

五百米口径球面射电望远镜脉冲星研讨会  
(11)

Local organizers

Ke Hu (XTU)

Jinchen Jiang (PKU)

Zhaosheng Li (XTU, chair)

Jiguang Lu (NAOC)

Yuanyue Pan (XTU)

Zhichen Pan (NAOC)

Xuejuan Yang (XTU)

Jianfu Zhang (XTU)

FAST Pulsar Symposium 11

<https://psr.pku.edu.cn/fps/FPS11/FPS11.html>

Xiangtan University  
Xiangtan  
August 3-5, 2022

Organized by FPS Advisory Committee

Hsiang-Kuang Chang (NTHU)	Biping Gong (HUST)
Longfei Hao (YNO)	Yongfeng Huang (NJU)
Stephen Ng (HKU)	Liming Song (IHEP)
Hongguang Wang (GZU)	Renxin Xu (PKU)
Jianping Yuan (XAO)	Yefei Yuan (USTC)
Youling Yue (NAO)	Zhen Yan (SHAO)
Li Zhang (YNU)	Xiaoping Zheng (CCNU)

# 第十一届全国脉冲星研讨会 (FPS 11)

2022.08.03 于湖南湘潭



# 500 米口径球面射电望远镜/未来脉冲星专题研讨会

## 第十一次会议

FPS 年会于 2012 年首次在新疆昌吉举办、第 11 次年会 (FPS11) 于 2022 年 8 月 3 日至 5 日在湖南湘潭召开。FPS11 评奖委员会 (戴子高、高志福、龚碧平、黄永锋、郝龙飞、候书进、来小禹、李剑、李柯伽、李兆升、彭秋和、邵立晶、仝号、王仲翔、徐仁新、闫振、杨书华、袁业飞、张仲莉、郑小平、周霞等 21 人构成) 最终遴选出 Crab 奖一名 (胥恒)、Vela 奖三名 (吴沁、王双强、姜金辰)。四位获奖者合影如下图。

经过艰难的三年新冠疫情期,想必我们会特别体会“圣代复元古,垂衣贵清真\*”之意境与向往。幸运的是,咱们“FPS 之旅”从容而掠,在适当调整会议时间后“关关难过关关过”、都成功地以线下为主开展。如今进入后疫情时代;尽管国际学术环境有变,但国内学术交流必将呈现活跃态势、为新一代“脉冲星学人”的成长造就理想的求真氛围。如此看来,“群才属休明,乘运共跃鳞\*”之盛景可期。



FPS11 获奖者

胥恒 (右二) 吴沁 (左一) 王双强 (左二) 姜金辰 (右一)

作为 FPS 人共同的“历史记忆”,您手中的第十一本会议文集将在会场外绽放 FPS 的更多精神魅力。所有 FPS 文集电子版网址如下:

[https://psr.pku.edu.cn/conference/fps/Proceedings/FPS \$\alpha\$ .pdf](https://psr.pku.edu.cn/conference/fps/Proceedings/FPS<math>\alpha</math>.pdf)

这里  $\alpha = 1, 2, 3, \dots, 11$  代表获取第一到第十一次的 FPS 文集。是的,让所有 FPS 学人继续以精辟的语言在文集中留下自己关于“脉冲星”的真知灼见!

会议组织者:“FPS”咨询委员会成员,以及

LOC 成员:湘潭大学 胡柯、李兆升(主席)、潘元月、  
杨雪娟、张建福,  
国家天文台 姜金辰、卢吉光、潘之辰

公元贰零贰贰年拾贰月

\*取自唐代著名浪漫主义诗人李白(701年生,762年卒)之《古风·大雅久不作》。

# 目 录

1. 年轻强磁化脉冲星的环向磁场及热演化	高志福.....	1
2. 磁星 XTE J1810-197 的 2.25/8.60 GHz 同时观测研究	黄志鹏, 闫振, 沈志强, 仝号, 林琳, 袁建平, 赵融冰, 吴亚军, 刘杰, 王睿, 王啸威.....	3
3. 使用 FAST 对毫秒脉冲星进行基带偏振测量	姜金辰 (Vela 奖获得者) .....	7
4. 4U 1730-22: 一颗吸积毫秒脉冲星?	李兆升.....	9
5. 通过中子星冷却观测约束中子星内部物理	刘荷蕾.....	10
6. 简洁的脉冲星数据处理程序组	卢吉光.....	11
7. 在 2022 年中的 FAST 球状星团脉冲星发现	潘之辰.....	12
8. FAST 与 SKA 的“双剑合璧”	邵立晶.....	14
9. 天马望远镜的脉冲星星际闪烁观测	王睿, 闫振, 沈志强, 王啸威, 黄志鹏, 赵融冰, 吴亚军.....	16
10. Plasma Lensing Near the Eclipse of Black Widow Pulsar PSR J1720-0533	王双强 (Vela 奖获得者) .....	19
11. Coherently polarized emission of FRB	王维扬.....	21
12. 天马望远镜毫秒脉冲星高频观测研究	王啸威, 闫振, 沈志强, 吴亚军, 赵融冰, 黄志鹏, 王睿 .....	24
13. 等离子透镜对快速射电暴的作用	王榆斌.....	27
14. An 8% Determination of the Hubble Constant from localized Fast Radio Bursts	吴沁 (Vela 奖获得者) .....	29
15. 伽马射线暴和高速脉冲星	许帆, 黄永锋.....	31
16. 一个棒旋星系的复杂磁化环境中的快速射电暴	胥恒 (Crab 奖获得者) .....	32
17. 迈向“奇子星”的三条理由	徐仁新.....	34
18. 基于相对论平均场理论分析 $\delta$ 介子对超子星潮汐形变性质的影响	许妍.....	35
19. 奇异星与致密星观测: 非牛顿引力, 抑或暗物质核?	杨书华.....	36
20. 磁星能源驱动的特殊超新星爆发现象	俞云伟.....	38
21. 中子星: 从结构到动力学研究	郑小平.....	42
22. Ultra-wide Bandwidth Observations of 19 pulsars with Parkes telescope	周祖荣... ..	43
23. 原初黑洞在中子星内部旋进的引力波辐射——致密物质状态方程的新探针	邹泽城, 黄永锋 .....	48
24. 会议日程 .....		52

## 年轻强磁化脉冲星的环向磁场及热演化

高志福 (Zhifu Gao)

中国科学院新疆天文台 新疆 830011

Email: zhifugao@xao.ac.cn

年轻的脉冲星被认为是被高度磁化的中子星，在天文和天体物理学中扮演着独特的角色，同时也是检验极端物理理论的天然宇宙实验室。中子星磁化参数反映了壳层磁场霍尔漂移和欧姆衰变两项的相对权重，也决定了星体内部热传导各向异性的程度。我们首先采用 Hartree-Fock-Bogoliubov 方法计算了冷的非吸积中子星统一的核物质状态方程；结合脉冲星内壳层磁场、密度、温度、混杂度等参数的范围，通过数值模拟计算出脉冲星内壳层的电导率，给出年轻脉冲星磁化参数与初始磁场强度的一般表达式。PSR J1640-4631 是目前观测上发现的第一颗制动指数超出磁偶极辐射模型预言  $n = 3$  的脉冲星。制动指数为年轻脉冲星的辐射机制的研究提供了一个新窗口。为了研究磁能衰减对脉冲星热辐射的影响，我们考虑广义相对论效应，在弯曲空间下推导出环向磁场欧姆衰减的特征方程。在欧姆衰减与霍尔漂移结合的两种情况下，研究了磁场能湮灭率，我们发现：磁场能湮灭率都低于 Chandra+NuSTAR 望远镜观测得到的各向同性软 X-射线光度。重新计算了 PSR J1640-4631 的制动指数  $n$ ，计算的值低于其观测值  $n = 3.15(3)$ ，这表明除了偶极磁场衰减以外存在着其他因素影响该脉冲星自转减慢的演化，如磁倾角衰减、引力波辐射等。我们将 PSR J1640-4631 的表面温度归因于“磁斑点”的形成或归因于极冠区的环向场衰减引起的热-塑性流波(TPW)加热。图1表示 PSR J1640-4631 在  $r = 0.995R$  处磁场三个分量的等值线图。在计算星体表面软X-射线光度时，同时考虑了环向磁场的一阶和二阶分量发生衰减，计算了TPW的加热率。在理论上对 PSR J1640-4631的有效 X-射线流量密度和极冠区温度  $T_p$  给出预期值，理论上预测值与该源的实际观测结果相一致。

磁星是一类被高度磁化的中子星，其主要能量来源是由超强磁场提供的。我们选取与超新星遗迹 CTB 109 相成协的磁星 1E 2259+586 为研究对象，考虑广义相对论效应，计算了1E 2259+586 环向磁场衰减率和磁能衰减率，研究结果证实了星体表面的热辐射可能是由于壳层磁场衰减产生的焦耳热，为其他磁星的热演化奠定了理论基础。图2表示各向同性加热模型中所选样本的  $L_x$ 和  $L_{rot}$  关系。从图2可以看出，我们预测的1E 2259+586 的 X-射线能量转换系数远高于各向同性的 X-射线辐射模型下拟合的两条曲线，说明磁星具有与普通的依靠旋转供能脉冲星不同的辐射机制。最近，高能 X-射线卫星数据还证实另外三颗高磁场脉冲星 PSR J1846-0258、PSR J1734-3333 和 PSR J1119-6127 发生了 X-射线爆发（类似于磁星外暴）。这些爆发可能也是由壳层环向磁场的衰减引起的。在脉冲星磁场演化的早期，内部多极磁场会通过壳层磁场的并合而形成偶极极向磁场，从而导致脉冲星具有较低的制动指数 ( $n < 3$ ) 和高值的软 X-射线流量密度，这些假设将由未来的脉冲星多波段观测来证实。

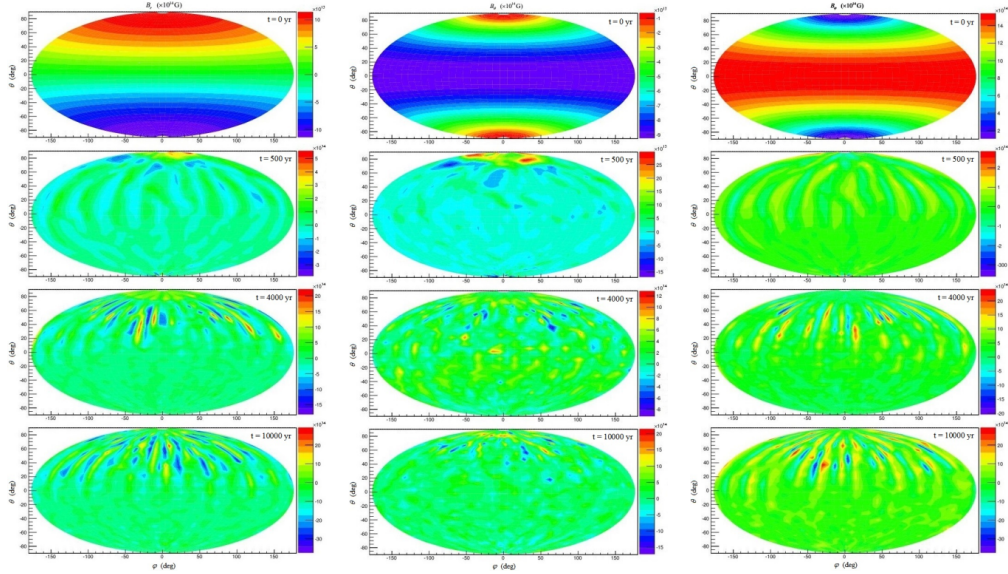


Figure 1: PSR J1640-4631 在  $r = 0.995R$  处磁场三个分量的等值线图。等值线图分别对应  $t = 0$  (第一行)、 $t = 3.5$  kyr (第二行)、 $t = 10$  kyr (第三行)、 $t = 50$  kyr (最后一行) 的演化时标。第一、二、三列代表磁场分量  $B_r$ 、 $B_\theta$  和  $B_\phi$ 。

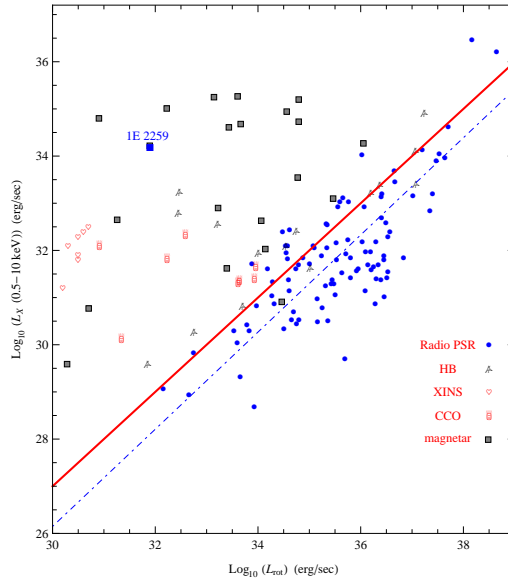


Figure 2: 各向同性加热模型中所选样本的  $L_x$  和  $L_{rot}$  关系。其中SR 代表普通射电脉冲星，共有 160 颗；HB 代表高磁场脉冲星，共有 15 颗；XINS 代表 X-射线孤立暗中性星，共有 7 颗（称为 Magnificent seven），CCO 代表中心致密天体，共有 8 颗，magnetar 表示磁星，共有 24 颗。最大的红色点代表 1E 2259 +586。

## 磁星XTE J1810–197的2.25/8.60 GHz同时观测研究

黄志鹏<sup>[1]</sup>, 闫振<sup>[1\*]</sup>, 沈志强<sup>[1]</sup>, 仝号<sup>[2]</sup>, 林琳<sup>[3]</sup>, 袁建平<sup>[4]</sup>, 赵融冰<sup>[1]</sup>, 吴亚军<sup>[1]</sup>, 刘杰<sup>[2]</sup>, 王睿<sup>[1]</sup>, 王啸威<sup>[1]</sup>

[1]中国科学院上海天文台, 中国 上海 200030

[2]广州大学, 中国 广州 510006

[3]北京师范大学, 中国 北京 100875

[4]中国科学院新疆天文台, 中国 乌鲁木齐 830011

\*Email: [yanzhen@shao.ac.cn](mailto:yanzhen@shao.ac.cn)

磁星是一类具有超强磁场 ( $10^{14} - 10^{15}$  G) 的天体, 它们通常表现为软 $\gamma$ 射线重复暴和反常X射线脉冲星(Duncan & Thompson, 1992)。目前仅发现32颗磁星及其候选体, 其中只有6颗磁星探测到射电波段辐射<sup>1</sup>。和常规脉冲星相比, 磁星具有剧烈的高能现象、多样的辐射轮廓、频繁的自转变化等显著特点。无论是磁星的辐射还是结构、演化等基本问题一直是天文学研究的前沿热点。磁星XTE J1810–197是第一颗被发现具有射电波段辐射的磁星(Ibrahim et al., 2004)。它于2004-2008年期间在射电波段活跃, 但在2008年底在射电波段变得不可见(Camilo et al., 2016)。2018年12月这颗磁星因强烈的射电辐射被观测到再次爆发(Lyne et al., 2018)。我们利用上海天马射电望远镜(TMRT)对该磁星进行双频率(2.25 GHz和8.60 GHz)同时监测研究, 经历了从MJD 58501至59427共计194次观测之后取得如下阶段性成果。

**【1】** 多达194次频繁双频观测表明尽管该磁星轮廓多变但是在数天至数十天的时标内保持相对稳定。我们进一步根据活跃的辐射区域划分了12种轮廓形态(见图1), 其中MJD 58915之后的辐射是充满‘毛刺’的辐射状态。在上一次爆发中(2003-2008年), 这颗源的中间脉冲很强并且被频繁观测到(Kramer et al., 2007)。但是, 本次爆发后尚无成功探测到其中间脉冲有关报道。我们仅在一次8.60 GHz(同时的2.25 GHz未有)观测到该磁星的中间脉冲(见图1第三张子图), 该探测可谓其本次爆发后的中间脉冲的首次成功探测。

**【2】** 用跨度926天的观测资料证实该磁星自转频率随时间减慢趋势及描述了复杂的自转频率导数变化, 成功拟合了自转频率长期变化的一阶导数( $\dot{\nu} \sim$

---

<sup>1</sup><http://www.physics.mcgill.ca/pulsar/magnetar/main.html>

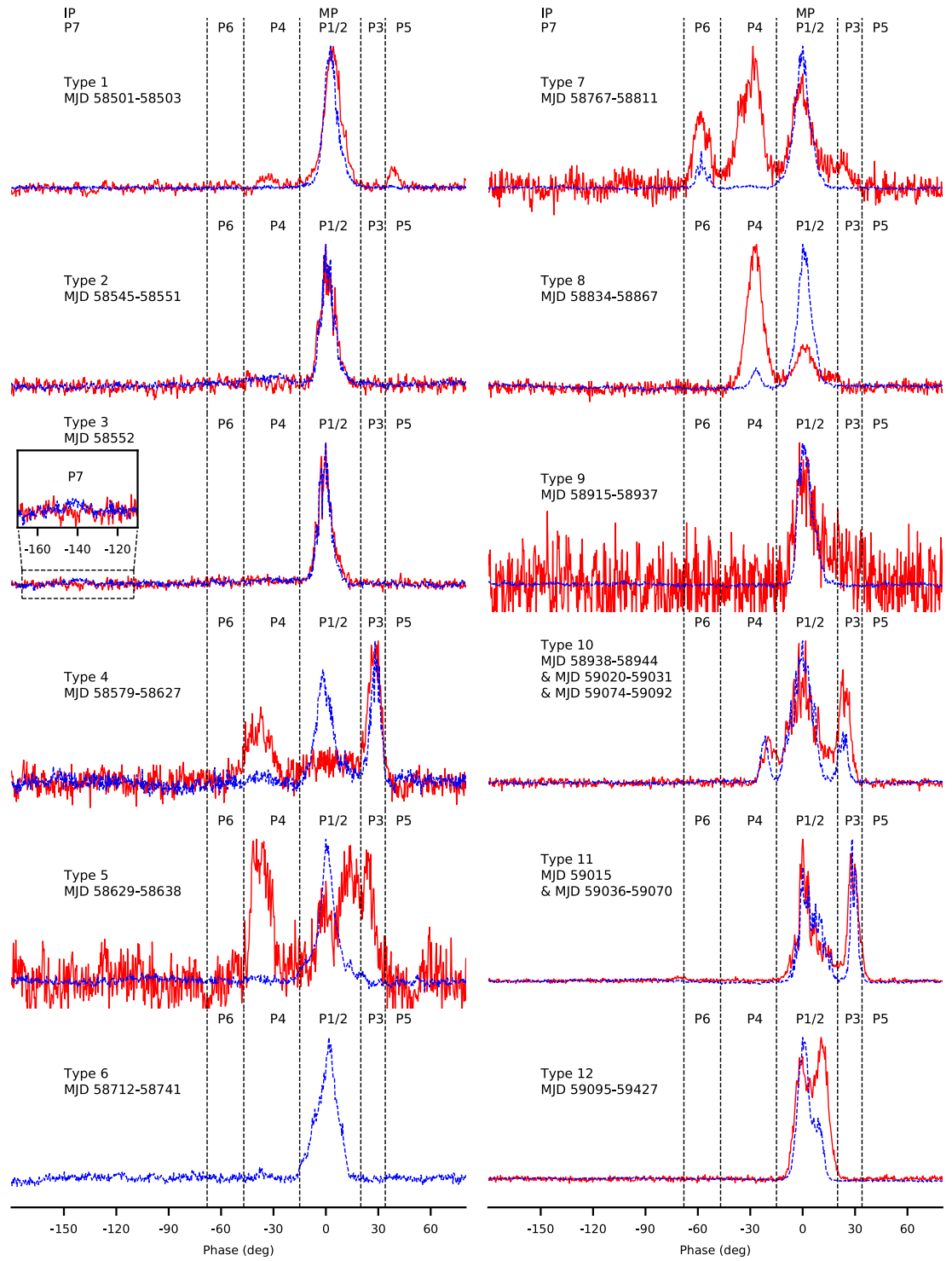


Figure 1: XTE J1810-197的12种典型积分轮廓（2.25 GHz蓝色、8.60 GHz红色）。



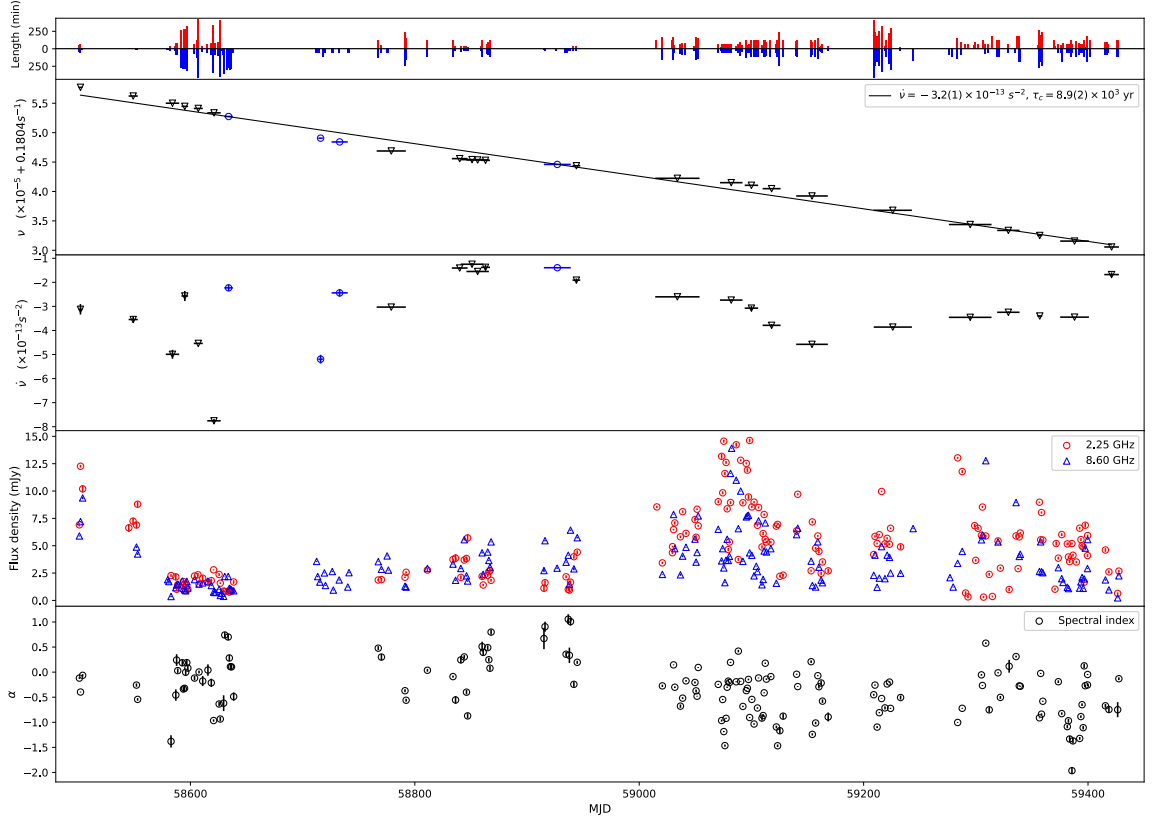


Figure 2: XTE J1810–197用来进行Timing计算的数据观测时间以及自转频率、自转频率一阶导数、平均流量、谱指数随时间变化情况。

$-3.2 \times 10^{-13} \text{ s}^{-2}$ ), 从而推导出更精确的特征年龄——约8900年(见图2第二、三张子图); 这是目前用跨度最长的自转频率拟合出特征年龄这一参数的工作。

【3】得益于双频同时观测, 我们得到了该磁星2.25 GHz和8.60 GHz流量及谱指数, 发现该星在2.25和8.60 GHz流量都呈现出三个明显的阶段: 突然下降、相对稳定、剧烈变化。而能谱变化很大但是总体来说能谱较平。(见图2底部两幅子图)。

【4】在偶极辐射的假设下, 我们计算了两个波段的辐射高度。2.25 GHz和8.60 GHz的辐射高度分别是 $7.5 \times 10^4 \text{ km}$ 和 $2.4 \times 10^4 \text{ km}$ 。这一结果符合RFM模型越高频率的辐射来源于越靠近中子星表面区域的预期(Manchester & Taylor. , 1977)。

## 致谢

该研究受到中华人民共和国科学技术部平方公里阵列射电望远镜（SKA）专项课题No.2020SKA0120104、上海市自然科学基金No.20ZR1467600支持。

## References

- Ibrahim, A. I., Markwardt, C. B., Swank, J. H., et al. 2004, ApJL, 609, L21
- Duncan R. C., Thompson C., 1992, ApJ, 392, L9
- Camilo, F., Ransom, S. M., Halpern, J. P., et al. 2016, ApJ, 820, 110
- Lyne, A., Levin, L., Stappers, B., et al. 2018, The Astronomer' s Telegram, 12284
- Kramer, M., Stappers, B. W., Jessner, A., Lyne, A. G., & Jordan, C. A. 2007, MNRAS, 377, 107
- Manchester, R. N., & Taylor, J. H. 1977, Pulsars

## 使用FAST对毫秒脉冲星进行基带偏振测量

姜金辰 (*Jinchen Jiang*)

中国科学院国家天文台

100101

Email: [jiangjinchen@bao.ac.cn](mailto:jiangjinchen@bao.ac.cn)

脉冲星射电辐射的偏振包含了产生辐射处磁场的信息，例如旋转矢量模型(RVM, Radhakrishnan et al. 1969)可以根据偏振位置角(PA)的“S”形曲线计算许多正常脉冲星的 $\alpha$ 和 $\beta$ 角。与正常脉冲星相比，毫秒脉冲星的偏振性质更难解释，增加毫秒脉冲星偏振测量的样本数可能有助于对毫秒脉冲星辐射机制的研究。此外，法拉第旋转效应还包含了辐射传播路径上磁场的信息，测量脉冲星偏振可用于对银河系磁场的研究。

为了测量脉冲星射电辐射的偏振，需要对望远镜进行偏振校准。此外，还需要改正星际介质和地球电离层造成的法拉第旋转，以及抑制RFI。在毫秒脉冲星观测中，为了获得比较高的时间分辨率，往往需要对基带数据进行相干消色散。由于偏振校准等操作的参数依赖于频率，而高时间分辨率的动态谱频率分辨率必然较低，因此为了进行更精确的校准需要将它们提前到检波之前。

van Straten (2002)提出了在检波前进行偏振校准的矩阵卷积方法，我们运用了这一方法并增加了在检波前对法拉第旋转的改正和对RFI的抑制。如图1所示，首先使用超采样的PFB (Morrison et al., 2020)将基带数据的500 MHz带宽划分为若干子带（对应最终结果的频率通道），然后在每一个子带中相干地进行偏振校准和消除色散、法拉第旋转和RFI，最后进行检波和折叠，得到毫秒脉冲星高时间分辨率的偏振轮廓。

我们选取历史上有很多观测的毫秒脉冲星PSR B1937+21 (J1939+2134)的FAST基带数据进行测试，得到的脉冲轮廓可分辨出主脉冲和中间脉冲后方的小峰（见图2左），这表明相干消色散的结果是正确的。我们挑选了12颗较少观测的毫秒脉冲星，使用FAST记录基带数据并进行偏振测量，获得了高时间分辨率的偏振轮廓。例如，PSR J1946+2052经过相干处理的脉冲轮廓显示出了更明显的短时标结构（见图2右）。

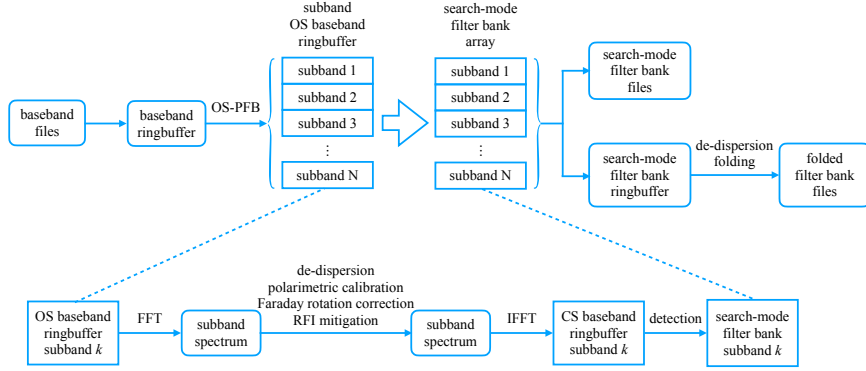


Figure 1: 基带偏振测量软件示意图

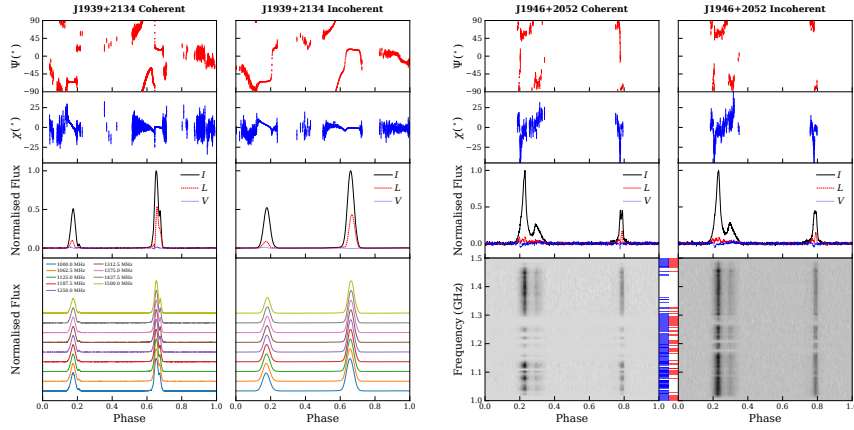


Figure 2: PSR J1939+2134和J1946+2052分别使用基带数据进行相干消色散和使用PSRFITS数据进行非相干消色散的结果

## References

Radhakrishnan, V., Cooke, D. J., Komesaroff, M. M. and Morris, D., 1969, *Nature*, 221, 443

van Straten, W., 2002, *ApJ*, 568, 436

Morrison, I. S., Bunton, J. D., van Straten, W. et al., 2020, *Journal of Astronomical Instrumentation*, 9, 2050004-444

## 4U 1730–22:一颗吸积毫秒脉冲星?

李兆升 (Zhaosheng Li)

湘潭大学物理与光电工程学院

湖南湘潭 411105

Email: lizhaosheng@xtu.edu.cn

I型X射线暴是中子星表面吸积物质的不稳定核热燃烧，按燃烧物质可分为H/He混合、He和C。我们分析NICER对中子星低质量X射线双星4U 1730–22的数据，发现其中一个暴中存在585 Hz的震荡，最大FFT功率为 $P_m = 54.04$ ，对应单次实验的置信度为 $7.05\sigma$ ，多次实验的置信度为 $4.73\sigma$ ，见图1（左）。X射线暴的震荡信号可能来自于中子星表面不均匀的温度分布，或者是中子星海洋震荡，信号频率与中子星自转频率非常接近。我们可以推断4U 1730–22中子星的自转频率约为585 Hz，是一颗吸积毫秒脉冲星候选体。将暴的光变曲线按震荡频率折叠，我们发现轮廓为正弦形状，见图1（右），未来如能获得更高信噪比的观测数据，将可能对中子星质量和半径给出约束。

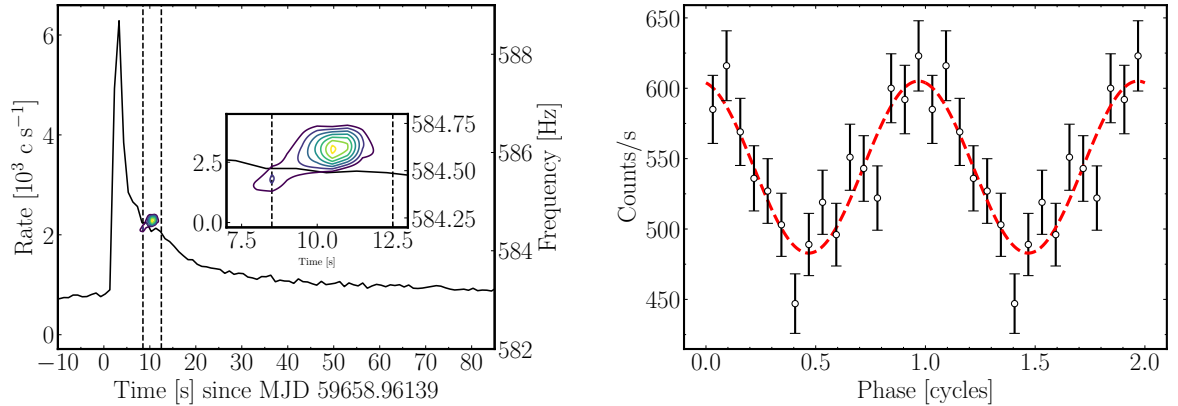


Figure 1: 左图，4U 1730–22的I型X射线暴的光变曲线，等高线为FFT的功率从25到55变化。右图，将暴震荡信号最强处的光变曲线按震荡频率折叠，红色虚线为正弦函数拟合脉冲轮廓。图片来自Li et al., 2022, ApJ, 935, 123

## 通过中子星冷却观测约束中子星内部物理

刘荷蕾 (Helei Liu)  
 新疆大学物理科学与技术学院  
 乌鲁木齐 830046  
 Email: heleiliu@xju.edu.cn

我们研究了孤立中子星和吸积中子星的热演化。对于年龄  $t \lesssim 10^5$  年的中子星，主要通过中微子冷却，而中子星内部能否发生快速冷却取决于物态方程。一般情况，*minimal cooling* 可以解释大部分的中子星冷却观测，但是观测到一些比较冷的孤立中子星(e.g. PSR J0205+6449, RX J0007.0+7302)和吸积中子星 (e.g. SAX J1808.4-3658, 1H 1905+000, MXB 1659-29)，需要快速冷却过程才能解释。中子星的冷却行为跟  $Y_p$  相关，当  $Y_p > 1/9$  时直接Urca过程才会发生。因此对于低  $Y_p$ ，即低对称能物态方程，我们考虑  $\pi$  凝聚这一奇异冷却过程来解释孤立/吸积中子星的冷却观测。另一方面，壳加热模型解释不了一些暂现源吸积中子星的壳冷却，需要其壳层内有额外的加热机制。当吸积物质与中子星表面碰撞达到  $\pi$  的产生阈值，就会有大量的  $\pi$  产生， $\pi$  衰变产生中微子加热。我们发现观测到较热的源RX J0812.4-3114 可以通过这一中微子加热机制解释。

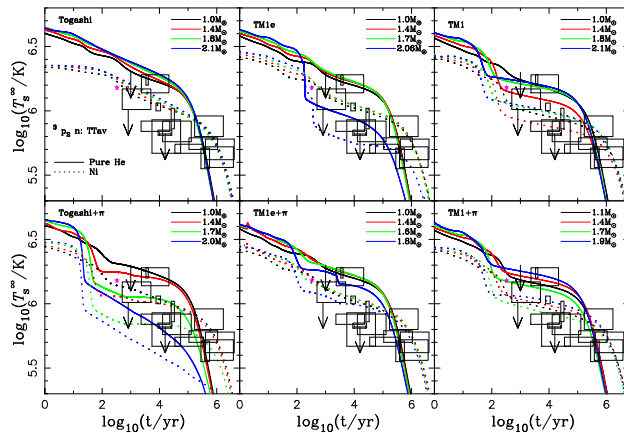


Figure 1: 孤立中子星的热演化，包含  $\pi$  凝聚（下）和不包含  $\pi$  凝聚（上）。虚线代表包层组成为Ni，实线代表包层组成为纯氦。低对称能的Togashi物态， $2M_{\odot}$  中子星仍然解释不了较冷的观测，对于这一类物态，我们包含  $\pi$  凝聚，考虑强  $\pi$  中微子冷却过程和超流，可以解释观测。

## 简洁的脉冲星数据处理程序组LAPUDA

卢吉光 (*Jiguang Lu*)  
中国科学院国家天文台  
北京 100101  
Email: [lujig@nao.cas.cn](mailto:lujig@nao.cas.cn)

我们编写了用于处理脉冲星观测数据的简洁程序包LAPUDA (LAconic Program Units for pulsar Data Analysis)<sup>1</sup>, 欢迎大家下载使用! 它提供了预测计算脉冲星脉冲到达时间的可导入模块以及对FAST脉冲星数据进行折叠消色散、偏振定标和测时的程序指令, 能够满足脉冲星数据预处理的基本需求。

LAPUDA有以下特点: 程序完全使用PYTHON 进行编写(PYTHON版本大于等于3.10), 使用时需要预装第三方PYTHON库numpy, scipy, matplotlib, astropy 和 scikit-learn; 如果系统中安装了PSRCAT, 那么程序可以借助于PSRCAT提供的脉冲星参数进行更加便利的数据处理; LAPUDA处理数据时的生成文件主要为LD格式(LACONIC DATA), 该格式将文件信息以JSON形式附于数据之后以便于信息修改; LAPUDA 提供了相应的程序对LD格式数据进行数据信息查看与可视化数据查看, 还提供了相应的模块用来对LD格式数据进行读写。

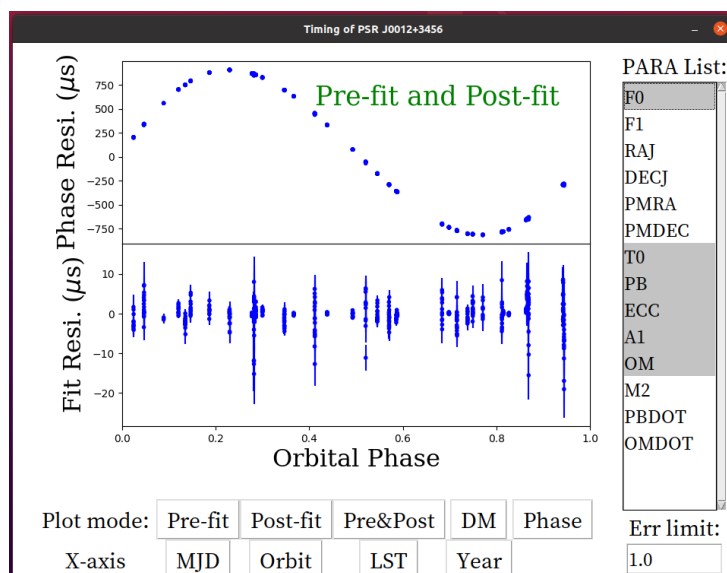


Figure 1: LAPUDA进行交互式脉冲星测时示例.

<sup>1</sup><https://github.com/lujig/lapuda>

## 在2022年中的FAST球状星团脉冲星发现

潘之辰 (*Zhichen Pan*)  
中国科学院国家天文台FAST运行和发展中心  
北京 100101  
Email: [panzcbao.ac.cn](mailto:panzcbao.ac.cn)

在2022年中，我们又找到了几个球状星团的脉冲星。借FPS文集的机会，在这里简单描述一下发现的经过、相应的经验、以及对于搜索的新理解。一些内容可能和之前的会议文集内容有所重复，就此，事先向读者致歉！

在2022年中的发现主要来自于处理历史数据。我们已经使用FAST完成了其天区内所有的45个球状星团的观测。根据这一年的数据处理，我们可以认为，大部分亮的，较容易被观察到的脉冲星都已发现，今后的数据处理将集中在使用新方法、搜索弱信号、探究球状星团脉冲星科学等方面。如同在会议中所说，FAST球状星团脉冲星巡天将从搜索向科学转型。

### 1 M2F

在2022年过年期间，找了一天M2的观测，将观测结果用excel来处理，大致就是观察 $\sigma$ 随着DM的变化。M2中，之前有5个脉冲星，都是毫秒脉冲双星，轨道周期在天的量级。M2C有明显的闪烁，但是每次观测都能探测到；M2E受闪烁影响，大致只有50%的探测率。在2021-2022年的多次对于M2的观测中都没有新脉冲星的发现，因此基本认为至少绝大部分脉冲星都已经找到。然而，在excel中看到了一个4.78 ms的信号，最终确认是个脉冲星，M2F。M2F探测率很低，目前只看到两次，位于双星系统中，轨道周期应该也在天的量级，小质量伴星。之前没找到的原因确定为较低的探测率。

### 2 M53E

和M2F类似的道理，正好去找了M53的数据。在之前的所有M53的搜索中，我们用的都是全部长度的数据，即5小时的观测；双星搜索中的 $z_{\max}$ 使用了1200。即使使用了非常大的 $z_{\max}$ ，对于较长的观测时间来说，也只能覆盖很小的加速度范围。在使用较短的观测长度的数据后，我们找到了M53E，这是一个周期3.97 ms的双星。目前，M53E已经解出轨道，轨道周期2.4天，小质量伴星，相关结果连同之前的M53中的新脉冲星将由学生发表。M53E之前丢失的原因明显在于使用了过长的观测时间从而影响了加速搜索覆盖的参数空间。一般认为加速搜索能有效利用的观测时间大约是轨道周期的10%，对于M53E来说大约是5小时。另外一个原因是，并没有对于M53的所有观测数据开展完整的数据处理，而最看重的一次数据处理，在2019年11月30日的观测，正好由于闪烁，M53E非常暗弱。



### 3 NGC6517中的多个脉冲星发现

在2022年年底，由指导的贵州大学学生发现了超过5个的新脉冲星。这些新脉冲星都非常暗弱，都是孤立脉冲星，反应了NGC6517核心非常密集的恒星密度。从2019年的FPS会议（西安）开始在NGC6517中发现新脉冲星，到现在，毫无疑问，NGC6517是FAST天区中脉冲星最多的球状星团。这些发现是惊人的，也毫无疑问将带来更多的发现机遇。

### 4 其它

在2022年中，开展了更多的监测，使得我们得到了M71BCD，M14BC等等脉冲双星的轨道信息。值得一提的是，M71D是轨道周期11天，轨道偏心率0.6，伴星超过1倍太阳质量的双星；考虑到球状星团古老的年龄，这很可能是一个双中子星系统。另外，M71B和D的轨道都是数百天，是目前球状星团脉冲星中轨道周期最长的。更大的惊喜可能来自于M71E，将在2023年向大家讲述。另外，Paulo等人在Glimpse C01中找到了一个色散接近500，周期19 ms的脉冲星。通过再处理FAST历史数据，这个信号也看到了。这个信号的丢失，来自于数据中过多的干扰，以及这个球状星团非常高的色散带来的计算压力。这些都需要在2023年中予以弥补。

### 5 结论

在2022年中，在FAST球状星团脉冲星搜索框架下，发现了7个脉冲星，加上2023年的1个，现在FAST已经在球状星团中找到超过40个脉冲星，将同天区球状星团脉冲星数量增加超过100%。在2023年中，希望有更多惊喜！

## FAST 与 SKA 的“双剑合璧”

邵立晶 (*Lijing Shao*)  
北京大学物理天文与天体物理研究所  
100871  
Email: [lshao@pku.edu.cn](mailto:lshao@pku.edu.cn)

近些年 FAST 望远镜的工作成果显著，在脉冲星与快速射电暴方面有了突出的成就，使得我们对中子星以及射电暂现源有了新的认识。当然，新的观测也创造了新的“谜团”，需要后续的观测——射电、光学、X射线，甚至是引力波等——来进一步澄清。科学正是在“提问”、“探索”和“解答”的循环中进步。FPS 系列会议 (FAST/Future Pulsar Symposium) 的成功召开，也见证了 FAST 望远镜的顺利运行，以及 FAST 脉冲星科学团队的成长。



Figure 1: SPSS'22 和 FPS11 的联合召开。

我们在庆祝成果的同时，也在向着未来展望。在射电脉冲星观测领域，其中最值得展望的自然就是平方公里阵列 (Square Kilometre Array; SKA)。我国作为 SKA 的正式成员国以及创始国之一，近些年也在 SKA 中发挥着重要的作用。相比于 FAST 而言，SKA 不仅有其作为“阵列望远镜”的特殊性，也有其选址在南天的独特优势。SKA-1 正在紧锣密鼓的建设之中，预计将于 2028 年运行；而其先导项目 (如, MeerKAT) 已经在脉冲星领域亮出了刺眼的锋芒 [1, 2]。对于脉冲星工作者而言，SKA 将在巡天和测时两个方面都有大的进展，不仅将使脉冲星数目数倍地成长，也将提供更高的测时精度以实现更进一步的科学突破 (包括引力与时空本质的检验、中子星物态的测量、引力波的探测等) [3, 4, 5, 6]。

今年在科技部“SKA 专项”的支持下，SKA 脉冲星科学会议 (SKA Pulsar Science Symposium 2022; SPSS'22) 能够与 FPS11 紧密结合召开，不可谓不是我

国脉冲星科学的一次“双剑合璧”。2023年的FPS12和SPSS'23将在河南南阳持续书写“双剑合璧”的美谈！

## References

- [1] M. Bailes, A. Jameson, F. Abbate, E. D. Barr, N. D. R. Bhat, L. Bondonneau, M. Burgay, S. J. Buchner, F. Camilo and D. J. Champion, *et al.* Publ. Astron. Soc. Austral. **37** (2020), e028 doi:10.1017/pasa.2020.19 [arXiv:2005.14366 [astro-ph.IM]].
- [2] S. Johnston, A. Karastergiou, M. J. Keith, X. Song, P. Weltevrede, F. Abbate, M. Bailes, S. Buchner, F. Camilo and M. Geyer, *et al.* Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **493** (2020) no.3, 3608-3615 doi:10.1093/mnras/staa516 [arXiv:2002.10250 [astro-ph.HE]].
- [3] L. Shao, I. H. Stairs, J. Antoniadis, A. T. Deller, P. C. C. Freire, J. W. T. Hessels, G. H. Janssen, M. Kramer, J. Kunz and C. Lämmerzahl, *et al.* PoS **AASKA14** (2015), 042 doi:10.22323/1.215.0042 [arXiv:1501.00058 [astro-ph.HE]].
- [4] A. Watts, C. M. Espinoza, R. Xu, N. Andersson, J. Antoniadis, D. Antonopoulou, S. Buchner, P. Demorest, P. Freire and J. Hessels, *et al.* PoS **AASKA14** (2015), 043 doi:10.22323/1.215.0043 [arXiv:1501.00042 [astro-ph.SR]].
- [5] G. Janssen, G. Hobbs, M. McLaughlin, C. Bassa, A. T. Deller, M. Kramer, K. Lee, C. Mingarelli, P. Rosado and S. Sanidas, *et al.* PoS **AASKA14** (2015), 037 doi:10.22323/1.215.0037 [arXiv:1501.00127 [astro-ph.IM]].
- [6] A. Weltman, P. Bull, S. Camera, K. Kelley, H. Padmanabhan, J. Pritchard, A. Raccanelli, S. Riemer-Sørensen, L. Shao and S. Andrianomena, *et al.* Publ. Astron. Soc. Austral. **37** (2020), e002 doi:10.1017/pasa.2019.42 [arXiv:1810.02680 [astro-ph.CO]].

## 天马望远镜的脉冲星星际闪烁观测

王睿<sup>[1]</sup>, 闫振<sup>[1\*]</sup>, 沈志强<sup>[1]</sup>, 王啸威<sup>[1]</sup>, 黄志鹏<sup>[1]</sup>, 赵融冰<sup>[1]</sup>, 吴亚军<sup>[1]</sup>

[1] 中国科学院上海天文台, 中国 上海 200030

Email: \*yanzhen@shao.ac.cn

脉冲星是诞生于大质量恒星( $\geq 8M_{\odot}$ )的超新星爆发的致密天体, 其典型质量约为 $1.4M_{\odot}$ , 半径却只有10km左右。因为超新星爆发的不对称性, 脉冲星会获得加速, 因而它会有远高于前身星的自行速度。通常情况下, 脉冲星的内禀流量相对比较稳定。作为理想点源的脉冲星, 其信号在穿越湍动的非均匀星际介质过程中会产生十分明显的星际散射以及星际闪烁效应(Stinebring D. R. et al., 1990)。所谓星际闪烁, 它类似于恒星受大气湍流团散射而产生的“眨眼睛”现象, 表现为随时间、频率的具有一定规律性的流量涨落, 通常在观测频率较低时更为明显 (Scheuer P. A. G., 1968; Camilo et al., 2016; Narayan R., 1992)。

脉冲星星际闪烁的研究历史几乎与脉冲星的研究历史一样长。在脉冲星发现后不久, 短时标的衍射式星际闪烁就已经被发现(Scheuer P. A. G., 1968; Camilo et al., 2016), 长时标的折射式星际闪烁也在之后的深入研究中被发现(Rickett B. J. et al., 1984)。前者由较小尺度 $10^6 - 10^8$  m而后者由较大尺度 $10^{10} - 10^{12}$  m的不均匀的星际介质团块引发。星际闪烁不仅可以用来探究星际介质的分布与湍动, 反过来也能限定脉冲星自身物理。

无论是星际介质的分布还是湍动, 目前都是很开放的问题。已有一系列模型被提出来解释它(Lyne A. G. & Graham-Smith F., 1977), 但这些模型的参数取值以及适用条件我们知之不多, 需要大量可靠的观测数据来确定。上海天马射电望远镜是国内新建的一台口径为65米的全天可动的大型射电望远镜, 它配备了八套高灵敏度制冷接收机以及主动面反射系统, 使其能够在1.2至50 GHz保持非常高的灵敏度。脉冲星是该望远镜重要观测目标之一, 已经进行了一系列的脉冲星研究, 其中包括星际闪烁 (Yan Z. et al., 2015, 2018)。

S波段 (2.2-2.3GHz) 是天马望远镜脉冲星观测常用的观测频段之一。我们根据ATNF Pulsar Catalogue <sup>1</sup>(Hotan A. W., et al., 2004)的相关参数, 对可能能被天

---

<sup>1</sup><https://www.atnf.csiro.au/research/pulsar/psrcat/>

Name	GL (°)	GB (°)	DM ( $pc/cm^3$ )	D (kpc)	Z (pc)	S1400 (mJy)	spectral index	$V_T$ (km/s)
B0144+59	130.059	-2.723	40.11	2.128	-101	2.1	-1.23	75
B0450+55	152.617	7.547	14.59	1.18	155	13	-1.2	314
B0835-41	260.904	-0.336	147.2	1.5	-9	35	-1.64	121
B1749-28	1.540	-0.961	50.37	0.2	-3	47.8	-1.7	6
B1737+13	37.085	21.679	48.67	4.176	1543	2.1	-1.4	589
B2319+60	112.095	-0.566	94.59	2.7	-27	12	-1.0	235

Table 1: 六颗脉冲星有关基本参数

马观测到星际闪烁的源进行了全面的排查，优选出一批样本。本文将展示其中六颗脉冲星的S波段星际闪烁现象，这六颗脉冲星参数见表1。它们S波段的星际闪烁现象比较典型，但是国内外有关文献尚未报道过。图1展示了这六颗脉冲星的二维动态谱。这些脉冲星的闪烁可谓各有特色，有的脉冲星表现出非常宽的消相关带宽（如B0450+55）；有的脉冲星表现出极窄的消相干带宽（如B2319+60），有的脉冲星表现出规律条纹（如B0144+59）。我们正在用二维自相关、快速傅里叶变换等方法对有关数据进行分析，有关论文也正在撰写中。进一步结果可见我们后续的研究论文。

## 致谢

该研究受到中华人民共和国科学技术部平方公里阵列射电望远镜（SKA）专项课题No.2020SKA0120104、上海市自然科学基金No.20ZR1467600支持。

## References

- Stinebring D. R., Condon J. J., 1990, ApJ, 352, 2  
Scheuer P. A. G., 1968, New Astron., 218, 92  
Rickett B. J., 1969, New Astron., 221, 15

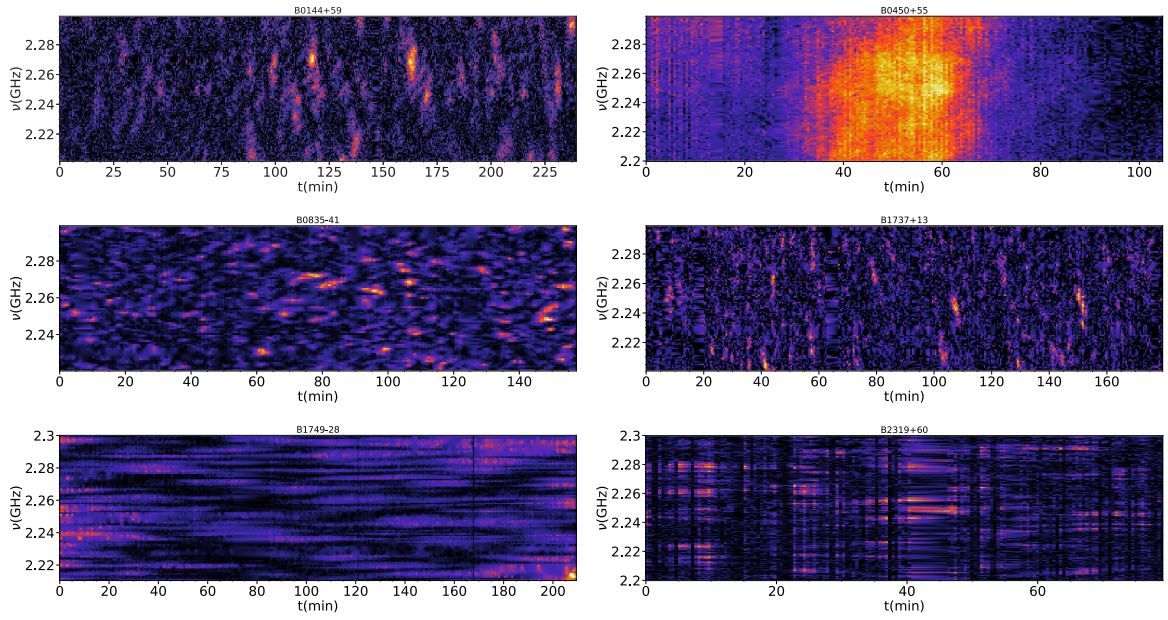


Figure 1: 六颗脉冲星二维动态谱

Narayan R., 1992, Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, 341, 15

Rickett B. J., Coles W. A., Bourgois G., 1984, ?, 134, 3

Lyne A. G., Graham-Smith F., 1990, Cambridge Astrophysics Series,

Yan Z., et al., 2015, ApJ, 814, 5

Yan Z., et al., 2018, URSI Radio Science Bulletin, 2018, 1

Hotan A. W., van Straten W., Manchester R. N., 2004, Publ. Astron. Soc. Australia, 21, 302

## Plasma Lensing Near the Eclipse of Black Widow Pulsar PSR J1720–0533

*Shuangqiang Wang*  
*Xinjiang Astronomical Observatory, CAS*  
*Urumqi 830011*  
Email: wangshuangqiang@xao.ac.cn

We report on an unusually bright observation of PSR J1720–0533 using the Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope (FAST). The pulsar is in a black widow system that was discovered by the Commensal Radio Astronomy FAST Survey (CRAFTS). By coincidence, a bright scintillation maximum was simultaneous with the eclipse in our observation, which allowed for precise measurements of flux density variations, as well as dispersion measure (DM) and polarization. We found that there are quasi-periodic pulse emission variations with a modulation period of  $\sim 22$  s during the ingress of the eclipse, which could be caused by plasma lensing. No such periodic modulation was found during the egress of the eclipse. The linear polarization of the pulsar disappears before the eclipse, even before there is a visually obvious change in DM.

Spider pulsars are millisecond pulsars (MSPs) with low-mass companions in short orbits. They are descendants of low-mass X-ray binaries after accretion on to the pulsar has terminated. Redbacks (RBs) and black widows (BWs) are two types of spider pulsars with different companions masses. The companion mass of RB is in the range of  $\sim 0.2\text{--}0.4 M_{\odot}$ , while that of BW is much smaller with companion masses  $\sim 0.01\text{--}0.05 M_{\odot}$ . In spider pulsars, the pulsar winds and emissions ablate the companion, which may contribute to the observed isolated MSPs. The material blown from the companion block the radio emissions, resulting in radio eclipses. Spider pulsars offer valuable opportunities to investigate the characteristics of the companion stars under intense irradiation.

PSR J1720–0533 is a pulsar in the Galactic field which was newly discovered by the Commensal Radio Astronomy FAST Survey (CRAFTS) and was confirmed to be a BW by FAST key science project: pulsar physics and evolution (project id: ZD2020\_6) with a 3.26 ms spin period, a 3.16 hr orbital period and a  $\sim 0.034 M_{\odot}$  companion.

The averaged pulse emissions of PSR J1720–0533 with sub-integration of 1 s are shown in the upper panel of Figure 1. The pulse intensity becomes weaker, variable dispersion is seen through the shift of the pulse profile, and the profile is visibly scattered at the eclipse boundary. The pulsar underwent a strong scintillation that began around orbital phase of 0, which strengthened the emissions during the eclipse.

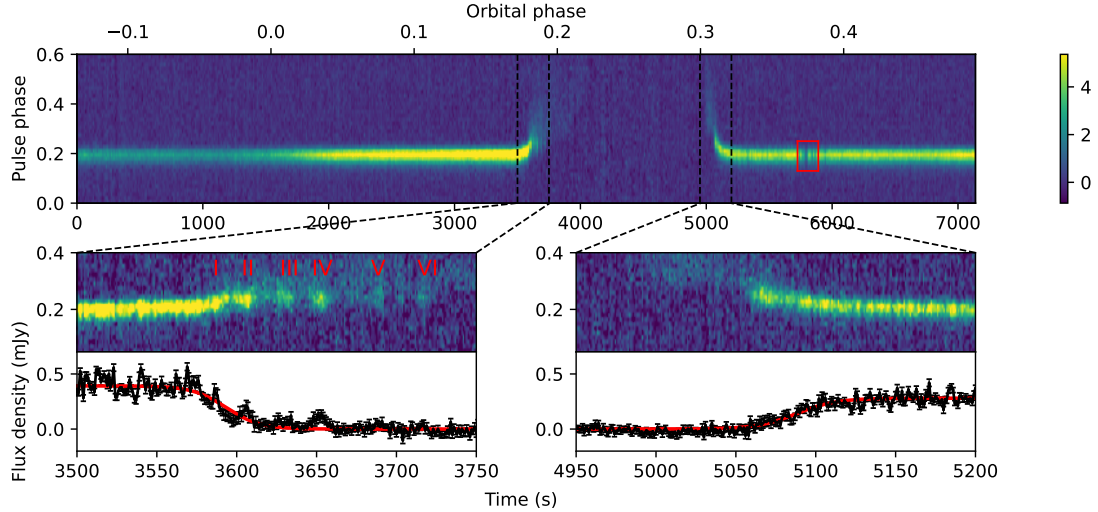


Figure 1: Upper panel: the dynamic spectrum during the ingress of PSR J1720–0533. Note that the frequency was binned into 256 channels and some channels are zapped because of RFI. Bottom panel: The auto-correlation function for the difference between the pulse flux density and the Fermi–Dirac fitting results during the ingress of the eclipse. The red dashed line is for the lag of 22 s with the Pearson correlation coefficient of about 0.42.

Note that this is interstellar scintillation, which is unrelated to the eclipse or eclipsing material. We found that the pulse emission of the pulsar during the ingress shows significant modulations and there are six bright emission clusters which are labeled as “I”, “II”, “III”, “IV”, “V” and “VI”, respectively. No such periodical modulations are detected during the egress of the eclipse. We calculated the auto-correlation function, and found that the correlation coefficient reaches its maximum at the time lag of 22 s, which suggests that the modulations during the ingress of eclipse are quasi-periodic with a period of  $\sim 22$  s. This quasi-periodic pulse emission variations could be caused by plasma lensing. We used a single 1D lens model of Cordes et al. (2017) to estimate the size and location of plasma lens, and the DM within the lens was assumed to follow Gaussian distribution. We obtained the corresponding lens size  $a_{lens} \approx 2.3 \times 10^4$  km.



## Coherently polarized emission of FRB

*Weiyang Wang*  
*Peking University*  
*Beijing 100871*  
Email: [wyyang\\_astroph@pku.edu.cn](mailto:wyyang_astroph@pku.edu.cn)

We study the polarization characters of coherent curvature radiation from a bulk of charged bunches in the magnetosphere of a highly magnetized neutron star. Radio waves emitted and detected can have a variety of polarization features, such as sign change of circular polarization and highly circular polarization. High linear polarization would appear when the line of sight is inside the emission beam (the on-beam geometry) whereas high circular polarization would appear when it is outside (the off-beam geometry). By considering two scenarios of the “bulk shapes” (thick vs. thin), we apply the model to explain the polarization features of three repeating FRBs. Most bursts are dominated by linear polarization and negligible events have sign changes in circular polarization, suggesting that such FRBs are most likely to be emitted by the “thin” bulks with large opening angles.

We consider two possible scenarios of the bulk of bunches. One can define  $\theta_{\text{jet}}/\Omega \ll t_{\text{int}}$  as a “thick” bulk and  $t_{\text{int}} \ll \theta_{\text{jet}}/\Omega$  as a “thin” bulk, as shown in Figure 1. The “thickness” here is determined by radial and transverse observing time rather than the true spatial size for the two dimensions. So the “thick” and “thin” cases here are of the visual effects from an observer, not representing the intrinsic geometry of the bulk itself. If the angle  $\theta_{\text{jet}}$  is almost constant, a “thick” bulk would be observed for a rapidly spinning object, while a “thin” bulk would be observed for a slowly spinning one. The simulated polarization profiles for the “thick” bulk case are shown in Figure 2. For the “thin” bulk case, a observational window can appear at different phases within the jet.

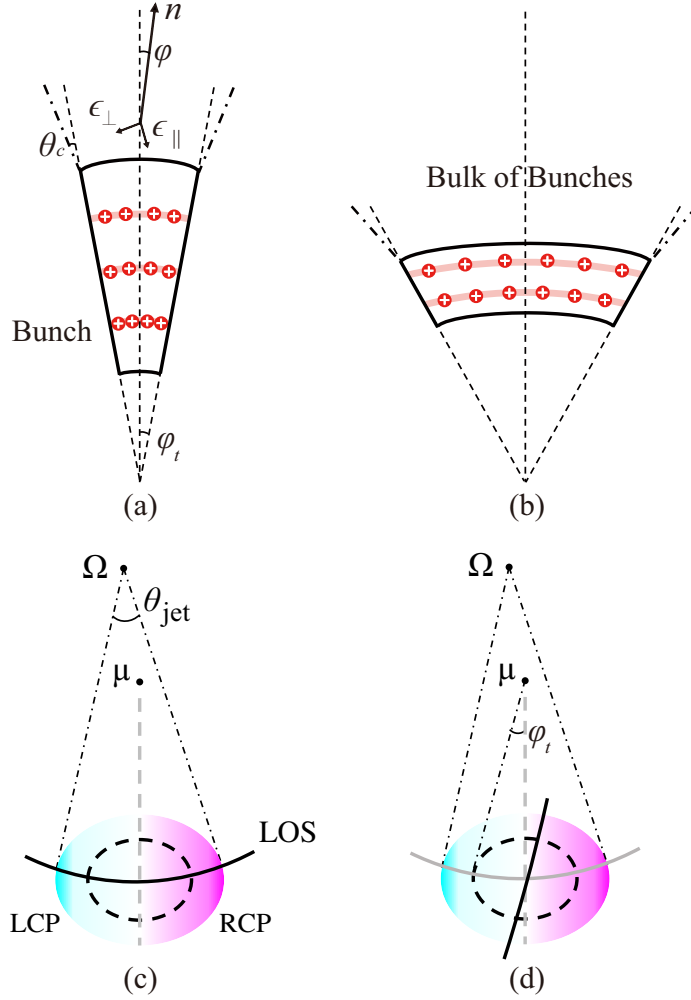


Figure 1: The upper two diagrams denote schematic diagrams of a bulk of bunches: (a) a “thick” bulk for  $\theta_{\text{jet}}/\Omega \ll t_{\text{int}}$ ; (b) a “thin” bulk for  $\theta_{\text{jet}}/\Omega \gg t_{\text{int}}$ . Dashed-dotted lines denote jet regions. The light solid red lines show the slice (bunch) in which charges emit at roughly the same phase. Bunches are assumed to carry net positive charges. The lower two diagrams denote the schematic diagram of the emission beam observed in frame of a moving bulk: (c) a “thick” bulk; (d) a “thin” bulk. Different colors denote the degree of LCP (cyan) and RCP (magenta). The black solid lines are LOSs. For the “thin” bulk case, bunched particles have traveled through the emission region faster than the LOS sweeping the jet region, so that the LOS sweeps from the left bottom to the right top along the solid line, rather than the grey line in panel (d). The grey dashed lines is the bulk central axis where  $V = 0$ .

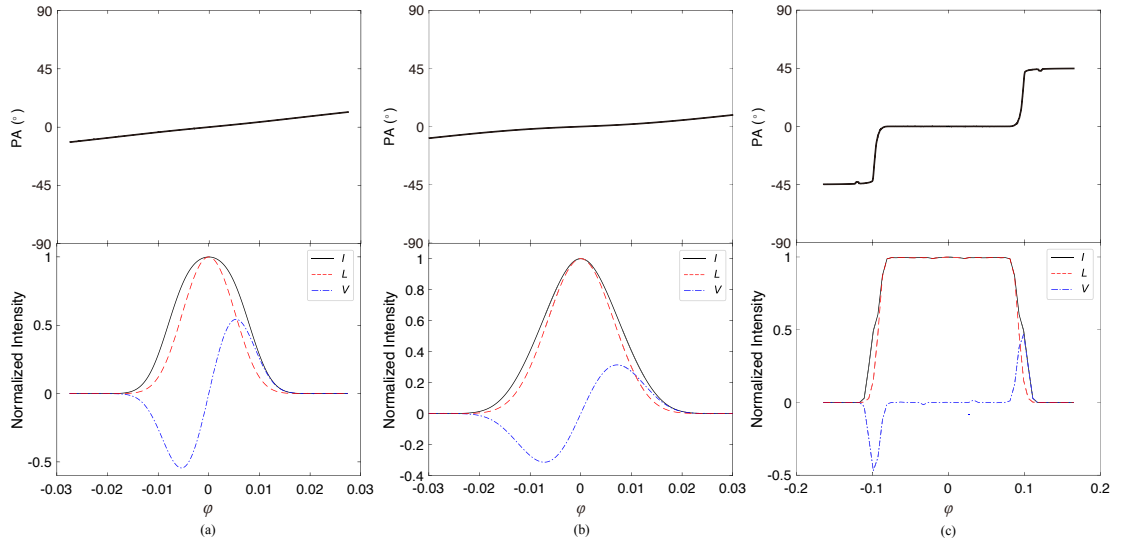


Figure 2: Simulated polarization profiles for “thick” bulks: (a)  $\varphi_t = 0.1/\gamma$ ; (b)  $\varphi_t = 1/\gamma$ ; (c)  $\varphi_t = 10/\gamma$ . The Stokes parameters  $I$  and  $V$  are plotted in black solid and blue dotted-dashed curves. They are normalized to the value of  $I$  at  $\varphi = 0$ . The linearly polarized component  $L$  is plotted in red dashed curves. The parameters are adopted as  $\gamma = 100$  and  $\omega = \omega_c$ . The PA envelope across the burst is flat due to the small number of  $\chi$ .

## 天马望远镜毫秒脉冲星高频观测研究

王啸威<sup>[1]</sup>, 闫振<sup>[1\*]</sup>, 沈志强<sup>[1]</sup>, 吴亚军<sup>[1]</sup>, 赵融冰<sup>[1]</sup>, 黄志鹏<sup>[1]</sup>, 王睿<sup>[1]</sup>

[1] 中国科学院上海天文台, 中国上海 200030

\*Email: [yanzhen@shao.ac.cn](mailto:yanzhen@shao.ac.cn)

脉冲星因辐射具有准确周期的脉冲信号而得名。自1967年第一颗脉冲星被发现以来, 天文学家通过多轮大规模巡天已经发现并认证3300余颗脉冲星(Manchester et al., 2005)<sup>1</sup>。统计表明, 脉冲星辐射谱型通常为相对较陡的幂律谱, 谱指数大约为-1.6 (Jankowski et al., 2018)。脉冲星本身辐射就比较微弱, 再加上其幂律辐射特性, 因而脉冲星的观测通常在低频进行(例如1400 MHz, 350 MHz, 等)。目前, 脉冲星低频观测资料比较丰富, 但是高频(尤其是8 GHz以上)的观测资料比较稀少。高频脉冲星的观测却具有十分重要的意义, 这是因为根据辐射模型(Radio-Frequency Mapping, RFM)预测脉冲星高频辐射相比低频辐射来自更靠近中子星表面的区域。因而, 脉冲星高频观测研究有助于我们进一步理解其辐射机制。

脉冲星通常可分为普通脉冲星和毫秒脉冲星。和普通脉冲星相比, 毫秒脉冲星不仅具有更短的自转周期, 其典型磁场比普通脉冲星弱三个数量级左右、特征年龄也高三个数量级左右。因而其演化途径和普通脉冲星显著不同, 被认为是一类“再加速”脉冲星。关于毫秒脉冲星和普通脉冲星辐射机制是否相同这一问题, 目前尚无定论。通常情况下, 毫秒脉冲星比普通脉冲星更加暗弱(Kramer et al., 1998), 在已知的毫秒脉冲星中只有4颗有正式发表的8 GHz以上的积分轮廓发布。因此, 毫秒脉冲星的高频观测资料可谓极其短缺。

上海天马射电望远镜(简称TMRT)在高频的脉冲星观测上有一定优势, 其配备的S(2.2-2.3 GHz)/X(8.2-9 GHz)双频制冷接收机(系统等效流量密度分别为46和48 Jy)和数字化后端(DIBAS)使我们可以在S和X波段对脉冲星开展同时观测(Yan et al., 2018)。2017年, 我们发布了TMRT在8.6 GHz对26颗脉冲星的观测结果, 其中有11颗是国际上未发表过(包括1颗毫秒脉冲星), 将当时已有的脉冲星8 GHz以上轮廓增加了约20%(Zhao et al., 2017)。后续, 我们进一步发展了S/X脉

---

<sup>1</sup><https://www.atnf.csiro.au/research/pulsar/psrcat/>

冲星计时资料互较技术，显著扩大了成功观测样本。本文将主要介绍毫秒脉冲星S/X波段观测结果。

我们利用TMRT对9颗毫秒脉冲星长期的S/X双频观测数据，通过S波段的观测数据进行Timing得到更新后的星表并以此对X波段的观测数据进行叠加，成功得到了它们8.6 GHz的积分轮廓（如图1所示），其中7颗毫秒脉冲星的积分轮廓国际上未见发表。我们利用系统等效流量密度和观测信噪比估算了这些毫秒脉冲星8.6 GHz的平均流量，其中最小的为0.06 mJy（PSR J1012+5307）。我们还首次在X波段观测到了PSR J1713+0747在MJD 59320-59321之间发生的轮廓变化事件(Xu et al., 2018)，并发现X波段的轮廓变化幅度大于S波段，这在一定程度上支持此次事件起源于脉冲星磁层内部而非星际介质的影响。对毫秒脉冲星高频观测的更具体观测研究结果可见我们即将投稿的科研论文。

## 致谢

该研究受到中华人民共和国科学技术部平方公里阵列射电望远镜（SKA）专项课题NO. 2020SKA0120104、上海市自然科学基金NO. 20ZR1467600支持。

## References

- Manchester R. N., Hobbs G. B., Teoh A., Hobbs M., 2005, *AJ*, 129, 1993.
- Jankowski F., van Straten W., Keane E. F., Bailes M., Barr E. D., Johnston S., Kerr M., 2018, *MNRAS*, 473, 4436.
- Kramer, M., Lange, C., Lorimer, D. R., et al. 1998, *ApJ*, 526, 957
- Yan, Z., Shen, Z. Q., Wu, Y. J., Zhao, R. B., Zhao, R. S., Liu, J., et al., 2018, *URSI Radio Science Bulletin*, 366, 10-18.
- Zhao, R.-S., Wu, X.-J., Yan, Z., et al. 2017, *ApJ*, 845, 156
- Xu, H., Huang Y.-X., Burgay M., et al. 2021, *The Astronomer's Telegram*, 14642

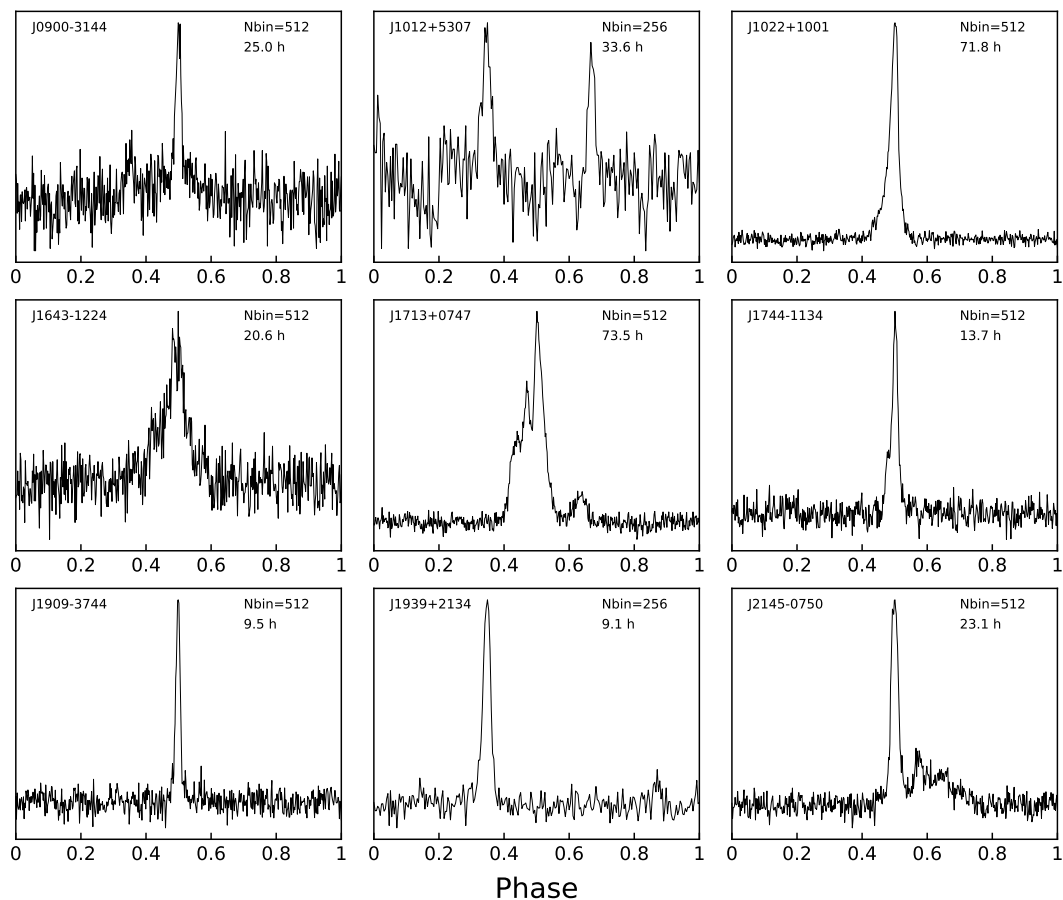


Figure 1: TMRT观测得到的9颗毫秒脉冲星的8.6 GHz积分轮廓

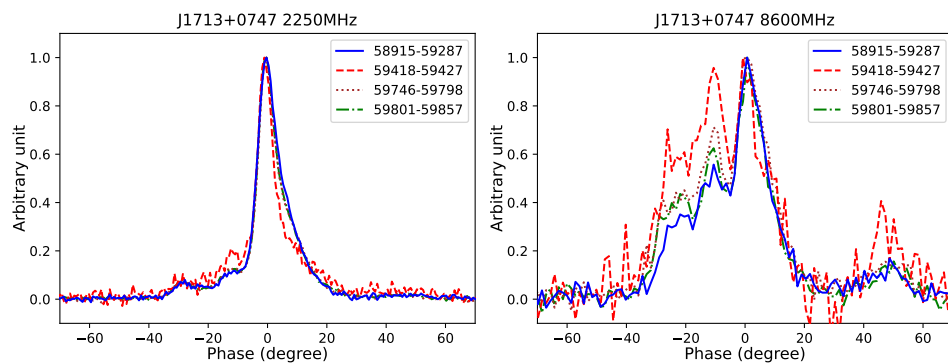


Figure 2: PSR J1713+0747在不同时间段内的2.25和8.6 GHz积分轮廓

## 等离子透镜对快速射电暴的作用

王榆斌 (Yu-Bin Wang)  
新疆天文台  
乌鲁木齐 830011  
Email: wangyubin@xao.ac.cn

当不同频率的射电脉冲信号穿过不均匀的等离子体介质时，它们具有不同的折射率，到达观测者的时间将有所不同。如图1左图所示，未穿过不均匀等离子体介质的射电信号直接到达观测者，然而穿过不均匀的等离子体介质后的射电信号将被折射后到达观测者。后者将比前者经过更高的色散量，走过更长的路径，从而导致射电信号获得两种增加的时间延迟项—色散延迟和几何延迟，这种过程称之为等离子透镜现象。根据费马原理和等离子透镜的几何原理，两种延迟可以得到为：

$$\begin{aligned} t_{\text{tot}} &= t_g + t_\psi \\ &= \frac{(1 + z_d) d_{\text{ol}} d_{\text{os}}}{c d_{\text{ls}}} \left[ \frac{\alpha(\theta)^2}{2} + \psi(\theta) \right], \end{aligned} \quad (1)$$

其中折射角为  $\alpha = \nabla_\theta \psi(\theta)$ ，并且透镜势为

$$\psi(\theta) = \frac{1}{(z_d + 1)} \frac{d_{\text{ls}}}{d_{\text{os}} d_{\text{ol}}} \frac{r_e c^2}{2\pi \nu^2} N(\theta). \quad (2)$$

等式1右边第一项为几何延迟  $t_g \propto \Delta DM(\theta)^2 \nu^{-4}$ ，第二项为色散延迟  $t_\psi \propto \Delta DM(\theta) \nu^{-2}$ 。对于弱等离子透镜，在消色散后，时间延迟仍然保持在射电脉冲信号的时间-频率图上，而不是经典的色散关系。对于强等离子透镜，射电脉冲信号会被折射成为多个图像，如图1右图所示，每个图像将经历不同的色散量和路径，最终导致图像之间存在时间延迟差。我们考虑高斯分布的等离子透镜势，对强等离子透镜研究发现，多个图像存在奇偶性，奇数图像和偶数图像具有相反的性质。例如第一个图像的时间延迟随频率的降低而增加，第二个图像则相反，同时每个图像的色散量存在频率相关的特性。我们提出，快速射电暴或者脉冲星多波段观测可以发现频率相关的色散量，这将为揭示银河系和宇宙中等离子体分布状态。

## References

- Cordes, J. M., Wasserman, I., Hessels, J. W. T., et al. 2017, ApJ, 842, 35.  
Er, X-Z., Yang, Y-P., & Rogers, A. 2020, ApJ, 889, 158.

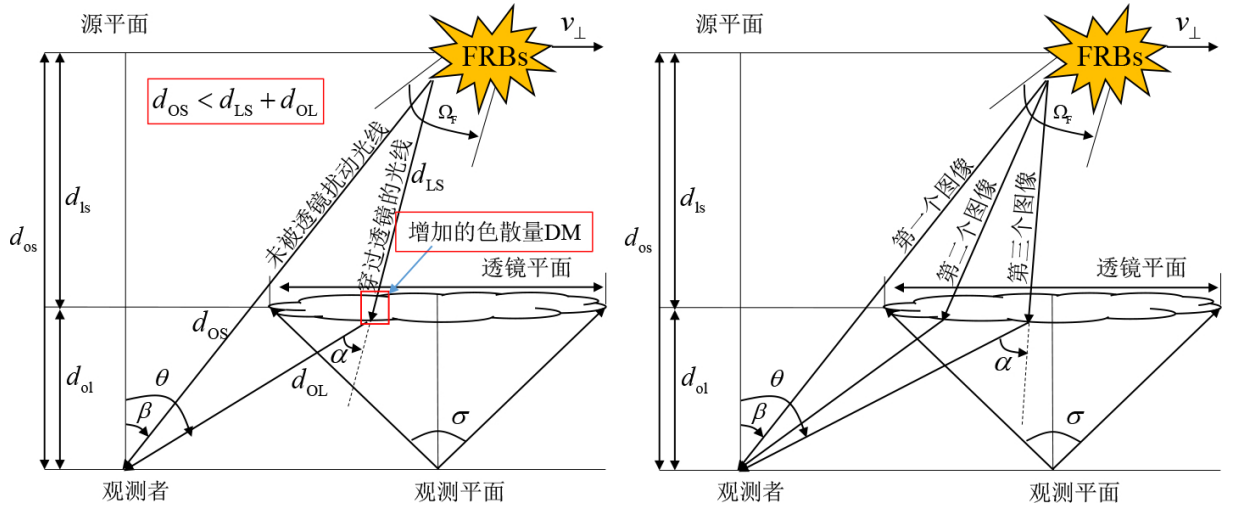


Figure 1: 左图是射电信号未遭受等离子透镜影响和被等离子透镜折射的光线的示意图，右图是等离子透镜将设电信号折射成为多个图像的示意图。

Rogers, A., & Er, X-Z. 2019, MNRAS, 485, 5800.

Wang, Y.-B., Wen, Z.-G., Yuen, R., et al. 2022, Research in Astronomy and Astrophysics, 22, 065017.



## **An 8% Determination of the Hubble Constant from localized Fast Radio Bursts**

*Qin Wu*  
*School of Astronomy and Space Science, Nanjing University*  
*Nanjing 210046*  
Email: [wqin@smail.nju.edu.cn](mailto:wqin@smail.nju.edu.cn)

The cosmological-constant ( $\Lambda$ ) cold dark matter (CDM) model successfully explains the majority of cosmological observations. The value of Hubble constant ( $H_0$ ), describing the expansion rate of our universe, is a basic and fascinating issue in cosmology. However, the  $\Lambda$ CDM model is challenged by Hubble tension, a remarkable difference of Hubble constant  $H_0$  between measurements from local probes and the prediction from Planck cosmic microwave background observations under  $\Lambda$ CDM model. So one urgently needs new distance indicators to test the Hubble tension.

Fast radio bursts (FRBs) are millisecond-duration pulses occurring at cosmological distances, which are attractive cosmological probes. Dispersion Measure (DM) is defined as the integral of the number density of free electrons along the propagation path, which is positively proportional to cosmological distance. In particular,  $DM_{\text{IGM}}$ , contributed by the intergalactic medium (IGM), has a close connection with cosmological parameters. However, there is a thorny problem that the dispersion measures (DMs) contributed by host galaxy and the inhomogeneities of intergalactic medium cannot be exactly determined from observations. Previous works assuming a fixed value for them bring uncontrolled systematic error in analysis. A reasonable approach is to handle them as probability distributions extracted from cosmological simulations. Here we report a measurement of  $H_0 = 68.81^{+4.99}_{-4.33}$  km s<sup>-1</sup> Mpc<sup>-1</sup> using eighteen localized FRBs, with an uncertainty of 8% at 68.3 per cent confidence in the Figure 1. And we perform a simulation of 100 localized FRBs using the Monte Carlo method and derived Hubble constant  $H_0 = 69.31^{+6.21}_{-6.63}$  km s<sup>-1</sup> Mpc<sup>-1</sup> with a precision of 2.6% at  $1\sigma$  uncertainty. Thanks to the high event rate of FRBs and localization capability of radio telescopes (i.e., Australian Square Kilometre Array Pathfinder and Very Large Array), future observations of a reasonably sized sample ( $\sim 100$  localized FRBs) will provide a new way of measuring  $H_0$  with a high precision ( $\sim 2.6\%$ ) to test the Hubble tension.

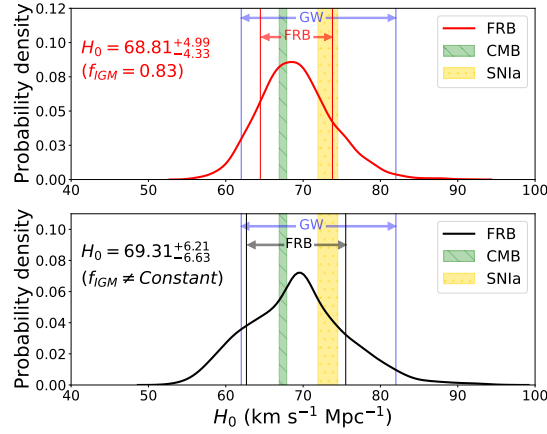


Figure 1: The probability density distribution of  $H_0$  from eighteen localized FRBs. The red solid line shows the probability density distribution of  $H_0$  when  $f_{IGM}$  is assumed as a constant 0.83 in the upper panel. The two red vertical line shows the result  $H_0 = 68.81^{+4.99}_{-4.33}$  km s<sup>-1</sup> Mpc<sup>-1</sup> with  $1\sigma$  uncertainty. While the black solid line in the bottom panel shows the probability density distribution of  $H_0$  when  $f_{IGM}$  is assumed as a variable parameter. The result is  $H_0 = 69.31^{+6.21}_{-6.63}$  km s<sup>-1</sup> Mpc<sup>-1</sup>. The purple vertical lines corresponds to the  $H_0$  value derived by GW170817. The yellow and green regions correspond to the  $1\sigma$  uncertainty range of  $H_0$  reported by SH0ES and Planck, respectively.

## 伽马射线暴和高速脉冲星

许帆 (Fan Xu), 黄永锋 (Yongfeng Huang)

南京大学天文学院

南京 210000

Email: [carpedieminreality@163.com](mailto:carpedieminreality@163.com)

最近, FAST望远镜首次测量了高速脉冲星PSR J0538+2817的三维速度, 并发现该脉冲星可能存在自转方向与速度方向共线的行为。这种现象可以很自然的通过所谓的电磁火箭机制来解释。在这个框架中, 中子星自转轴方向上会产生不对称的辐射, 从而将脉冲星推向辐射较弱的方向, 这自然解释了自转-速度共线的现象。理论上而言, kick过程后中子星被加速到很高的速度, 而在与kick速度相反方向上则会由于动量守恒产生一个高度相对论性的喷射。我们估计了喷流的持续时间以及喷流的能量, 发现产生的喷流足以驱动一个伽马射线暴 (GRB)。同时, 我们通过数值计算讨论了喷流的动力学演化过程, 发现数值计算的结果与观测结果非常一致。我们的研究意味着伽马射线暴和高速脉冲星之间可能存在着联系。

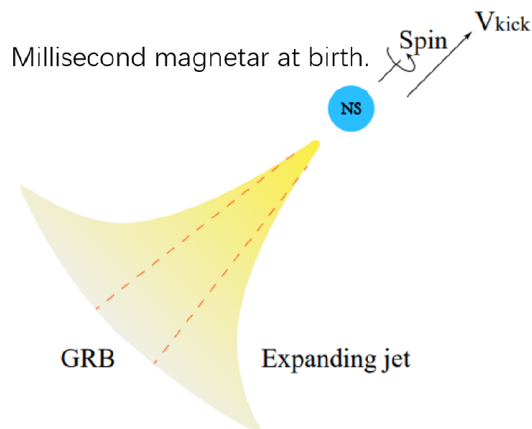


Figure 1: 我们的示意图 (Xu et al. 2022, MNRAS, 509, 4916)。脉冲星诞生时是一颗毫秒磁星, 通过电磁火箭机制获得很高的kick速度。同时, 在kick速度的反方向, 产生了一个高度相对论性的喷射, 这个喷流足以驱动一个GRB。

## 一个棒旋星系的复杂磁化环境中的快速射电暴

胥恒 (*Heng Xu*)  
北京大学物理学院  
北京 100871  
Email: [hengxu@pku.edu.cn](mailto:hengxu@pku.edu.cn)

2020年, 人们探测到来自于银河系中的一颗磁星发出的快速射电暴FRB 20200428, 这个事件揭示了至少某些快速射电暴是起源于磁星, 但是对于来自于宇宙学尺度的大量FRB, 尤其是非常活跃的重复性FRB (重复暴), 人们还并不清楚其起源是否也是来自于磁星。我们使用FAST 500米口径射电望远镜对一个非常活跃的重复暴FRB 20201124A进行了进行了两个多月的监测, 在其中跨度54天的总计84小时的观测, 我们探测到了1863个射电爆发。这些爆发都是高度偏振的, 我们测量了这些爆发的法拉第旋转 (Rotation Measure, RM), 这是一个FRB本地磁场强度的特征物理量。在这个观测周期中, 其中前36天的爆发样本展示出了明显变化的且不规则的短时标变化的RM, 而在之后的18天的爆发样本中, RM又几乎不变 (如图一所示), 这类现象从未出现在之前的FRB观测中。在相当大的一部分爆发中, 我们测到了明显的圆偏振, 并且圆偏振度最高达到了75%, 这样的高偏振度在FRB中也是很新的观测现象。我们也在一小部分爆发中测到了线偏振度、圆偏振度及偏振位置角 (PA) 依赖电磁波波长的振荡, 这也是之前FRB观测中没有的现象, 利用这个振荡现象我们对环境的磁场给出了限制, 我们推测磁场强度在高斯量级以上。这些观测证据表明这个活跃的重复暴的周围的磁化环境是非常复杂的, 以及动态演化的, 且磁场强度很高。这个重复暴的宿主星系是一个跟银河系类似的富金属星系。我们使用凯克10米光学望远镜对其宿主星系进行了观测, 这些光学观测结果进一步表明这个宿主星系是一个棒旋星系, 而且我们给出了非常精确的红移测量 $z = 0.09795 \pm 0.00003$ 。这个重复暴处于一个低恒星密度的区域, 而且在旋臂靠中间的位置, 距离星系中心也在稍远的距离。我们通过光学观测结果推测出这个FRB的本地环境和那些会导致长伽玛暴或者是超亮超新星的大质量恒星的极端爆发而产生的年轻磁星机制是符合的, 但是和银河系普通磁星类似的机制则不相符。因此本工作也说明我们可能需要用非磁星机制来解释一些FRB的起源。此前, 人们对于重复暴和非重复暴的偏振研究由于望远镜限制而较少, 因此从偏振方面来解释FRB机制的机会很缺乏, 而我们的研究在偏振方面极大地补充了对于FRB的认知。

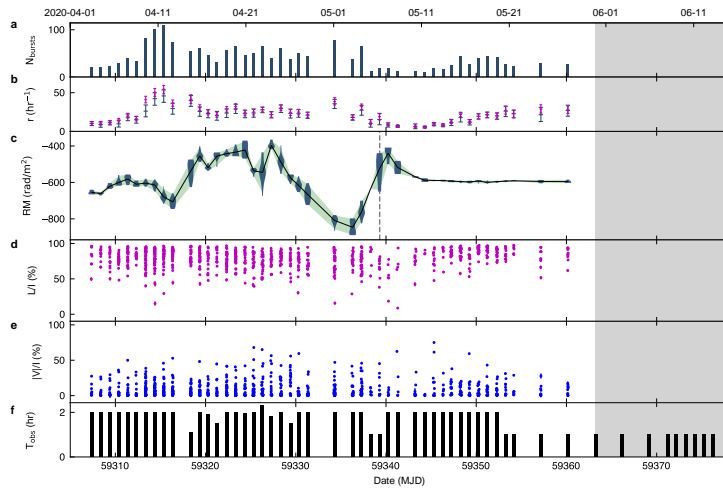


Figure 1: 我们射电观测的总览以及FRB 20201124A物理参数随时间的的变化 (a) 每天测到的脉冲的个数。(b) Weibull分布的事件率( $r$ , 深蓝色), 以及泊松分布的事件率(红色)。(c) 每天的观测内RM, 图内“小提琴”分布表示这个物理量在每天的分函数, 绿色的阴影区域代表着95%分布的上限和下限, 黑色实线代表中值。(d) 和 (e) 分别代表每个独立的爆发的线偏振度和圆偏振度。(f) 每天观测的时间长度, 单位是小时。每个子图的右侧灰色阴影区域代表对应时间内没有探测到任何的爆发。竖直的虚线分别对准MJD 59339, 指最大单次观测内法拉第旋转的波动。

## 迈向“奇子星”的三条理由

徐仁新 (*Renxin Xu*)  
北京大学物理学院  
北京 100871  
Email: [r.x.xu@pku.edu.cn](mailto:r.x.xu@pku.edu.cn)

低温、具有约原子核密度的物质的属性是当今天文学研究的热点，跟脉冲星类天体丰富的观测表现、超新星爆发机制、伽马射线暴、快速射电暴、甚至暗物质的本质等等都密切相关。鉴于该物质状态涉及夸克之间的强耦合，至今尚未能通过QCD第一性原理计算给出，故问题的解决也将完善人们对低能强作用的认识。

在FPS文集中解释过奇子物质，再归纳如下“3 $\mathcal{N}$ ”条理由：Landau的“**N**eutrality”（巨核内清除高能电子的必要性），Witten等人的“**N**ew-degree”（引入裸质量低于核物质特征能标  $\sim 0.3\text{GeV}$ 的奇异夸克自由度），低能强耦合QCD的“**N**o-perturbativity”（类似核内夸克因强耦合而形成核子，零压下巨核可能以奇子为单元）。奇子星重子数 $A \sim 10^{57}$ ；但奇子物质 $A$ 原则上可以小得多，或低至 $\sim 10^{10}$ 。

### Three Arguments to Strangeon Star

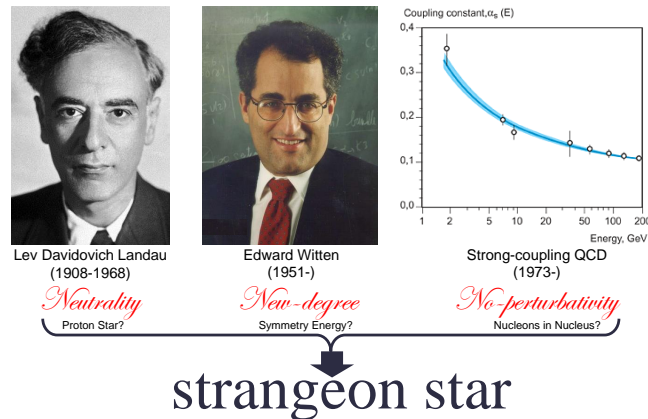


Figure 1: 九十多年前，受Fermi-Dirac统计应用于研究物性热潮的影响，Landau提出“巨原子核”内的大量电子会跟质子紧密结合而形成更稳定的“**N**eutrality”状态。在上世纪七、八十年代，以Witten为代表的学者认为，若引入“**N**ew-degree” of freedom, strangeness, 奇异夸克物质可能是最稳定的强物质（也自然满足Landau的电中性要求）。1973年建立了描述强作用的基本理论QCD；尽管在高能极限下“渐近自由”，但低温、饱和和核物质密度附近的强物质却属于非微扰QCD范畴。这表明：构成脉冲星的夸克之间存在“**N**o-perturbativity”，很可能会形成类似核子的奇子。

## 基于相对论平均场理论分析 $\delta$ 介子对超子星潮汐形变性质的影响

许妍 (*Yan Xu*)  
中国科学院国家天文台长春人造卫星观测站  
长春 130117  
Email: xuy@cho.ac.cn

我们基于含 $\delta$ 介子的相对论平均场理论研究了超子星潮汐形变性质。结果表明， $\delta$ 介子使中小质量超子星潮汐形变能力变强，并且随着星体质量的增加， $\delta$ 介子对超子星潮汐形变能力影响逐渐减弱。此外，在我们所选的参数下，含有 $\delta$ 介子的超子星中，仅同时含 $\Lambda$ ， $\Sigma$ 和 $\Xi$ 超子的超子星潮汐形变能力可以同时满足 GW170817 和 GW190814 的天文观测约束。未来随着引力波数据逐渐增加，也许将为人们判断超子星内超子种类提供一个可能的途径。

## 奇异星与致密星观测：非牛顿引力，抑或暗物质核？

杨书华 (Shuhua Yang)

华中师范大学物理科学与技术学院

武汉 430079

Email: ysh@ccnu.edu.cn

中子星内部成分究竟如何至今仍在探索中。基于奇异夸克物质可能是重子物质基态的假设，中子星可能是由奇异夸克物质组成的奇异星。

我们发现，在标准MIT袋模型[1]和质量-密度依赖模型[2]下，最近的致密星天文观测（双中子星并合事件GW170817给出的 $1.4 M_{\odot}$ 星体潮汐形变量，以及目前观测到的最大质量脉冲星PSR J0740+6620）排除了奇异星存在的可能性。

另一方面，我们发现，如果考虑非牛顿引力效应，奇异星可以某些非牛顿引力参数范围内存在[1, 2]。我们还发现，如果假定GW170817的奇异星拥有一个暗物质核心（譬如：镜像暗物质组成的核心），奇异星也可以同时解释致密星的天文观测数据[3]。考虑非牛顿引力效应的奇异星质量-半径关系是一条曲线，然而，具有镜像暗物质核心的奇异星的质量-半径关系却是一个扇形区域（Fig. 1）。因而，未来致密星的质量、半径的观测数据有可能区分这两种情形。

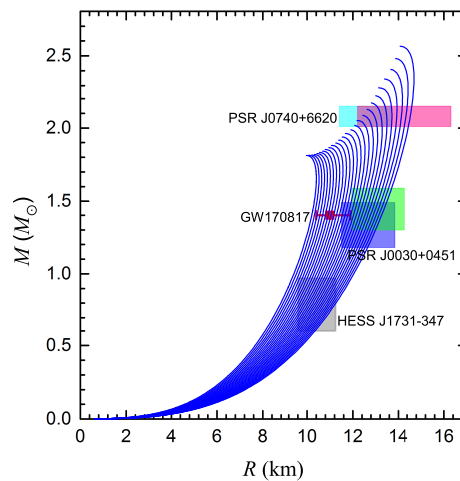


Figure 1: 含镜像暗物质核的奇异星的质量-半径关系， $m_s = 93$  MeV,  $\alpha_S = 0.7$  and  $B^{1/4} = 125.1$  MeV。从右到左，暗物质核占星体总质量的百分比依次从0到50%（相邻两条线的间隔为2%）。来自文献[4]。



总之，“奇异星的存在与否”为包括非牛顿引力在内的修改引力理论和暗物质研究提供了线索。未来的致密星观测在揭开“奇异星存在与否”这一谜题的同时，也有可能对新物理（修改引力理论和暗物质）的研究做出贡献。

## References

- [1] Yang, S.-H.; Pi, C.-M.; Zheng, X.-P.; Weber, F. Non-Newtonian Gravity in Strange Quark Stars and Constraints from the Observations of PSR J0740+6620 and GW170817. *Astrophys. J.* **2020**, *902*, 32.
- [2] Yang, S.-H.; Pi, C.-M.; Zheng, X.-P.; Weber, F. Constraints from compact star observations on non-Newtonian gravity in strange stars based on a density dependent quark mass model. *Phys. Rev. D* **2021**, *103*, 043012.
- [3] Yang, S.-H.; Pi, C.-M.; Zheng, X.-P. Strange stars with a mirror-dark-matter core confronting with the observations of compact stars. *Phys. Rev. D* **2021**, *104*, 083016.
- [4] Yang, S.-H.; Pi, C.-M.; Zheng, X.-P.; Weber, F. Confronting strange stars with compact-star observations and new physics. Submitted to Universe.

## 磁星能源驱动的特殊超新星爆发现象

俞云伟 (Yun-Wei Yu)  
华中师范大学天体物理研究所  
武汉 430079  
Email: yuyw@ccnu.edu.cn

中子星作为大质量恒星发生超新星爆发时核心塌缩的产物，对爆发过程的顺利发生具有关键的作用。通常，这种作用主要体现在超新星抛射物的反弹加速过程中，而与超新星的辐射缺少直接的关联。超新星的峰值辐射一般决定于抛射物中所形成的放射性元素（如Ni56）的衰变。但这一情况可能在一些极端的爆发过程中发生改变，如果爆发能够导致一颗快速旋转和高度磁化的中子星（简称为毫秒磁星）的形成。

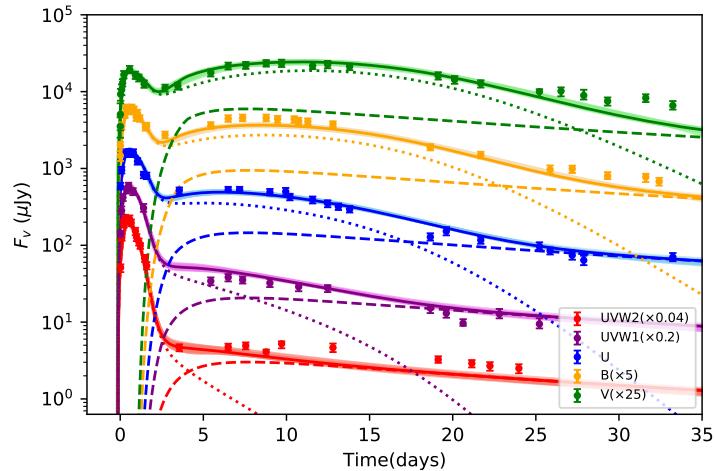


Figure 1: 磁星能源模型对GRB 060218成协超新星SN 2006aj多色光变曲线的拟合[1]。

首先，一些极其特殊的大质量恒星坍缩可导致长时标的伽马射线暴（LGRB）现象，这些伽马射线辐射被认为来自于接近光速运动的相对论性喷流。喷流的存在表明这是一种典型由坍缩形成的致密天体作为引擎驱动的爆发现象。进一步从LGRB的余辉观测来看，中心引擎即使在爆发现象之后还可能存在长期的活动，暗示着中心的致密天体很可能是毫秒磁星而不是黑洞，因为毫秒磁星能够在合适的时间内释放出足够巨大的旋转能来解释那些余辉观测特征[2, 3, 4]。因此，原则上讲该磁星能源也应能够显著影响与LGRB成协的超新星爆发，比如使其抛射物具有

特别高的运动速度从而展现出宽线的辐射特征并具有相对较高的光度。更具体地看，磁星能量的输出主要以极端相对论性电子对星风的形式发生，因此当该磁星星风与外部抛射物发生相互作用的时候会导致一些特有的观测信号。比如，在使抛射物完成整体加速的时候会发生激波突破的辐射，而在抛射物转变为光学薄之后则会有非热的星风辐射泄露出来而被直接观测到，这些观测特征均可在与GRB 060218成协的超新星SN 2006aj的丰富观测数据找到证据支持（如图1所示）。其中，特别是对于SN 2006aj显著的紫外-光学光变曲线的双峰结构，激波突破过程就可以很好地解释第一个峰，而所需的磁星参数也与一般LGRB 余辉推断的结果相一致。

其次，超亮超新星（SLSN）作为另一种起源于大质量恒星核心坍缩的爆发现象，它们与普通的核塌缩型超新星和LGRB成协超新星均存在显著的差异。一方面没有发现它们与LGRB成协（除个别事例外）且具有远高于伽马暴成协超新星的光度，另一方面它们的高光度无法被传统的放射性元素衰变模型所解释。因此，SLSN的辐射应具有特殊的能量来源，比如其在与浓密环境介质发生相互作用的时候将动能转化为了内能。不过，个别SLSN和LGRB成协的情况倒也说明，类似于我们对LGRB现象的理解，驱动SLSN的能源机制也完全有可能是一颗毫秒磁星[5, 6]。在具体的观测和模型的对比中，磁星能源模型的确可以很好地解释很多SLSN的光变曲线[7, 8]。并且，在个别观测较为完整的SLSN样本中，甚至也可以发现磁星星风激波突破的信号。所以，SLSN和LGRB之间很可能存在着非常紧密的联系，具有相似的起源和爆发机制，甚至存在着连续过渡的关系。这一点我们可以从图2的左图中看到，两者的磁星磁场强度和超新星抛射物质量之间存在着非常统一的相关性： $P_i \propto M_{ej}^{-0.41}$ 。对此相关性的一个可能理论解释是这些爆发现象都发生于密近双星系统中被深度剥离的大质量恒星，该相关性反映了爆发恒星的角动量和它爆发前物质抛射之间的关系[9]，而该关系则是伴星对主星潮汐作用的自然结果。另一方面，不同的系统参数也使得恒星爆发所产生的磁星磁场强度具有了很宽分布范围，从而使得磁星的自转能损时标有时候远小于超新星抛射物的光子扩散时标，有时候则相当。具体而言，前者对应了LGRB的情况（磁场更强），而后者对应了SLSN的情况（磁场相对较弱）。这同时也说明，极高的磁场强度可能是磁星能够驱动相对论性喷流产生伽马射线辐射的必要条件。

最后，除了发现SLSN现象外，现代的高频次超新星巡天观测还发现了一类快速变化的蓝色光学暂现源（FBOT）现象[11]，且两者之间存在较多的相似性。其主要特征之一是FBOT的辐射通常也不能用放射性元素衰变的模型来解释，因而需要引入额外的能源。而与此同时，基于超新星的模型估计，FBOT对应的抛射物质量较小（一般小于一个太阳质量），因此并不一定起源于大质量恒星的坍缩，而是可能与一些致密天体系统的爆发有关系（比如白矮星的坍缩、白矮星和中子星的并合乃至双中子星的并合等）[12]。不过，鉴于观测上FBOT和SLSN似乎并不存在显著的分界线（一般会以光变时标短于10天为经验判据），因此FBOT仍有很大可能是源自于被极端剥离的恒星的爆发，而这种爆发也产生了旋转较快的磁星。基于这一设想，我们为40个FBOT的多色光变曲线进行了建模，得到了其中心磁星的旋转周期、磁场强度和爆发抛射物质量的取值分布情况，同样示于图2中。可以发现，FBOT的参数可以和LGRB、SLSN很好地融为一体且各自占据一定的区域，

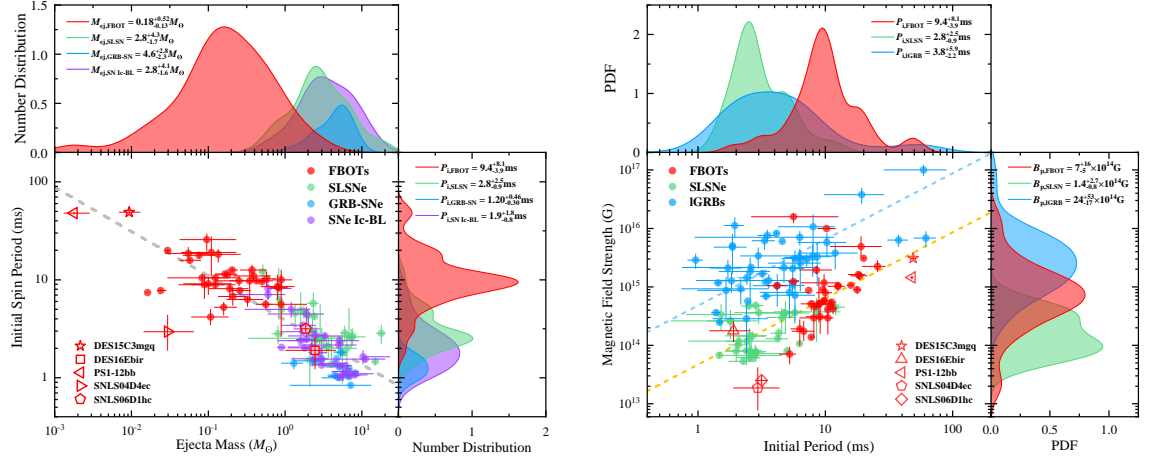


Figure 2: 通过拟合观测数据得到的LGRB、SLSN、FBOT的磁星能源参数和抛射物质量的分布[10]。

尤其是FBOT的加入使得磁星旋转周期和抛射物质量的统一相关性得到了显著的加强，强烈表明这些现象之间存在统一的物理起源[10]。与此同时，根据这些物理参数的分布情况，我们可以为定义不同现象的观测判据提供依据和解释，尽管这种判据可能并不具有本质上的物理意义。

总而言之，我们很可能得到一个可以囊括LGRB、SLSN和FBOT的统一起源模型，且很可能都是双星作用的结果。这在未来需要通过更多的数值模拟工作来加以验证，特别是通过模拟得到观测参数的分布及相关性。同时我们也可能从更多的多波段观测中获得新的证据，比如来自于磁星星风的一些高能辐射特征以及抛射物和环境介质相互作用产生的射电辐射等。

## References

- [1] Zhang, Z.-D., Yu, Y.-W., & Liu, L.-D. 2022, ApJ, 936, 54. doi:10.3847/1538-4357/ac8548
- [2] Dai, Z. G. & Lu, T. 1998, A&A, 333, L87. doi:10.48550/arXiv.astro-ph/9810402
- [3] Zhang, B. & Mészáros, P. 2001, ApJL, 552, L35. doi:10.1086/320255
- [4] Dai, Z. G., Wang, X. Y., Wu, X. F., et al. 2006, Science, 311, 1127. doi:10.1126/science.1123606
- [5] Kasen, D. & Bildsten, L. 2010, ApJ, 717, 245. doi:10.1088/0004-637X/717/1/245
- [6] Woosley, S. E. 2010, ApJL, 719, L204. doi:10.1088/2041-8205/719/2/L204

- [7] Inserra, C., Smartt, S. J., Jerkstrand, A., et al. 2013, *ApJ*, 770, 128. doi:10.1088/0004-637X/770/2/128
- [8] Yu, Y.-W., Zhu, J.-P., Li, S.-Z., et al. 2017, *ApJ*, 840, 12. doi:10.3847/1538-4357/aa6c27
- [9] Fuller, J. & Lu, W. 2022, *MNRAS*, 511, 3951. doi:10.1093/mnras/stac317
- [10] Liu, J.-F., Zhu, J.-P., Liu, L.-D., et al. 2022, *ApJL*, 935, L34. doi:10.3847/2041-8213/ac86d2
- [11] Drout, M. R., Chornock, R., Soderberg, A. M., et al. 2014, *ApJ*, 794, 23. doi:10.1088/0004-637X/794/1/23
- [12] Yu, Y.-W., Li, S.-Z., & Dai, Z.-G. 2015, *ApJL*, 806, L6. doi:10.1088/2041-8205/806/1/L6

## 中子星：从结构到动力学研究

郑小平 (Xiaoping Zheng)  
 华中师范大学物理科学与技术学院  
 武汉 430079  
 Email: zhxp@ccnu.edu.cn

核物理很难对核物质给出第一性原理描述，超密核物质没有地面实验，人们通过各类模型理解中子星状态方程，并以低密核物理实验以及脉冲星质量对其加以限制，但各类模型的高度简并或在最大质量处简并，以中子星结构为基础的观测限制基本是失效的。

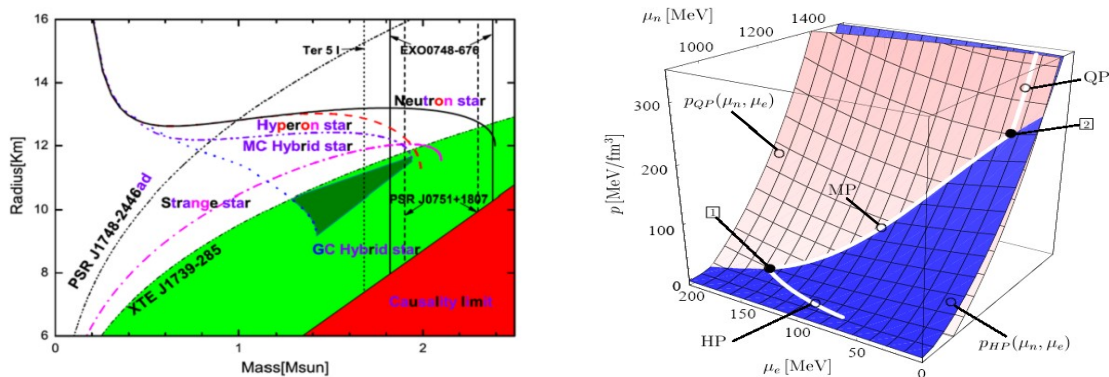


Figure 1: 左图：中子星质量-半径关系限制；右图：中子星退禁闭相变

我们提出动力学探针可能是一个更好的方式，天文观测上脉冲星timing数据十分精准，中子星演化对核物质中物理过程的响应信号比质量、半径观测精度更高，动力学探针反映的不仅是信号幅值的大小，甚至可能是“Yes”或“No”选择。相变过程、极限旋转、热演化和暂现现象等都可能新“物理”、新“检验”和新“天文”。

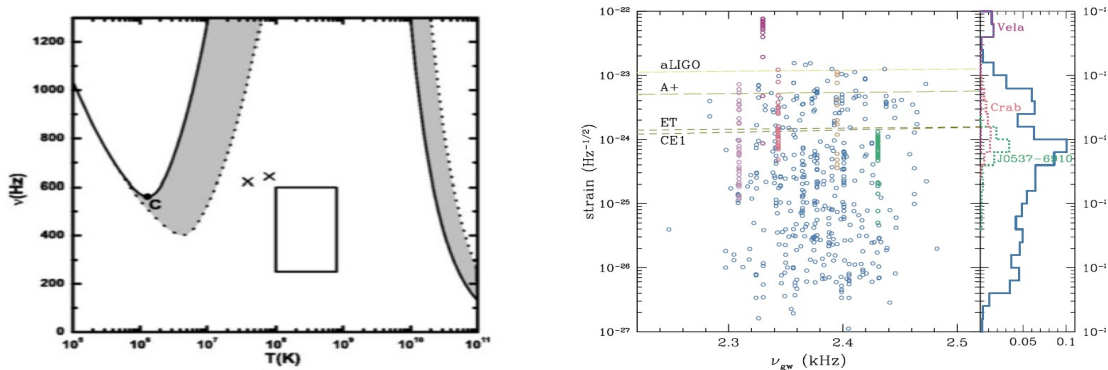


Figure 2: 左图：中子星r-模不稳定性；右图：Glitch 诱导f-模引力波

## Ultra-wide Bandwidth Observations of 19 pulsars with Parkes telescope

*Zurong Zhou*  
*National Time Service Center, CAS*  
*Xi'an 710600*  
Email: [zhouzurong@ntsc.ac.cn](mailto:zhouzurong@ntsc.ac.cn)

Flux densities are basic observation parameters to describe pulsars. In the most updated pulsar catalog, 24% of the listed radio pulsars have no flux density measurement at any frequency. Here, we report the first flux density measurements, spectral indices, pulse profiles, and correlations of the spectral index with pulsar parameters for 19 pulsars employing the Ultra-Wideband Low (UWL) receiver system installed on the Parkes radio telescope. The results for spectral indices of 17 pulsars are in the range between  $-0.6$  and  $-3.10$ . The polarization profiles of thirteen pulsars are shown. There is a moderate correlation between the spectral index and spin frequency. For most pulsars detected, the S/N ratio of pulse profile is not high, so DM, Faraday rotation measure (RM), and polarization can not be determined precisely. Twenty-nine pulsars were not detected in our observations. We discuss the possible explanations for why these pulsars were not detected.

We obtained data sets of 54 pulsars for which no flux densities were previously published near 1400 MHz and have successfully detected 25 pulsars. Only 14 of 25 pulsars were detected at 1369 and 2368 MHz at the same time. We gained pulse profiles and flux densities of 19 pulsars at 2368 MHz. No flux calibrator is available for the other six pulsars at 1369 MHz. Our main results are listed in Table 1, in which the pulsar name, pulse period, dispersion measure (DM), observation frequency, MJD, observation times, observation length, S/N of the pulse profile, the average flux density obtained at 2368 MHz, and the width of pulse profiles at 50 percents ( $W_{50}$ ) are given in column order. Nineteen pulsars which are observed at 2368 MHz in Table 1 are mainly young pulsars with characteristic ages mostly between  $10^6$  and  $10^7$  years, except for PSR J0348+0432 and PSR J2222-0137, which are in binary systems with a white dwarf (WD) companion of different masses, respectively. The observation time of most pulsars is about 10 minutes. (The  $S_{2368}$  represents flux density at 2368 MHz.) In Table 1, flux densities range from 0.23 to 2.06 mJy. Noted that  $W_{50}$  ranges from  $3^\circ$  to  $21^\circ$ . The error of  $W_{50}$  was estimated by determining how the width changes when the 50 percent flux density cuts across the profile moves up or down by the baseline root-mean-square (RMS) noise level (Dai et al. 2015).

The obtained flux densities can be used to measure the spectral indices. Many pulsars have been observed at one or other frequencies of 400, 600, 800, 1400, 2000, and

Table 1: Pulsar Observational Parameters.

PSR J	Period (s)	DM ( $\text{cm}^{-3}\text{pc}$ )	Frequency (MHz)	MJD	Nobs	Length (min)	S/N	$S_{2368}$ (mJy)	$W_{50}$ (deg)
J0057-7201	0.74	27	1369	58744	1	9.989	7.56		
J0348+0432	0.04	40.46	2368	58744	1	10.253	16.465	0.43(2)	4(1)
J0418-4154	0.76	24.54	1369/2368	58744	1	10.268	22.239	0.39(2)	6.2(7)
J0458-0505	1.88	47.81	1369	58744	1	9.977	8.34		
J1057-4754	0.63	60.00	1369/2368	58739	1	10.253	19.216	0.38(17)	7.4(7)
J1157-5112	0.04	39.67	1369	58767	4	101.998	51.59		
J1420-5416	0.94	129.60	2368	58740	1	10.284	35.131	1.15(4)	8.3(9)
J1423-6953	0.33	123.98	1369/2368	58739	1	10.319	17.070	0.29(2)	3.7(9)
J1510-4422	0.94	84	1369	58740	1	9.974	12.33		
J1527-3931	2.42	49.00	1369/2368	58740	1	10.385	32.450	0.95(5)	4(2)
J1539-6322	1.63	163.5	1369	58740	1	9.949	21.39		
J1604-7203	0.34	54.37	1369	58740	1	9.992	18.48		
J1615-2940	2.48	44.79	1369/2368	58740	1	10.369	19.795	0.83(4)	3(2)
J1625-4048	2.36	145.00	1369/2368	58740	2	20.771	54.222	1.08(4)	5(1)
J1721-1939	0.40	103.00	2368	58740	1	10.252	15.754	0.23(17)	9.1(9)
J1728-0007	0.39	41.09	1369/2368	58740	1	10.402	31.494	0.54(17)	17.2(7)
J1746-2856	0.95	1168.00	2368	58740	1	10.368	16.757	0.80(3)	21(1)
J1805+0306	0.22	80.86	1369/2368	58740	1	10.253	37.390	0.78(2)	11.7(6)
J1810-5338	0.26	45.00	1369/2368	58742	2	20.538	267.851	2.05(17)	15.0(5)
J1816-5643	0.22	52.40	2368	58740	1	10.418	14.195	0.30(17)	8.2(9)
J1833-6023	1.89	35.00	1369/2368	58744	1	10.418	65.036	1.47(5)	11(1)
J1848-1952	1.06	18.23	1369/2368	58740	1	13.059	44.213	0.95(7)	5(2)
J1854-1421	1.15	130.40	1369/2368	58740	1	10.385	75.549	2.06(6)	9(1)
J1903-0632	0.43	195.61	1369/2368	58740	1	10.400	52.803	1.24(4)	7.0(6)
J2222-0137	0.03	3.28	1369/2368	58744	1	10.253	124.332	1.41(5)	6.6(6)



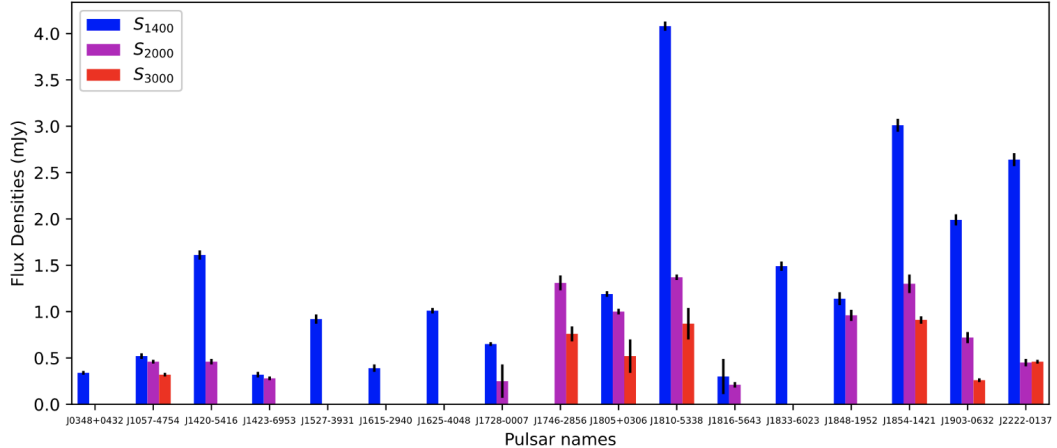


Figure 1: Flux densities of three subbands.

3000 MHz (e.g., Dai et al. 2015; Jankowski et al. 2018). To estimate spectral indices, we divide the UWL data sets into three sub-bands and measure the flux density for each of them. Their center frequencies are close to 1400, 2000, and 3000 MHz, with sub-band widths of 400 MHz, 400 MHz, and 600 MHz, respectively. The results are showed in Figure 1 as  $S_{1400}$ ,  $S_{2000}$ , and  $S_{3000}$ . Except for six pulsars(PSR J1057–4754, PSR J1805+0306, PSR J1810–5338, PSR J1854–1421, PSR J1903–0632, and PSR J2222–0137), the flux density of other 13 pulsars cannot be measured in all the three subbands since too many frequency channels are removed. The pulse profiles of only one or two sub-bands can be seen for some pulsars. Previously published  $S_{150}$ ,  $S_{200}$ ,  $S_{300}$ ,  $S_{400}$ ,  $S_{600}$ ,  $S_{700}$ ,  $S_{800}$ , and  $S_{6000}$  for these pulsars are used to estimate the spectral index. Assuming a simple power law of the form  $S_\nu = b x^\alpha$ , where  $x = \frac{\nu}{\nu_0}$ ,  $\nu$  is the center frequency and  $\nu_0 = 1.4$  GHz a constant reference frequency. The fit parameters are the spectral index  $\alpha$  and a constant  $b$ . The spectral behaviour of the 17 pulsars can be well described by a simple power-law over the frequency range considered. All of the 17 pulsars with spectral indices are between  $-0.6$  and  $-3.10$ . For PSR J1810-5338, a broken power law is a better to describe the spectrum with 600 MHz of cut-off frequency,  $\alpha_1$  is the spectral index before and  $\alpha_2$  the one after the break. According to previous statistics, the mean spectra index of pulsars with a simple power-law spectrum is about  $-1.60$ . The majority of our spectral indices are flatter than the mean values from Jankowski et al.(2018), but our measurements are not particularly unusual as there are many other pulsars that also have similar spectral indices. As our sample is relatively small, we do not think our pulsar sample is particularly inclined to flat spectrum pulsars.

Pulse profiles at 2368 MHz for all the 19 pulsars are presented for the first time. The profiles of 20 among 25 pulsars were published on European Pulsar Network (EP-

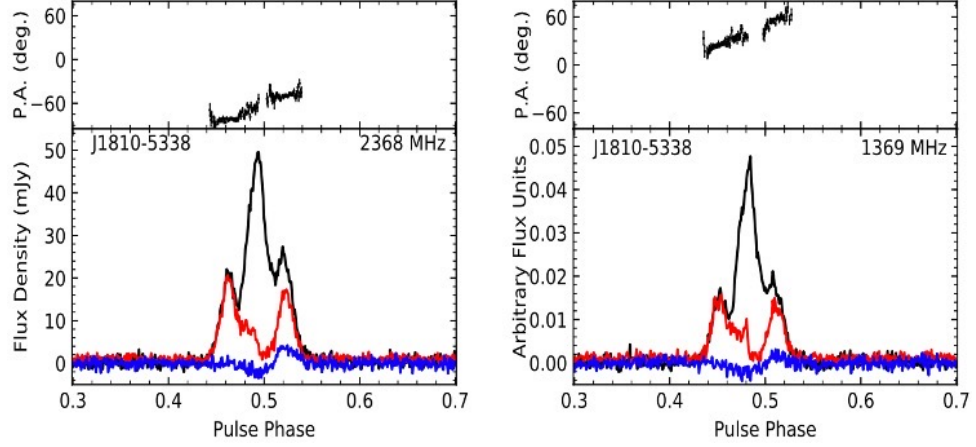


Figure 2: Average polarization profiles for PSR J1810–5338 at 1369 and 2368 MHz. The total intensity is shown in black, linearly-polarization, and circular-polarization are shown in red and blue respectively.

N) database near 1.4 GHz for the first time except for five pulsars (PSR J1057–4754, PSR J1604–7203, PSR J1625–4048, PSR J1728–0007, and PSR J1805+0306)<sup>1</sup>. The pulse profiles at 1369 MHz and 2368 MHz of most pulsars are similar in our observations. Most of the average pulse profiles of these pulsars have a single peak, and the pulse profiles are narrow. Fig.2 show the calibrated polarization profile of PSR J1810–5338 among 13 polarized pulsar in our sample. An RM fitting during the calibration is considered during the calibration of polarization. Only six pulsars show strong polarization characteristics at two frequencies simultaneously, while the other seven pulsars only have polarization profiles at 1369 or 2368 MHz. Polarization can not be measured precisely for other pulsars due to the limited S/N ratio.

We test for a correlation between spectral index  $\alpha$  and  $\lg |x|$  for all the 18 pulsars, where  $x$  is one of the pulsar parameters below. The parameters are spin frequency  $\nu$ , spin-down rate  $\dot{\nu}$ , the magnetic field at the light cylinder radius  $B_{LC}$ , the characteristic age  $\tau_c$ , the surface magnetic field  $B_{surf}$ , the spin-down luminosity  $\dot{E}$ , pulse period  $P$ , and period derivative  $\dot{P}$  of the pulsar. We took all values of pulsars parameters from the ATNF pulsar catalog. Most are covariant because these quantities depend on basic pulsar parameters, such as pulse period and its derivative. We first measured the correlation by visual inspection, then computed the Spearman rank correlation coefficient to characterize its strength. We test all pulsars in our single power-law data set first, then the isolated pulsars. There are only two pulsars in the binary system. The correlation coefficients, corresponding  $p$ -values, and the number of pulsars N

<sup>1</sup><http://www.epta.eu.org/epndb>

Table 2: Correlation of spectral index  $\alpha$  with  $\lg|x|$  for different pulsar parameters  $x$ .  $r_s$ , and  $p$  are the correlation coefficient of Spearman rank, the corresponding  $p$ -value and the number of the sample size, respectively. The correlations with a  $p$ -value of less than 5 per cent and an absolute value of  $r_s$  of at least 0.4 are marked in bold. The sample size for each data set is listed above the references. NP: Normal pulsars; IP: Isolated pulsars.

Set	NP	IP	NP	NP	NP	NP
Npsr	17	15	21	267	572	323
#References	This work	This work	Zhao et al.2019	Jankowski et al.(2017)	Han et al.(2016)	Lorimer et al.(1995)
$x$	$r_s(p)$	$r_s(p)$	$r_s(p)$	$r_s(p)$	$r_s$	$r_s(p)$
$\nu$	<b>0.41</b> (9.23e-03)	0.33(3.09e-02)		0.37(5.7e-10)		
$\dot{\nu}$	0.17(1.44e-02)	0.11(7.20e-03)		<b>0.43</b> (3.1e-13)		
$B_{LC}$	0.26(6.19e-02)	0.16(1.93e-01)		<b>0.43</b> (2.5e-13)		
$\tau_c$	0.33(5.53e-02)	0.23(4.78e-01)	<b>-0.57</b> (0.002)	-0.39(5.9e-11)	-0.20	-0.19(8e-4)
$B_{surf}$	-0.47(1.38e-01)	<b>-0.43</b> (1.45e-02)	0.02(0.95)		0.03	
$\dot{E}$	0.047(2.33e-01)	0.007(7.98e-02)	<b>0.723</b> (0.001)	<b>0.43</b> (1.4e-13)	0.26	
$P$	<b>-0.41</b> (2.12e-02)	-0.33(2.47e-03)	<b>-0.718</b> (0.001)		-0.21	-0.22(6e-5)
$\dot{P}$	-0.40(3.21e-01)	-0.33(1.93e-01)	0.39(0.12)	0.28(4.9e-06)	0.13	

for which the computed correlation are shown in Table 2. We find a mildly correlation between the spectral index and the pulse period for normal pulsars. All the other combinations show no correlation. For isolated pulsars, we found a mildly negative correlation of spectral index with the surface magnetic field.

In this work, we have carried out ultra-wide bandwidth observations of 19 pulsars with the Parkes telescope. Flux density measurements, spectral properties, polarization profiles, and pulse widths at 2368 MHz or 1369 MHz have been presented. The non-detection polarization of 12 out of 25 pulsars maybe not be surprising. The S/N ratio of some pulse profiles (PSRs J0057–7201, J1721–1939, J1816–5548, etc.) is low. It is not very likely to measure polarization with a low S/N ratio. Other pulse profiles have a medium S/N ratio. The degree of linear polarization for these pulsars may be low. To measure the pulse profile, polarization and RM with high precision and study their evolution with frequency, longer observations for these pulsars are needed. We also noted that there are a large number of pulsars in the catalog that still do not have such basic information as the flux density near 1.4 GHz. Observing each pulsar for a longer time or using telescopes with larger observation apertures (such as FAST) at a specific frequency is needed when we continue this work in the future.

## 原初黑洞在中子星内部旋进的引力波辐射——致密物质状态方程的新探针

邹泽城 (Ze-Cheng Zou), 黄永锋 (Yong-Feng Huang)

南京大学天文与空间科学学院

南京 210023

Email: [zou.ze-cheng@smail.nju.edu.cn](mailto:zou.ze-cheng@smail.nju.edu.cn), [hyf@nju.edu.cn](mailto:hyf@nju.edu.cn)

早在二十世纪六、七十年代, 物理学家就提出, 宇宙在其极早期可能通过初始密度不均匀性等途径产生一部分黑洞。这些黑洞并非起源于恒星演化过程, 被称为原初黑洞。此后的五十余年中, 尽管原初黑洞一直没有被确认观测到, 但它们始终吸引着天体物理学家的注意力。有学者认为原初黑洞是一种可能的暗物质候选体。为了考察原初黑洞占全部暗物质的成分比例, 天文学家们提出可以尝试在太空中搜寻中子星捕获原初黑洞时产生的爆发现象。理论分析表明, 此类捕获事件会产生强烈的电磁波辐射, 并伴随着引力波辐射。但前人在研究中均过于简化地假设中子星内部密度均匀, 致使他们关于中子星—原初黑洞并合动力学的计算太粗糙, 得出的引力波强度也缺乏可信度, 难以与引力波探测器的观测数据进行比对分析。

实际上, 中子星的内部结构取决于极端高密度条件下物质的状态方程。遗憾的是, 我们目前对于这种致密物质的性质了解仍十分有限。有学者提出, 在这种极高密度条件下, 由几乎等比例的上夸克 (u)、下夸克 (d) 和奇异夸克 (s) 构成的奇异夸克物质, 可能具有比普通中子物质更低的能态, 因而奇异夸克物质可能才是重子物质的真正基态, 这被称为奇异夸克物质假说。如果奇异夸克物质假说是正确的话, 那么通常人们所称的“中子星”, 其内部就不再以中子为主要成分, 而是直接由奇异夸克物质构成。换言之, 它们其实是奇异夸克星 (简称奇异星)。值得注意的是, 虽然奇异星和中子星的内部成分差别巨大, 但它们的外部特征 (如质量、半径、磁场强度、壳层及表面大气成分等) 却十分相似, 导致我们无法通过普通的天文观测进行区分。图 1 给出了 1.4 倍太阳质量的奇异星和中子星的内部密度和声速分布, 可以看出两种天体具有非常相近的星体半径。

奇异星和中子星在观测表现上的高度相似性给天文学家们带来了巨大的挑战: 直到今天, 人们仍在寻找通过观测区分这两种致密星的方法。传统的思路是通过它们在冷却、自转等方面的表现进行区分, 但遗憾的是区分度实在太小, 难以通过实测进行甄别。有趣的是, 如果奇异夸克物质假说成立的话, 那么就不但可以有奇异星, 还可能存在着奇异夸克行星。这是一种密度比中子星的平均密度还要高, 但质量仅为行星量级的天体。当一个奇异夸克行星同奇异星碰撞并合时, 会产生强烈的引力波辐射。基于此, 南京大学黄永锋教授团队提出可以通过观测此类密近的奇异行星系统及其并合时的引力波辐射来有效识别奇异夸克天体<sup>1</sup>。

---

<sup>1</sup>Geng, J. J., Huang, Y. F., & Lu, T. 2015, ApJ, **804**, 21; Huang, Y. F., & Yu, Y. B. 2017, ApJ, **848**, 115; Kuerban, A., Geng, J.-J., Huang, Y.-F., Zong, H.-S., & Gong, H. 2020, ApJ, **890**, 41; Wang, X., Kuerban, A., Geng, J.-J., et al. 2021, PhRvD, **104**, 123028.

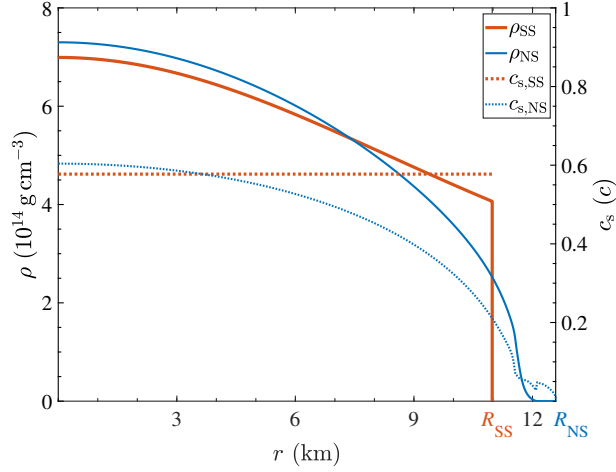


Figure 1: 1.4倍太阳质量的中子星和奇异星的内部结构对比。横轴是中子星内部的半径，纵轴是密度（左边）或声速（右边）。图中蓝色实线对应于中子星的密度分布，红色实线是奇异星的密度分布，而两条虚线分别展示了对应情况下星体内部的声速（声速纵轴在右边）。同中子星相比，奇异星具有从内至外较为均匀的密度和声速分布。但是，两者的星体半径都在12千米左右。

为了进一步探索区分奇异星和中子星的其他方法，最近我们详细计算了原初黑洞被致密星捕获后在其内部旋进运动的过程及伴随产生的引力波辐射。在我们的工作中，致密星分别被假设为一个奇异星或者是一个中子星，具有相应的内部密度和声速分布。我们通过考虑原初黑洞在致密星内部的吸积与动力学摩擦作用，给出了3.5阶后牛顿运动方程，并对旋进过程进行了详细的数值模拟。图 2给出了不同参数情形下，黑洞在旋进过程中其质量随时间增长的情况。可以看出旋进过程的末期，黑洞质量快速增长，预示着黑洞将最终迅速吞并整个致密星，产生爆发性的电磁辐射和引力波辐射。

值得注意的是，有国际学者通过简单估计认为在这一旋进过程中，原初黑洞到致密星中心距离的平方乘以原初黑洞的质量是一个绝热不变量，进而产生的引力波辐射是单色且振幅不变的<sup>2</sup>。我们通过更加详尽与真实的计算证明这一乘积不仅在旋进过程中不是绝热不变量，而且其变化形式也与致密星是奇异星亦或是中子星有重大关联。这不仅指出前人的结论具有严重缺陷，从而为了通过通行的匹配滤波的方法探测到这一旋进过程的引力波，需要对动力学做出细致研究；更说明了一旦探测到对应的引力波信号，便有可能揭示致密星的真实结构及其物质的状态方程。

我们计算了旋进过程的引力波辐射频谱，并与当前及下一代引力波探测器的灵敏度曲线进行了对比，如图 4所示。计算结果表明，当 $10^{-5}$ 倍太阳质量的原初黑洞在致密星内部旋进时，即使它们在3万光年的距离上，其产生的引力波仍能被现有

<sup>2</sup>Génolini, Y., Serpico, P. D., & Tinyakov, P. 2020, PhRvD, **102**, 083004.

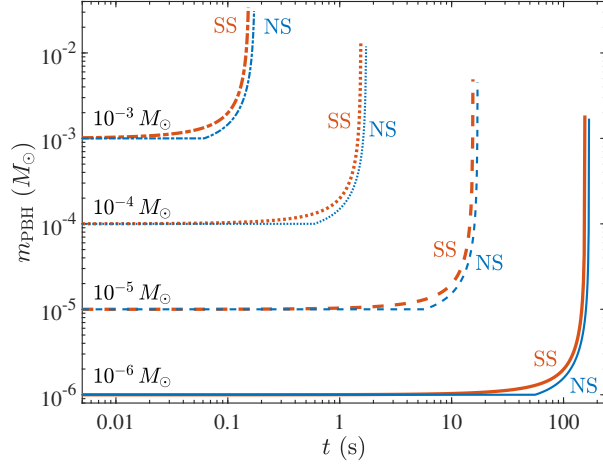


Figure 2: 不同质量的原初黑洞在致密星内部旋进过程中的质量增长情况。横轴是时间，纵轴是黑洞的质量。此处致密星分别被假设为1.4倍太阳质量的奇异星（标注为SS）或中子星（标注为NS）。原初黑洞的初始质量数值分别标注在对应曲线附近。

的高级激光干涉仪引力波天文台（Advanced LIGO）探测到。而国际上正在筹划研制的下一代引力波探测器（如Einstein Telescope和Cosmic Explorer）则能将探测视野拓展至约3百万光年处。同时，令人鼓舞的是，奇异星和中子星内部结构的不同也使得它们的引力波信号彼此间有着显著的区别。这意味着原初黑洞在致密星内部旋进的引力波信号可以成为研究致密物质状态方程的新探针。

这项工作近期以 *Gravitational-wave Emission from a Primordial Black Hole Inspiring inside a Compact Star: a Novel Probe for Dense Matter Equation of State* 为题发表于美国《天体物理学报通信》（*The Astrophysical Journal Letters*）<sup>3</sup>。论文被美国天文学会刊物研究亮点网站（AAS Nova）收录，以“通过原初黑洞寻找奇异星”（“Finding Strange Stars with Primordial Black Holes”）为题刊发专题报道<sup>4</sup>。

<sup>3</sup>Zou, Z.-C., & Huang, Y.-F. 2022, ApJL, **928**, L13

<sup>4</sup><https://aasnova.org/2022/04/06/finding-strange-stars-with-primordial-black-holes/>

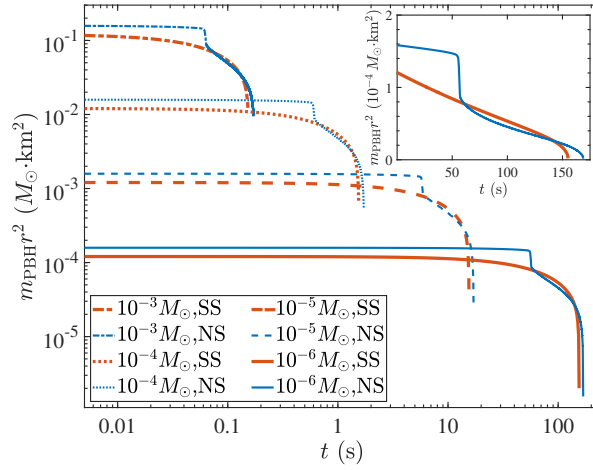


Figure 3: 不同质量的原初黑洞到1.4倍太阳质量的奇异星（SS）和中子星（NS）中心距离的平方乘以原初黑洞的质量之积的对比。右上方插入图通过线性坐标轴明确显示这一乘积不是一个绝热不变量。同时可以看到，这一乘积的具体变化形式在奇异星与奇异星之间有着显著的差异。

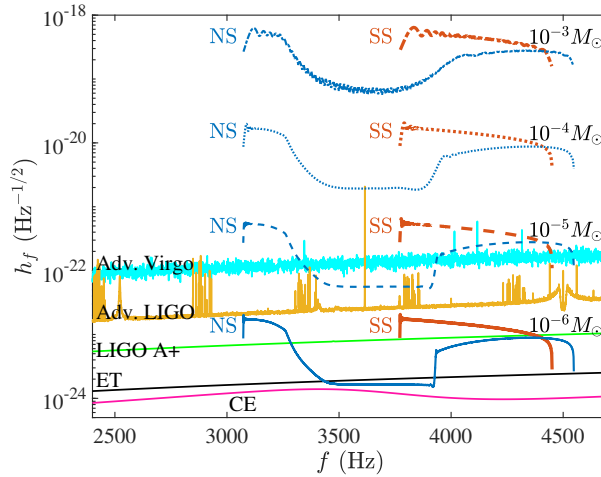


Figure 4: 不同质量的原初黑洞在1.4倍太阳质量的奇异星（SS）和中子星（NS）内部旋进过程中产生的引力波信号强度对比。图中同时给出了一些典型引力波探测器的灵敏度曲线。此处源的距离取为3000光年。可以看到， $10^{-5}$ 倍太阳质量原初黑洞产生的引力波信号强度比Advanced LIGO探测器灵敏度高约一个数量级，比下一代引力波探测器灵敏度高近三个数量级。

# Scientific Program of FAST/Future Pulsar Symposium 11

August 3-5, 2022, Xiangtan University (XTU), Xiangtan, Hunan  
(Language: English or Chinese; but the presentation is suggested to be written in English)

===== Wednesday, August 3 =====  
(Joint sessions with SPSS'22)

**Chair: Li Zhang** (15min = 12+3)

14:00 -- 14:05 *Welcome speech*

14:05 -- 14:20 Biping Gong: *Beyond pulsars*

\*14:20 -- 14:35 Xueli Miao: *The single-pulses of PSR J2222-0137 investigation*

\*14:35 -- 14:50 Habtamu Menberu Tedila: *Profile shifting and irregular subpulse drifting in PSR J0344-0901 discovered by FAST*

\*14:50 -- 15:05 Shuangqiang Wang: *Highly sensitive observations of spider pulsars with FAST*

\*15:05 -- 15:20 Zurong Zhou: *Ultra-wide bandwidth observations of 19 pulsars with Parkes telescope*

15:20 -- 16:00 *Group Photograph and Coffee Break*

**Chair: Yongfeng Huang** (15min = 12+3)

16:00 -- 16:15 Yunwei Yu: *快变蓝色暂现源的磁星能源及相应的射电余辉*

\*16:15 -- 16:30 Yujie Wang: *Search of pulsar candidates based on the properties of X-ray source in the Galactic Bulge*

\*16:30 -- 16:45 Xiaojin Liu: *A Bayesian study of the spin-up line in the P-Pdot diagram of millisecond pulsars*

\*16:45 -- 17:00 Yuxiang Huang: *40m 射电望远镜观测控制程序*

\*17:00 -- 17:15 Jinchen Jiang: *Baseband polarimetry of millisecond pulsars using FAST*

**Dinner, 18:00 – 19:00**

===== Thursday, August 4 =====

**Chair: Yefei Yuan** (15min = 12+3)

09:00 -- 09:15 Shuhua Yang: *Strange stars confronting with the observations: non-Newtonian gravity effects, or existence of a dark-matter core inside the stars*

\*09:15 -- 09:30 Wenli Yuan: *Interacting ud and uds quark matter at finite densities and quark stars*

\*09:30 -- 09:45 Haomiao Jin: *Deconfinement phase transition and quark condensate in compact stars*

\*09:45 -- 10:00 Zheng Li: *Neutrino rocket jet model: an explanation of high-velocity pulsars and their spin-down evolution*

\*10:00 -- 10:15 Fan Xu: *Gamma-ray bursts and high-velocity pulsars*

10:15 -- 10:45 *Coffee Break*

**Chair: Jianping Yuan** (15min = 12+3)

10:45 -- 11:00 Enping Zhou: *Threshold mass of prompt collapse for binary quark stars*



- \*11:00 -- 11:15 Yulong Yan: *Probing the internal physics of neutron stars through the observed braking indices of several young pulsars*
- \*11:15 -- 11:30 Yong Gao: *Precession of magnetars: dynamical evolutions and modulations on polarized electromagnetic waves*
- \*11:30 -- 11:45 Zecheng Zou: *原初黑洞在致密星内部旋进的引力波辐射——致密物质状态方程的新探针*
- \*11:45 -- 12:00 Yan Luo: *White dwarf-white dwarf collision in AGN disks via close encounters*
- \*12:00 -- 12:15 Jinping Zhu: *Electromagnetic signals from neutron star—black hole mergers*

----- Lunch time -----

**Chair: Zhen Yan** (15min = 12+3)

14:00 -- 14:15 Fayin Wang: *快速射电暴的研究进展*

\*14:15 -- 14:30 Ziliang Zhang: *Could fast radio bursts be associated with compact binary mergers?*

\*14:30 -- 14:45 Weiyang Wang: *Coherently polarized emission of FRB*

\*14:45 -- 15:00 Jiaying Xu: *Database construction and visualization of fast radio bursts*

\*15:00 -- 15:15 Chunfeng Zhang: *Rotation measure evolution of the repeating fast radio burst source FRB 180301*

15:15 -- 16:15 *Covid Test and Coffee Break*

**Chair: Biping Gong** (15min = 12+3)

16:15 -- 16:30 Zhibin Zhang: *The statistical similarity of repeating and non-repeating fast radio bursts*

\*16:30 -- 16:45 Yubin Wang: *The multiple images of the plasma lensing FRB*

\*16:45 -- 17:00 Qin Wu: *Statistical analysis of waiting time distribution and 'memory' with repeating FRB 121102 and FRB201124A*

\*17:00 -- 17:15 Heng Xu: *An active repeating FRB*

**Dinner, 18:00 – 20:00**

===== Friday, August 5 =====

**Chair: Lijing Shao** (15min = 12+3, 30min = 25+5)

09:00 -- 09:15 Zhifu Gao: *The dissipation of toroidal magnetic fields and spin down evolution of young and strongly magnetized pulsars*

09:15 -- 09:30 Zhenhui Zhang: *A magnetospheric coherent radiation model for FRBs*

09:30 -- 10:00 Xiaoping Zheng (特邀): *我的中子星科学人生*

10:00 -- 10:15 **Announcement of Crab and Vela Prizes**

10:15 -- 10:30 Zhongxiang Wang: *Gamma-ray studies of MSPs in globular clusters*

10:30 -- 10:45 Zhichen Pan: *FAST globular cluster pulsar survey*

10:45 -- 11:00 Helei Liu: *Heating and cooling of accreting neutron stars as a probe of neutron star interiors*

11:00 -- 11:15 Renxin Xu: *Chandrasekhar 的科学人生及其启示*