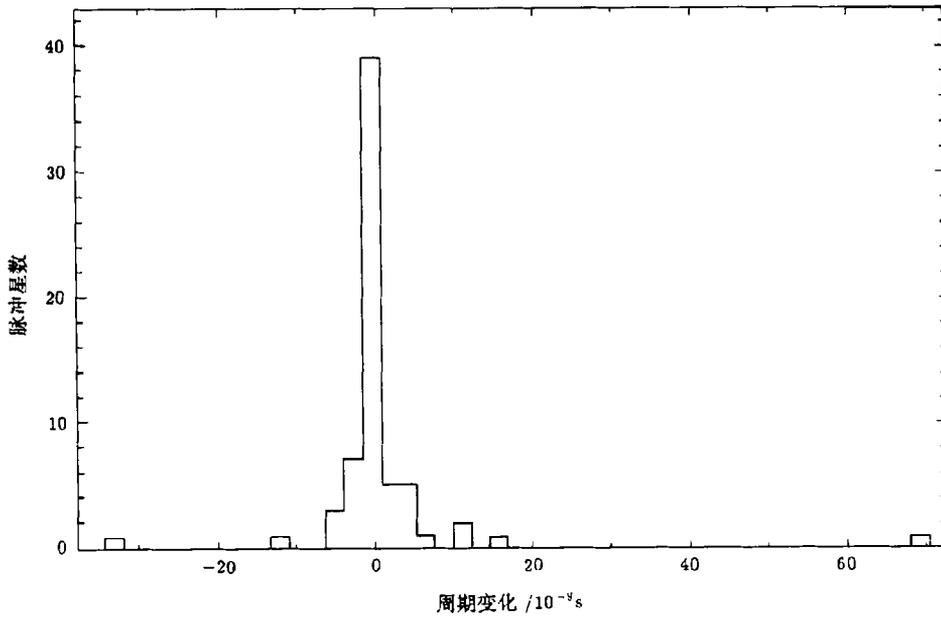


图 2 72 颗脉冲星周期观测值与预期值的偏差分布直方图

化非常大, $\Delta P \approx 1.2 \times 10^{-6} \text{s}$ 。

分析发现 $\Delta P, \Delta \dot{P}$ 之间有着很强的相关关系, 凡是 ΔP 较大的 $\Delta \dot{P}$ 也较大。如果周期不稳定具有噪声性质, 那这两个量之间不存在相关性。当然, 周期跃变事件会使这两个参量发生关系。

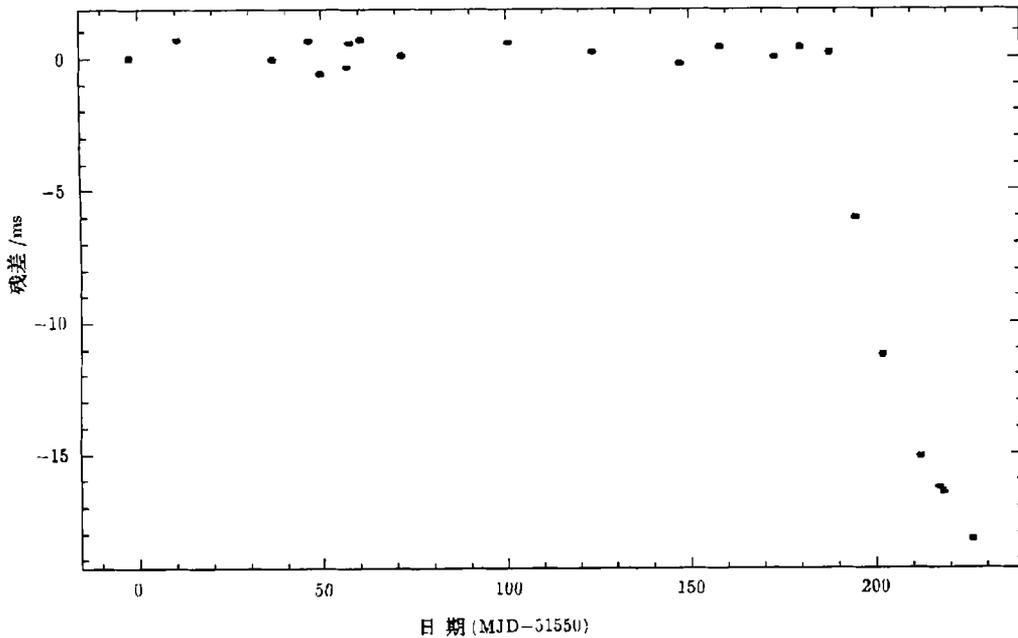


图 3 Crab 脉冲星的周期跃变事件到达时间残差

(2) 蟹状星云脉冲星的周期跃变事件

通常脉冲星的周期是缓慢地变长的,也就是中子星的自转速度逐渐变慢。但是,偶而也有周期突然变短的事件发生,称为周期跃变事件。目前至少观测到 25 颗脉冲星的约 76 个跃变^[15]。跃变脉冲星都比较年青,年龄在 $10^3 \sim 10^6$ yr 范围内,但最年轻的脉冲星的跃变事件并不多,也不强。脉冲星周期跃变现象是偶发事件,无法预知,只能进行守株待兔式的观测。在以往的 30 多年中,观测到 Crab 脉冲星的 13 次跃变。这颗脉冲星的跃变有明显的特点,表现为幅度小,周期相对变化小于 Vela 脉冲星的 1%,周期的跃变恢复比较快。从 1999 年 11 月起开始监视这颗脉冲星,每周观测一次,每次 16~20min。在 2000 年 7 月中发现一次中等强度的周期跃变事件, $\Delta\nu/\nu = 0.025 \times 10^{-6}$ (见图 3)^[13]。以前的 5 次跃变事件中,自转频率的相对变化 $\Delta\nu/\nu = (0.01, 0.04, 0.01, 0.08, 0.005) \times 10^{-6}$ 。

(3) 脉冲星位置和自行的确定

脉冲到达时间的观测可以给出脉冲星准确的位置,但至少要有一年以上的观测资料。用这个方法测出脉冲星的精确位置,与星表发表的位置相比,可以得出脉冲星的自行。由观测得出 49 颗脉冲星有明显的自行,其中有 8 颗脉冲星(PSRB0450-18, B0525+21, B0809+74, B0818-13, B1237+25, B1911-04, B2217+74 和 B2351+61)的自行测得比较准确,和以往发表的精确测量很一致。有 20 颗的自行是首次给出的,有 21 颗脉冲星的自行测量值与以往发表的测量值差别较大^[13]。以往的观测得到平均切向速度在 250~300km/s 的范围,乌站测得的切向速度的分布大大超出了这个范围,在有确定值的 27 颗脉冲星中,切向速度超过 2000km/s 的有 9 颗。测得 PSRB0736-40 和 PSR2106+44 具有很大的切向速度,分别是 2950km/s 和 3100km/s。前者的自行速度和以往的测量值很接近,因此比较可信。PSR2106+44 的切向速度是首先测得的,还需要进一步考察它是否真的具有 3100km/s 的自行速度。一个可能的原因是距离测量不准,脉冲星的距离主要由色散测量给出,这一方法依赖星际空间电子密度分布的模型,距离估计的误差可以达到 50%,更大的误差也是可能的。

4 8 颗脉冲星的星际闪烁观测

脉冲星的辐射通过星际介质时会发生闪烁现象,也就是强度发生变化。在脉冲星和观测者之间的星际介质的不均匀性或密度的扰动是发生闪烁的原因。闪烁观测可以获得星际介质的多种信息。如果脉冲星有自行,或者星际介质移动,以及观测者运动,都会导致闪烁图像的漂移。由于观测者和星际介质的移动速度都不太大,因此星际闪烁观测提供了估计脉冲星自行的途径。

利用 18cm 波段的消色散多频率通道接收系统,对脉冲星进行 2~6h 的连续观测。消色散系统有 128 通道,相当于在 128 个频率上同时观测,每个通道的资料单独处理,每 2~4min 的资料折叠一次,获得一个数据^[16,17]。图 4 中,左框所示的星际闪烁图的横坐标为频率(也即 128 个频率通道),纵坐标为时间(2~6h)。可以看出,在同一时刻,不同频率的强度不同;在同一频率通道,强度随时间变化。用自相关函数的方法可以求得特征时间尺度 τ_s 和特征频率宽度 $\Delta\nu_d$ 。 τ_s 为脉冲星辐射强度下降到 1/e 倍的时间,

$\Delta\nu_d$ 是脉冲星强度下降一半时的频带宽度。脉冲星切向速度由下式决定

$$V_s = (8\pi c)^{-1/2} (\Delta\nu_d Z_s)^{1/2} \lambda \tau_s^{-1} \quad (2)$$

式中的 Z_s 和 λ 分别是脉冲星的距离和观测波长。闪烁观测给出特征时间尺度 τ_s 和特征频率宽度 $\Delta\nu_d$ ，因此可以计算出脉冲星的切向速度。

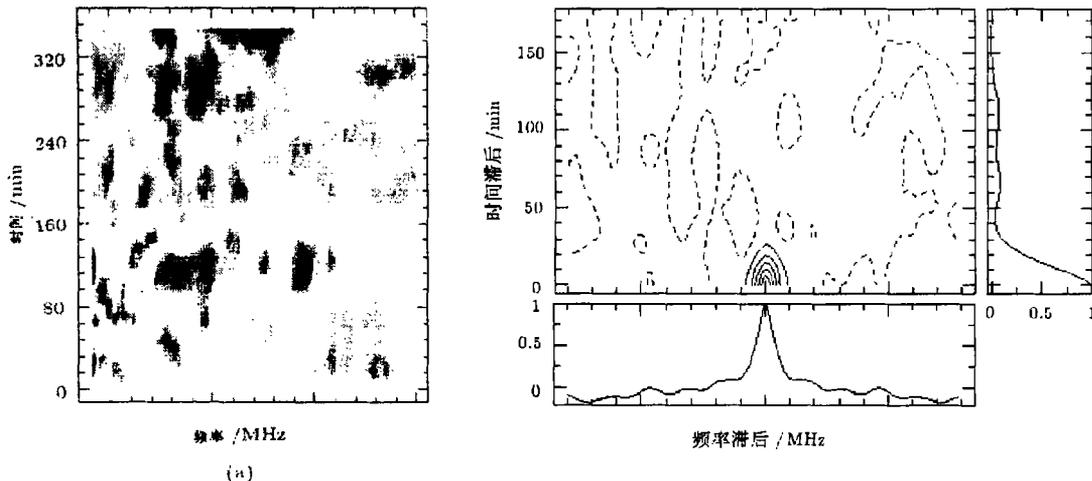


图 4 乌鲁木齐观测的 PSR B0329+54 的动态频谱和自相关函数

表 1 8 颗脉冲星的闪烁参数 τ_s 和 $\Delta\nu_d$

PSR	0950+08	1919+10	1133+16	0823+26	2021+51	2020+28	0329+54	1642-03
τ_s/min	20	30	20	16	20	20	14	5
$\Delta\nu_d/\text{MHz}$	80	60	50	40	40	50	15	40

PSR0329+54 的切向速度为 293km/s，这个结果与其它方法得到的速度相近^[18]。

5 327MHz 脉冲星流量的长期监测

观测到的致密射电源流量密度的变化可能是辐射源的内禀机制所产生，也可能是射电源辐射的电磁波在传播过程中受星际介质的作用而发生的闪烁现象。星际介质电子密度的非均匀性引起致密射电源观测流量密度的起伏。脉冲星辐射的脉冲特性，对星际闪烁的研究带来很大的方便，成为研究星际介质的重要工具之一。

星际介质的折射式闪烁是解释脉冲星射电流量长期变化的一种有效机制^[19]。十多年来，对流量变化进行多频结构函数分析成为这类研究的重要手段^[20]。近些年来，为探讨用星际介质折射闪烁解释短时标时变的可能性，结构函数分析方法也被应用于研究短时标（一周甚至 1d）的流量变化^[21]。在乌站的长期流量监测期间发现 PSR B0809+74 的 7h 的流量大幅度变化事件，很难用现有星际闪烁模型说明^[22]。

脉冲星的折射式闪烁的研究是非常重要的。此类研究要求进行长期连续的流量监测,对于多数大望远镜做到这点很困难。目前,各类脉冲星强度长期监测的观测频度和期限还远不能满足研究闪烁行为的要求^[23]。从1999年3月3日起,用国家天文观测中心乌鲁木齐南山站25m射电望远镜,在327MHz频段上,对适合该望远镜观测的18颗脉冲星的流量密度进行了长期监测。取得观测时间跨度达500多天的这些脉冲星的流量监测资料,目前监测工作仍在进行中。

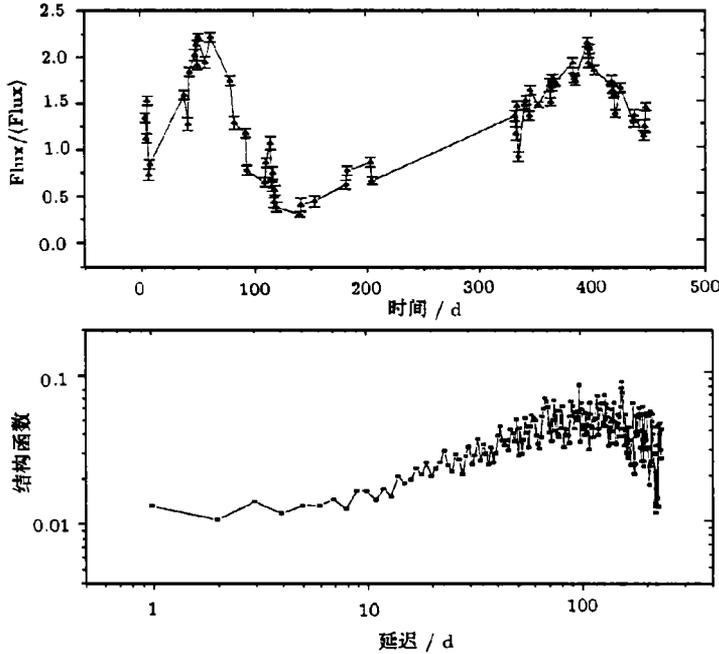


图5 PSR B0329+54 流量密度时变和结构函数

图5给出脉冲星PSR B0329+54的流量监测结果^[24]。观测时段是从1999年4月15日到2000年7月7日,历时441d。观测的中心频率为327MHz,带宽2MHz,每次观测2000s。选用射电标准源3C123对各次观测进行绝对流量定标。得到脉冲星PSR B0329+54完整的结构函数。由结构函数求得闪烁指数 $m = 0.2 \pm 0.03$,闪烁时标 $T_{\text{ref}} = (20 \pm 4)\text{d}$ 。用折射闪烁理论求得 m 和 T_{ref} 的理论预测值 $m_{\text{理}} = 0.22$ 和 $T_{\text{ref理}} = 21\text{d}$ 。观测结果与折射式星际闪烁的理论预测值符合得很好。

6 610MHz 脉冲星模式变化的观测

脉冲星辐射的单个脉冲在强度和形状上是不断变化的,但脉冲星的平均脉冲轮廓形状却非常稳定。不同的脉冲星具有不同的平均脉冲轮廓。但是,有些脉冲星的平均脉冲轮廓形状具有多种模式^[25],大部分时间脉冲星处于正常模式下,有时会突然转化为反常模式,变成了另一种稳定的形状。反常模式持续时间较短,约持续10~10000多个脉

冲周期。正常模式与反常模式之间的转换在小于一个脉冲周期的很短时间内完成。反常模式是偶发的稀少事件, 因此这类观测资料比较难以获得。到目前为止, 关于模式变化的机理还没有弄清楚。

610MHz 脉冲星观测系统是 2000 年 6 月开始启用的。观测非常成功。在该频段上干扰信号很少, 取得了近 20 颗脉冲星高信噪比的平均脉冲轮廓观测资料。在 2000 年 6 月 21 ~ 26 日的观测中, 乌站观测到脉冲星 PSR B0329+54 的平均脉冲轮廓模式变化现象, 取得了比较完整的观测资料^[10]。模式变化的观测结果见图 6。图的上面是平均脉冲轮廓的正常模式, 下面是反常模式。

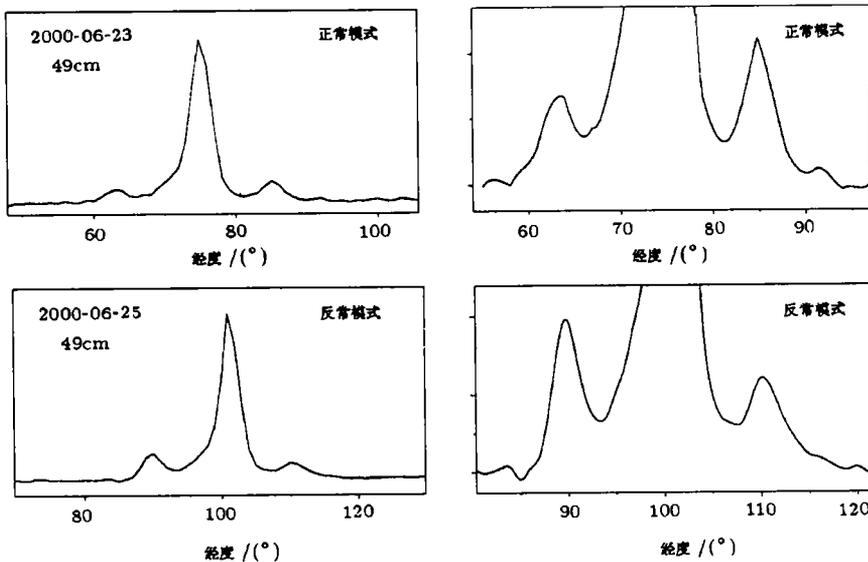


图 6 PSR B0329+54 的正常模式和反常模式图

表 2 中给出了观测到的该星正常模式与反常模式中各成分相对强度的变化以及成分分离的结果。

表 2 正常模式和反常模式测量参数比较

	强 度 比		成分分离 / (°)	
	前导 / 中心	前导 / 后随	前导 — 中心	前导 — 后随
正常模式	0.084	0.67	12	22
反常模式	0.135	1.76	12.2	21.3

7 PSR B0329+54 的多波段频谱观测

脉冲星的辐射是幂律谱, 低频比高频强, 被确认为非热辐射。不同脉冲星的谱特性很不相同。谱指数的平均值为 1.6。有的脉冲星的谱出现转折, 低频部分的谱指数比较小, 而高频部分的谱指数则比较大。由于脉冲星的强度有着长期的慢变化, 频谱观测要求

在各个波段进行多次观测，最好是多波段同时观测。1999年3月12日~6月8日，用乌鲁木齐天文站25m射电望远镜分别在0.327GHz、1.5GHz、2.3GHz、4.8GHz和8.4GHz上对PSR B0329+54进行了观测^[9]。图7是得到的PSR B0329+54的观测频谱，横坐标为频率，以Hz为单位，纵坐标为能量 E ，以 $10^{-26} \text{J} \cdot \text{s} / \text{m}^2 \cdot \text{Hz}$ 为单位，均取对数坐标。在0.327GHz至2.3GHz频段的谱指数为1.59，在2.3GHz至8.4GHz频段的谱指数为2.45，平均谱指数为1.72。平均谱指数介于Lorimer等人^[26]1995年给出 $\alpha = 1.6$ 和Sieber^[27]在1973年测的 $\alpha = 2.0$ 的结果之间，比较一致。但和Malofeev^[28]的 $\alpha = 0.7$ 有较大的差别。Malofeev认为大约50%的脉冲星射电频谱有转折现象^[29]，在乌站得到的观测频谱中明显地出现频谱转折，其它观测给出的该星频谱并没有这种现象。

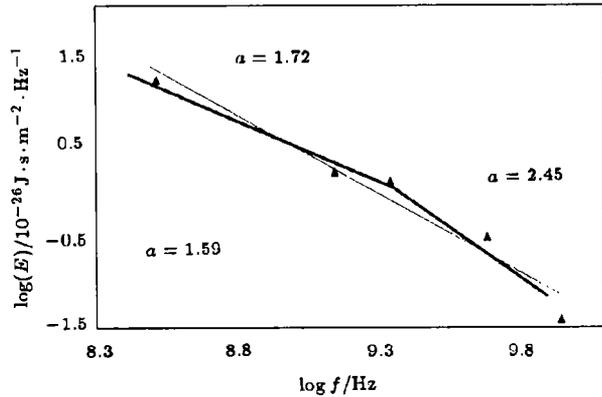


图7 脉冲星 PSR B0329+54 的射电频谱

8 脉冲星双频同时观测

对脉冲星进行多波段同时观测是进行脉冲星辐射区结构、频谱、星际闪烁等研究课题的有效方法。但是，已发表的多波段同时观测资料很少。2000年7月10~15日期间用乌站25m射电望远镜在327MHz和610MHz两个波段成功地进行了双频同时观测的实验，得到部分观测结果^[10]。2000年8月12日在2300MHz和8400MHz两个频段进行了双频同时观测实验也取得了成功^[11]。

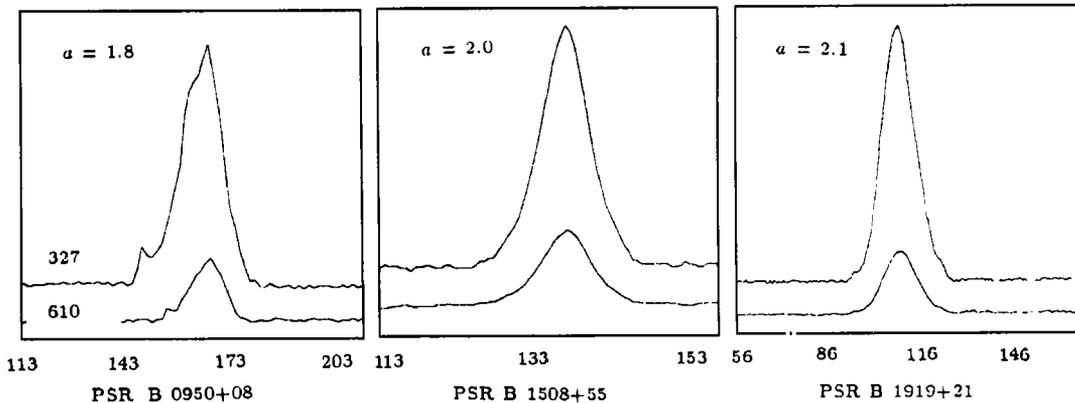


图8 327MHz和610MHz双频同时观测的三颗脉冲星平均脉冲轮廓及谱指数

图8是三颗脉冲星PSR B0950+08、1508+55和1919+21在327MHz和610MHz双频同时观测所得到的平均脉冲轮廓，图中横坐标为经度，单位为 $(^\circ)$ 。观测是2000年7月

13 日进行的。PSR B0950+08、PSR B1508+55 和 PSR B1919+21 的观测谱指数是分别为 1.8、2.0 和 2.1; D. R. Lorimer 等人 1995 年发表的谱指数分别是 1.7、2.3 和 1.9^[25]。

5 个频段不同时间观测得到 PSR0329+54 低频端的谱指数为 1.58。用 327MHz 和 610MHz 双频同时观测的多次结果得到的平均谱指数是 1.59, 两种方法得到的结果很一致。当然, 双频同时观测的结果要可靠得多。

致谢 乌鲁木齐 25m 射电望远镜脉冲星观测研究项目受到了中科院基础局, 射电天文联合实验室, 国家自然科学基金, 国家九·五攀登计划《天体剧烈活动的多波段观测和研究》项目和香港大学物理系的经费支持。得到了王绥琯、叶叔华、陈建生院士等国内天文学家的支持和帮助。还得到国际脉冲星著名学者澳大利亚国立射电天文台 Manchester 院士和英国 Jodrell Bank 射电天文台 Lyne 台长的支持和帮助。

参 考 文 献

- 1 吴鑫基, 王娜, 伊·艾力等. 九·五攀登计划《天体剧烈活动的多波段观测和研究》, 北京: 世界图书出版公司, 万国学术出版社, 2000, 160
- 2 王绥琯. 哈纳斯脉冲星观测与研究学术研讨会论文集, 2000, 印刷中
- 3 吴鑫基, 康连生, 金声震等. 天体物理学报, 1997, 17(1): 37, Chinese Astron. Astrophys. 1997, 21: 170
- 4 Wu Xinji, Wang Na, Zhang Jin. In: Cheng K S et al. eds. Proceeding of Astrophysics conference of Pacific Region, Singapore: World Scientific, 2000: 81
- 5 吴鑫基, 张晋, 王娜. 天文学进展, 1999, 17(3): 236
- 6 Wang N, Wu X J, Zhang J et al. proceeding of IAU Colloquium No. 177, Bonn, 1999, Astron. Soc. Pac. Conf. Ser., 2000, 202: 65
- 7 张晋, 吴鑫基, Manchester R N. 天体物理学报, 1999, 19(4): 447
- 8 Aili Yusup, Zhang Jin, Wang Weixia et al. In: Proceeding of "the 5th CAS-MPS workshop on high energy astrophysics" (1999), 2001, (in press)
- 9 伊·艾力, 吴鑫基, 张晋等. 天体物理学报, 2000, 20(3): 259
- 10 伊·艾力, 吴鑫基, 张晋. 哈纳斯脉冲星观测与研究学术研讨会论文集, 2000, 印刷中
- 11 汪华祥, 王娜, 吴鑫基等. 哈纳斯脉冲星观测与研究学术研讨会论文集, 2000, 印刷中
- 12 Taylor J H, Manchester R N, Lyne A G. Ap. J. Suppl. Ser., 1993, 88: 529
- 13 Wang Na, Manchester R N, Zhang Jin et al. M.N.R.A.S., 2001, submitted
- 14 王娜, 吴鑫基. 天文学进展, 2000, 18(3): 229
- 15 Wang N, Manchester R N, Pace R P et al. M.N.R.A.S., 2000, in press
- 16 Wang Na, Manchester R N, Wu Xinji et al. IAU Colloq.182, 2000 (Ap.SS) in press
- 17 Wang Na, Wu Xinji, Manchester R N et al. Chinese Physics Letter, 2001, submitted
- 18 Galt J A, Lyne A G. M.N.R.A.S., 1972, 158: 281
- 19 Rickett B J. Annu. Rev. Astron. Astrophys., 1990, 113: 561
- 20 Stinebring D R, Condon J J. AP. J., 1990, 352: 207
- 21 钱善璿, 天文学报, 1994, 35: 362
- 22 Esamdin Ali, Wu Xinji, Zhang Jin. Chinese Astronomy and Astrophysics, 2000, 24: 275
- 23 Kaspi V M, Stinebring D R. AP. J., 1992, 329: 530
- 24 伊·艾力, 吴鑫基, 张晋等. 哈纳斯脉冲星观测与研究学术研讨会论文集, 2000 年, 印刷中
- 25 Lyne A G. M.N.R.A.S., 1971, 153: 23
- 26 Lorimer D R, Yates J A, Lyne A G et al. M.N.R.A.S., 1995, 273: 411
- 27 Sieber W. Astron. Astrophys., 1973, 28: 237
- 28 Malofeev V M et al. Astron. Rep., 1999, (In press)

29 Malofeev V M, Gil J A, Jenssner A *et al.* *Astron. Astrophys.*, 1994, 285: 201

The Progress of Pulsar Observation at UAO

Wu Xinji^{1,2,3} Zhang Jin^{1,4} Wang Na^{1,2,3,4} Esamdin Aili^{1,2,3,4} Yusupu Aili^{1,4}

(1. *Urumqi Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011*)

(2. *Department of Astronomy, Peking University, Beijing 100871*)

(3. *The Chinese Academy of Sciences-Peking University Joint Beijing Astrophysics Center, Beijing 100871*)

(4. *National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012*)

Abstract

The 1.5GHz de-dispersion pulsar-timing observation system of UAO has been made since 1999. We also built the single-channel receivers at 0.327GHz, 0.61GHz, 2.3GHz, 4.8GHz and 8.4GHz. And then the simultaneous de-dispersion observation system at 2.3GHz and 8.4GHz and the simultaneous single-channel observation system at 0.327GHz and 0.61GHz were successfully developed. Some scientific results such as glitch, model changing, inter-stellar scintillation and the spectra of pulsar, have been obtained by using these equipments.

Key words pulsars-observation