

中国脉冲星观测研究进展和展望

康连生

(中国科学院国家天文台, 北京天文台, 北京 100012)

脉冲星是 20 世纪 60 年代天文学的四大发现之一。脉冲星和脉冲双星的发现者先后荣获 1974 年和 1993 年诺贝尔物理学奖, 引起了全世界的轰动, 也说明脉冲星观测研究的重要性。利用国外大型射电望远镜是我国脉冲星观测研究走出的一步^[1~4], 获得了非常重要的成果。但是, 我国的脉冲星观测研究却很落后, 直至 1990 年经王绶琯院士和吴鑫基教授策划, 才着手开始实验。由北京天文台和北京大学合作, 利用北京天文台的口径 15 m 射电望远镜天线, 在 232 MHz 频率上进行脉冲星观测实验。1991 年建成国内第 1 个脉冲星观测系统, 并取得观测成功^[5~6]。但是, 由于该望远镜口径小, 环境电波噪声较强, 未能投入正式的观测研究。

1996 年, 由北京大学、北京天文台和乌鲁木齐天文站合作, 利用乌鲁木齐天文站(以下简称乌站)25 m 口径射电望远镜在 327 MHz 频率上进行观测, 取得成功^[7,8]。1997 年形成的脉冲星观测研究的国际合作成为我国脉冲星观测研究发展进程中重要的一步。由乌站张晋和北京大学吴鑫基共同主持, 有澳大利亚国立射电天文台 Manchester 教授、英国 Jodrell Bank 射电天文台 Lyne 教授和香港大学物理系郑广生教授参加, 利用乌鲁木齐 25 m 射电望远镜在 18 cm 波段进行了脉冲星脉冲到达时间的观测研究。我国刚刚起步的脉冲星观测研究项目能把两位国际上脉冲星观测研究权威学者吸引来表明这一课题的先进性和独特的优势。由于获得澳、英先进的脉冲星观测硬软件技术和丰富的经验的支持, 使乌站的脉冲星观测研究迅速发展, 在建设我国第 1 个脉冲星观测基地上走出了坚实的一步。本文将重点介绍乌站脉冲星观测研究的进展。

1 脉冲星观测系统

脉冲星观测系统的灵敏度由最小可检测流量密度决定。它主要由系统的噪声温度、天线口径和效率、接收系统的频带宽度和观测的时间决定。

乌站 25 m 口径是我国两台最大的射电望远镜之一, 由于已有的单频率通道接收系统灵敏度太低, 故

选择 18 cm 波段研制消色散接收系统成为提高灵敏度的最重要手段。引进澳、英先进技术, 在 1999 年 5 月完成 1.5 GHz 频段上的双偏振、消色散脉冲星脉冲到达时间观测系统的研制, 并投入观测^[9~11]。除此以外, 乌站还配有 3.6, 6, 13, 49, 92 cm 等波段的单通道接收系统, 工作状态良好, 但灵敏度较低。

2 脉冲星观测研究

乌站自 1996 年开始观测以来, 特别是 1999 年 18 cm 波段消色散系统投入观测以来已取得一批重要观测成果^[12~14]。

2.1 18 cm 波段脉冲星脉冲周期特性、位置和自行观测

现在使用的脉冲星星表中很多脉冲星的数据都是 20~30 年前测量的结果。重新观测很有必要。从 1999 年 5 月开始, 在 18 cm 波段对 74 颗脉冲星的脉冲到达时间进行经常性的监测, 每 7~15 d 观测 1 次, 资料已超过 1 年。测量得到 73 颗脉冲星的周期修正值 ΔP , $\dot{\Delta P}$ 和准确的位置。与星表发表的前期位置相比, 可以得出脉冲星的自行速度。由观测得出 49 颗脉冲星有明显的自行, 其中有 20 颗的自行速度是首次给出的。以往的观测得到平均自行速度在 250~300 km/s 范围, 乌站测得的自行速度的分布大大超出了这个范围。这是我国第 1 次用自己的望远镜观测得到的脉冲星参数星表。

2.2 18 cm 波段蟹状星云脉冲星的周期跃变事件的发现

通常, 脉冲星的周期是缓慢地变长的, 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。30 多年来, 只观测到 25 颗脉冲星的 76 个跃变。星周期跃变现象是偶发事件, 无法知道什么时候会发生, 观测难度很大。2000 年 7 月发现一次中等强度的周期跃变事件, $\Delta v/v = 0.025 \times 10^{-6}$ 。

2.3 18 cm 波段脉冲星的星际闪烁观测

脉冲星的辐射经过星际介质会发生闪烁现象, 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, 还是一种估计脉冲星自行速度的方法. 乌站利用其脉冲星 18 cm 波段的消色散多频率通道接收系统, 对 8 颗脉冲星进行近 2 ~ 6 h 的连续观测, 获得了星际闪烁的动态频谱图. 由此得到这 8 颗脉冲星的自行速度.

2.4 92 cm 波段脉冲星流量的长期监测

从 1999 年 3 月 3 日起, 在 92 cm 波段上, 对 18 颗脉冲星的流量密度进行长期监测. 由 441 d 的脉冲星 PSR B0329 + 54 的流量资料求得闪烁指数 $m = 0.2 \pm 0.03$, 闪烁时标 $T_{\text{ref}} = (20 \pm 4)$ d. 与折射闪烁理论求得的值很接近^[14]. 还发现 PSR B0809 + 74 的 7 h 的流量大幅度短期变化事件^[15], 这是比较少见的, 还不能用现有的闪烁理论解释.

2.5 49 cm 波段脉冲星模式变化的观测

脉冲星的平均脉冲轮廓形状非常稳定. 少数脉冲星的轮廓形状具有多种模式, 大部分时间处于正常模式下, 有时会突然转化为另一种稳定的形状. 反常模式持续时间较短. 反常模式是偶发的稀少事件, 比较难以获得. 2000 年 6 月 21 ~ 26 日在 49 cm 上, 观测到脉冲星 PSR B0329 + 54 的平均脉冲轮廓的一个新的反常模式.

2.6 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. 不同脉冲星的谱特性很不相同. 谱指数的平均值为 1.6. 1999 年 3 月 12 日至 6 月 8 日, 分别在 92, 18, 13, 6 和 3.6 cm 上对 PSR B0329 + 54 进行了观测, 得到的平均谱指数为 1.72.

2.7 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, 多波段同时观测资料发表的很少. 2000 年 7 月 10 ~ 15 日期间进行了 92 和 49 cm 两个波段双频同时观测的实验, 2000 年 8 月 12 日在 13 和 3.6 cm 两个频段进行了双频同时观测实验都取得了成功.

3 国内脉冲星观测研究展望

乌站射电望远镜脉冲星观测研究取得了长足的进展, 目前他们正在对 18 cm 接收系统进一步改造, 研制致冷式前置放大系统, 使观测灵敏度达到 10^{-29} W/m² · Hz, 比现在的灵敏度提高 4 ~ 5 倍. 还计划发

展低频段的消色散接收系统, 使乌站脉冲星观测在多个波段上接近或达到国际水平. 北京天文台正在进行的几项工作将会使我国的脉冲星观测研究做出更多的贡献. 北京天文台综合孔径望远镜进行增加相加模式的技术改造已获得成功. 2000 年进行脉冲星观测实验, 得到初步的结果. 目前正在筹划研制 50 m 口径射电天文望远镜, 其主要任务是进行脉冲星的观测以检测引力波, 建立脉冲星标准钟实验系统和开展脉冲星定时课题的研究^[16]. 北京天文台主持预研究的贵州 500 m 口径主动球面望远镜 (FAST) 是赶超国际水平的项目, 建成后将是世界上最大的射电望远镜, FAST 的主要科学目标之一就是脉冲星的观测. 它将使我国脉冲星观测研究全面地达到国际先进水平.

致谢 感谢吴鑫基教授的宝贵意见和提供详尽的资料.

参 考 文 献

- 1 Wu X J, Manchester R N, Lyne A G, et al. Mean pulse polarization of southern pulsars at 1560 MHz. MNRAS, 1993, 261: 630~646
- 2 Qiao Guojun, Manchester R N, Lyne A G, et al. Polarization and Faraday rotation measurements of southern pulsars. MNRAS, 1995, 274: 572~588
- 3 Manchester R N, Han J L, Qiao G J. Polarization observations of 66 southern pulsars. MNRAS, 1998, 295: 280~298
- 4 Wang N, Manchester R N, Pace R P, et al. Glitches in southern pulsars. MNRAS, 2000, 317: 843~860
- 5 黄茂海, 金声震, 吴海娃, 等. The data acquisition and processing system used for pulsar observations. Publication of Beijing Astronomical Observatory, 1993, 22: 19~23
- 6 康连生, 黄茂海, 金声震, 等. The pulsar observation system of the BAO at 15 m antenna. Publication of Beijing Astronomical Observatory, 1992, (19): 81~85
- 7 吴鑫基, 康连生, 金声震, 等. 四颗脉冲星在 327MHz 观测结果. 天体物理学报, 1997, (1): 37~42
- 8 康连生. 在乌鲁木齐天文站 25 m 天线上进行的脉冲星观测. 天文学进展, 1997, 15(2): 169~172
- 9 张晋, 吴鑫基, Manchester R N. 等. 乌鲁木齐天文站 25 天线 18 脉冲星到达时间观测系统. 天体物理学报, 1999, (4): 447~450
- 10 Aili Y, Zhang J, Wang W X, et al. Urumqi pulsar timing system. In: Proceeding of the 5th CAS-MPS Workshop on High Energy Astrophysics. 北京: 中国科学技术出版社, 2001. 189~192
- 11 Wu X J, Wang N, Zhang J, et al. Observations of Pulsar at Urumqi Astronomical Observatory. In: Proceeding of Astrophysics Conference of Pacific Region. Hang Kong: Kluwer Academic Publishers, 2000. 81~87
- 12 吴鑫基, 王娜, 张晋, 等. 脉冲星多波段观测及脉冲星候选体的观测研究. 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