

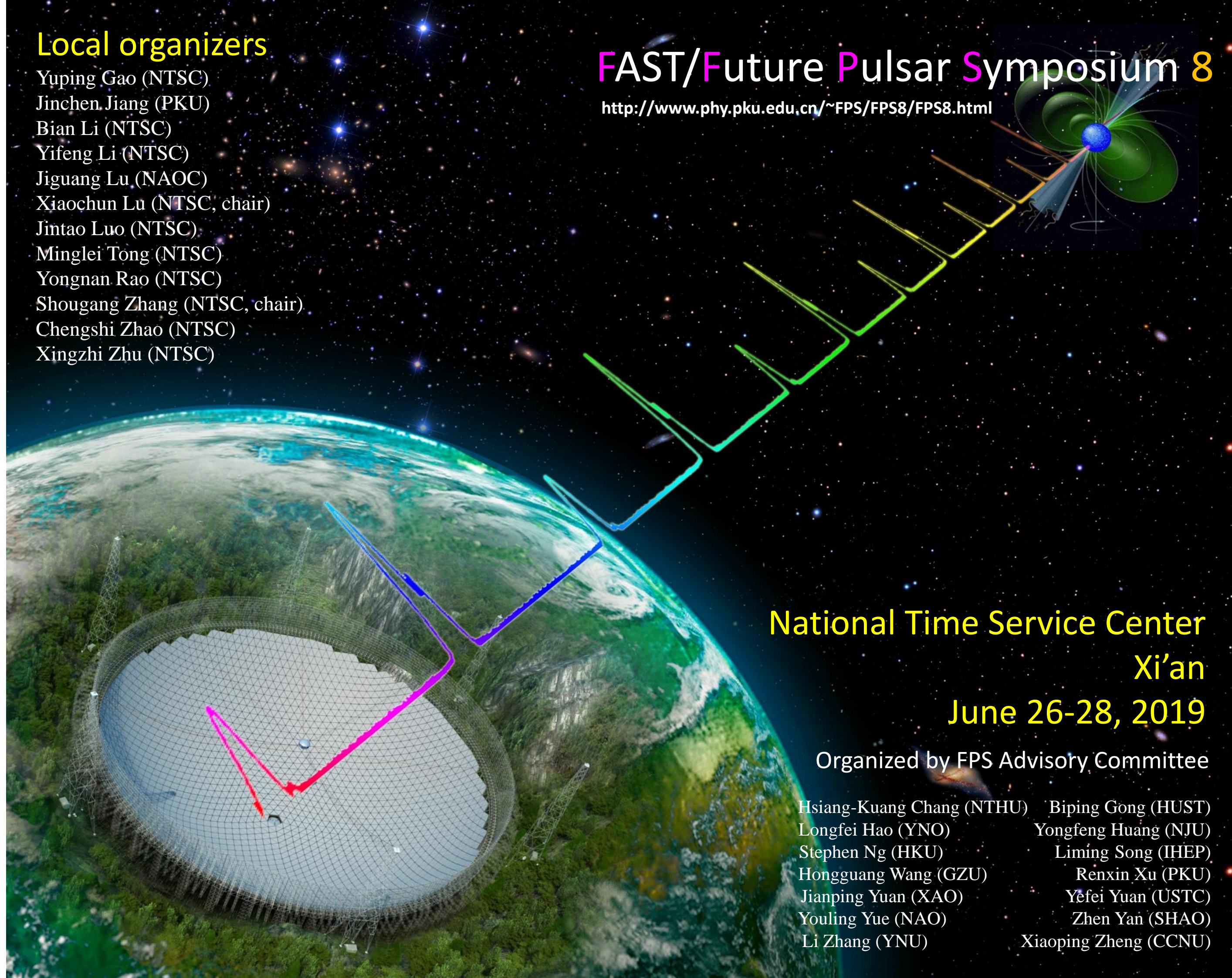
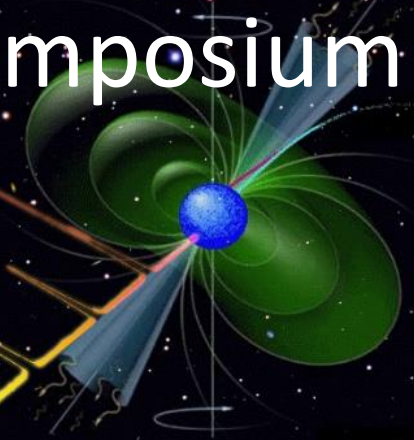
五百米口径球面射电望远镜脉冲星研讨会(8)

Local organizers

- Yuping Gao (NTSC)
- Jinchen Jiang (PKU)
- Bian Li (NTSC)
- Yifeng Li (NTSC)
- Jiguang Lu (NAOC)
- Xiaochun Lu (NTSC, chair)
- Jintao Luo (NTSC)
- Minglei Tong (NTSC)
- Yongnan Rao (NTSC)
- Shougang Zhang (NTSC, chair)
- Chengshi Zhao (NTSC)
- Xingzhi Zhu (NTSC)

FAST/Future Pulsar Symposium 8

<http://www.phy.pku.edu.cn/~FPS/FPS8/FPS8.html>



National Time Service Center
Xi'an
June 26-28, 2019

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) |

FAST/Future Pulsar Symposium 8

2019.06.25-30 Lintong



500 米口径球面射电望远镜/未来脉冲星专题研讨会

第八次会议

受“973 计划”项目的资助在新疆、云南、上海、内蒙、贵州等地组织了五次 FPS 会议后，FPS 所承载的“脉冲星人才培养”的角色并未消失。此后又在武汉（2017 年 6 月 28 日至 30 日）、广州（2018 年 7 月 4 日至 6 日）召开了两次 FPS 会议。今年 6 月 26 日至 28 日在西安召开了第八次 FPS 会议。为了更有效地调动年轻学子的积极性，从 FPS6 开始评选并颁发 Crab 奖和 Vela 奖。FPS8 评奖委员会（高志福、龚碧平、郝龙飞、来小禹、李柯伽、刘雄伟、罗近涛、Junpei Takata、钱磊、仝号、童明雷、徐仁新、闫振、杨挺高、袁建平、岳友岭、朱炜玮等 17 人构成）最终遴选出 Crab 奖一名（王维扬）、Vela 奖三名（姚菊梅、罗睿、王迪）。右图为获奖者合影。

2020 年，FAST 验收后将逐渐开放使用；这将开启脉冲星研究的“FAST 时代”。相信我们的年轻后辈定会抓住这个千载难逢的机会，在国际脉冲星舞台靓丽地表现！

作为“FPS 人”共同的“历史记忆”，您手中是第八本会议文集。相信文集在会场外将进一步绽放 FPS 的精神魅力。已有 FPS 文集电子版网址如下：

[http://www.phy.pku.edu.cn/~xurenxin/Proceedings/FPS \$\alpha\$.pdf](http://www.phy.pku.edu.cn/~xurenxin/Proceedings/FPSα.pdf)

这里 $\alpha = 1, 2, 3, \dots, 8$ ，代表获取第一到八次的 FPS 文集。科研论文的本质在于阐明学术“火花”点。长篇大论式地论述当然是必要的，但“远眺”相关的研究领域也是有益的。FPS 文集中，既有严谨论述的既成结果，也有一些猜测性的学术思想；这里交流多元、精彩。

科学组委会：“FPS”咨询委员会

地方组委会：国家授时中心 高玉平，李变，李祎丰，卢晓春（主席）、罗近涛、童明雷、饶永南、张首刚（主席），赵成仕，朱幸芝
国家天文台 卢吉光，北京大学 姜金辰



FPS8 获奖者合影

左起：王迪 姚菊梅 王维扬 罗睿

公元贰零壹玖年拾贰月

目 录

1. PSR B1259-63/LS 2883 的 keV X 射线和 TeV 射线光变曲线双峰结构的起源	陈尚明	1
2. 利用伽马射线暴的 X 射线平台限制中子星的物态	杜双	3
3. 对中子星物态的新认识	高勇	5
4. FRB 171019 的启示	姜金辰	6
5. 双奇子星并合	来小禹	7
6. Signature of r-mode Gravitational-wave Emission in GRBs	林杰	9
7. 关于 J1651-4246 子脉冲漂移现象分析	林小靖	11
8. 新型三维引力波探测器	刘梦旭、龚碧平	13
9. The impact of SRC pairs on properties of hadronic neutron stars	陆浩	14
10. 子脉冲漂移与脉冲星极冠区	卢吉光	15
11. “倚天屠龙”技 —— 侧忆与 FPS 的缘分	罗近涛	16
12. Measurement of the luminosity function of Fast Radio Bursts	罗睿	18
13. 近年来球状星团脉冲星发现回顾	潘之辰	20
14. Proper Motion of A cluster by Pulsar Timing	钱磊	22
15. Crab 脉冲星的 X-ray 脉冲轮廓的长期变化	尚伦华	23
16. From isolated magnetars to accreting magnetars	全号	25
17. 毫秒脉冲星中潮汐耗散存在的证据	王迪	26
18. On the Time-Frequency Downward Drifting of Repeating Fast Radio Bursts	王维扬	29
19. 利用脉冲星测时阵列限制太阳系加速度	胥恒	31
20. 奇子暗物质?	徐仁新	33
21. Pulsar interstellar scintillation study using FAST	姚菊枚	34
22. 脉冲星计时噪声与辐射变化的关联	袁建平	36
23. 会议日程		37

PSR B1259-63/LS 2883的keV X射线和TeV γ 射线光变曲线双峰结构的起源

陈尚明 (*Shangming Chen*)
华中师范大学 物理学院
武汉 430079

Email: chensm@mails.ccnu.edu.cn

PSR B1259-63/LS 2883是由快速旋转的脉冲星和Be型恒星组成的伽马射线双星系统。该系统有着从射电到极高能伽马射线的多波段辐射，并且各个波段的流量随着脉冲星的轨道运动呈现周期性变化。一般而言，双星系统的非热辐射主要由脉冲星风和大质量伴星星风相互作用所产生：星风之间的相互作用会形成一个弓形激波，来自脉冲星风的相对论电子在激波区域被加速到极端相对论速度，并且通过同步辐射以及逆康普顿散射过程产生多波段非热辐射。

在这里，我们研究了脉冲星风和恒星星风及其星风盘之间的相互作用，并且提出PSR B1259-63/LS 2883的X射线和TeV伽马射线光变的双峰结构是由于弓形激波区域的磁场和软光子场的能量密度增强导致的。当脉冲星穿过恒星外流盘时，星风盘的额外压强将激波面推得更靠近脉冲星表面，使激波中的磁场增强，从而提高同步辐射光度。与此同时，由于激波加热星风盘物质可以为激波区域相对论电子的逆康普顿过程提供额外的种子光子，从而产生TeV伽马射线光变的双峰结构。

详细的模型计算可参考arXiv:1904.07527¹。

¹<https://arxiv.org/abs/1904.07527v2>

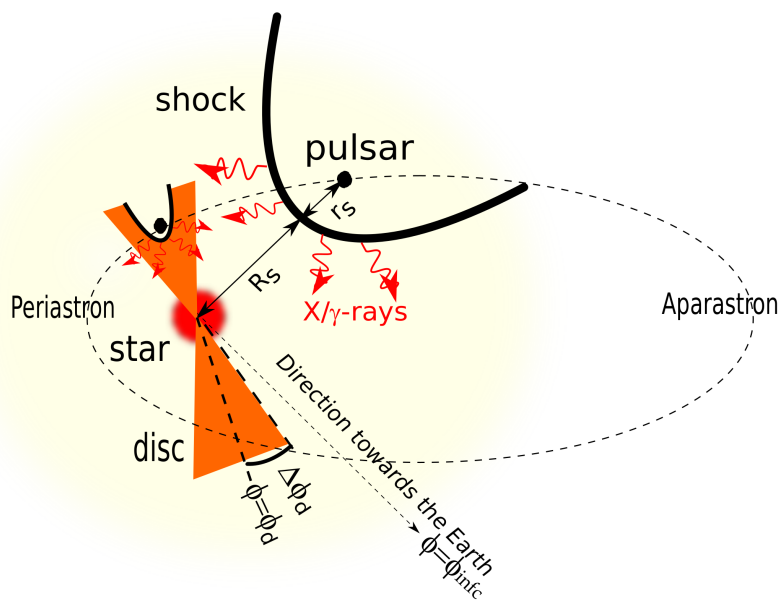


Figure 1: PSR B1259-63/LS 2883双星系统的示意图。图中阴影区域为伴星外流盘在轨道面的投影区域。

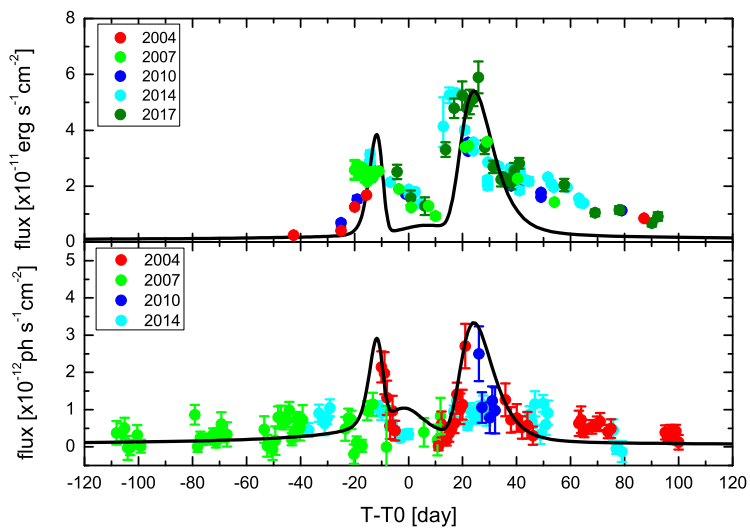


Figure 2: 根据模型计算得到的keV X射线和TeV γ 射线的光变曲线与PSR B1259-63/LS 2883观测数据的比较。

利用伽马射线暴的X 射线平台限制中子星的物态

杜双(Shuang Du)

Department of Astronomy, School of Physics, Peking University, Beijing
100871, China

Email: dushuang@pku.edu.cn

目前认识低能高密核物质（包括夸克物质）性质的主要途径是测量中子星的质量-半径关系，或者测量与质量、半径有关的物理量（如转动惯量）。讨论最为广泛的测量中子星质量-半径关系的方法是：从一些脉冲星的热X射线辐射的轮廓中提取出中子星的强引力场的调制作用，进而利用统计学的方法得到对该中子星质量、半径的限制[1]。但是这种方法依赖于过多的参数，如偏振度、偏振位置角、X射线辐射区法向与视线方向的夹角等等，其结果的可靠性存疑。近来，由于伽马射线暴（起源于大质量恒星塌缩和双中子星并合）的X射线平台与其中心可能存在的磁星有关，也有人尝试根据X射线平台的持续时间和光度与磁星的周期和转动能的关系，用统计学的方法给出中子星静止质量上限[2]。最近，由于观测到双中子星并合事件的引力波辐射，也有人根据由引力波测量出的双中子星旋进末期的潮汐形变程度给出了1.4倍太阳质量的中子星的半径的限制[3]。这些方法无一列外的借助了统计学的方法，因此在高的置信水平下，限制结果并不理想。甚至，对于文献[2]的工作，X射线平台是否起源于磁星还未可知。在所有的X射线平台中，起源于磁星的比较可靠的是这样的两种平台：（1）平台阶段的光变曲线（对数坐标）的斜率几乎为0，紧随平台之后的衰减阶段的斜率接近-2（刚好对应于磁偶极辐射导致转动能的衰减）；（2）平台阶段的光变曲线（对数坐标）的斜率几乎为0，紧随平台之后的衰减阶段的斜率大于-3（对应于磁星的塌缩）。针对上述的两种样本，我们提出了一种直接计算中子星转动惯量 I 的下限和转动中子星赤道半径 R 的下限的方法[4]。首先，中子星的转动能足够大，这样才能满足观测到的X射线平台的总能量，由此可得

$$I > \frac{P_{\text{cri}}^2}{2\pi^2} \int_0^{t_b} L_{\text{X, pla}} dt$$

其中 P_{cri} 是中子星能够达到的最短转动周期， t_b 是X射线平台出现转折的时间， $L_{\text{X, pla}}$ 是X射线平台的光度。其次，中子星的磁偶极辐射光度需足够强，以至于能产生观测到的X射线平台的光度，由此可得

$$R > 6.9 \times 10^5 \left(\frac{P_{\text{cri}}}{1 \text{ ms}} \right)^{1/3} \left(\frac{B_{\text{eff, max}}}{10^{15} \text{ Gs}} \right)^{-1/3} \left(\frac{L_{\text{X, pla}}}{10^{48} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}} \right)^{1/6} \text{ cm}$$

其中 $B_{\text{eff, max}}$ 是中子星能够达到的最强磁场。上述物理量中， t_b 和 $L_{\text{X, pla}}$ 可由观测直接得到， P_{cri} 是给定一个物态方程就有一个值，而 $B_{\text{eff, max}}$ 则可根据已知的

磁星磁场反推得到。需要注意的是上面的 $L_{X, \text{pla}}$ 是将观测到的流量作为各向同性辐射的流量来计算得到的。保守的做法是将观测到的流量作为各向异性的磁偶极辐射的最大流量，这样的做法得到的 $L_{X, \text{pla}}$ 是上面的2/3。这个方法的优点是依赖于较少的物理参数，比较直接，且物理图像比较清楚。缺点是需要找到足够亮、总能量足够高的X射线平台。此外当前对X射线平台进行观测的主要设备是美国、意大利以及英国联合研制的雨燕卫星，这个卫星的观测能段较窄，为0.3-10 keV，不足以完全覆盖X射线波段。

参考文献： [1] Watts A. L., Yu W. F., Poutanen J., et al. 2019, SCPMA, 62, 029503 [2] Gao H., Zhang B., Lv H. J. 2016, PRD, 93, 044065 [3] Annala, E., Gorda, T., Kurkela, A., Vuorinen, A. 2018, PRL, 120, 172703 [4] Du S., Zhou E. P., Xu R. X. 2019, ApJ, 886, 87

对中子星物态的新认识

高勇 (Yong Gao)

Department of Astronomy, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China

Email: gaoyong.physics@pku.edu.cn

FPS8是我研究生阶段参加的第一个会议。在这里我认识了很多国内的同行，从他们那里了解到了很多脉冲星辐射和内部结构的前沿问题。下面就依据几个报告阐述在此次会议中我对中子星物态的一些新认识。

1. The impact of SRC pairs on properties of hadronic neutron stars, Lu Hao. 教科书中学习到的原子核结构是壳层模型：独立的质子和中子在共同的平均势场中运动，服从费米分布且处于低动量的状态，($k < k_F$)。这个报告让我了解了SRC (short range correlation) 效应——在原子核中存在部分高动量的质子(p)和中子(n)，($k > k_F$)，它们具有短程关联。其特点是 np 关联要比 pp 和 nn 关联要强很多，而且随着中子数的升高，高动量的质子也会变多。在中子星这种富中子环境中，SRC效应会对物态有显著的影响。

2. Merging strangeon stars, kilonova, and r-process, Xiaoyu Lai. GW170817双中子星并合事件对中子星物态提供了限制：(1) 从旋近阶段的引力波信号提取出的潮汐形变信息说明中子星的形变能力较弱 ($\Lambda_{1.4M_\odot} < 800$)；(2) 双星并合时产生的kilonova支持radiative medium拥有更高的opacity，而且辐射的特性依赖于post merger的产物——是黑洞还是一颗超大质量的中子星？这个报告提出 Merging strangeon stars 同样可以有快中子俘获的过程，并且可以产生kilonova。同时也预言了GW170817的产物应该是一颗超大质量的奇子星。

3. Signature of r-mode Gravitational-wave Emission in GRBs, Jie Lin. 第一次了解到R模式增长产生的引力波信号。如果双中子星并合的产物是稳定的超大质量中子星的话，那么中子星可能存在R模式引力波辐射。远距离的R模式引力波虽然无法被aLIGO直接探测到。但是GRB余辉的光变行为可能会间接告诉我们该引力波辐射的存在与否，为中子星物态提供重要的信息。

此次会议见识了很多优秀的科研成果，意识到了自己与别人的差距。争取在未来的FPS会议上我也能报告自己关于中子星的工作。

FRB 171019的启示

姜金辰 (*Jinchen Jiang*)

北京大学物理学院

北京 100871

Email: jiangjinchen@pku.edu.cn

Shannon et al. (2018)使用ASKAP进行巡天的过程中发现了FRB 171019, 此后GBT [2] 和CHIME [4]又发现了后续的重复暴发 (见表1).

Table 1: FRB 171019及重复暴的性质

No	Telescope	Obs Freq (MHz)	Obs Time (h)	TOA ^d (MJD)	DM (pc/cm ³)	Fluence (Jy · ms)	Burst Width (ms)
1 ^{ab}	ASKAP	1129.5-1465.5	986.6	58045.56061371	461 ± 1	219 ± 5	5.4 ± 0.3
2 ^b	GBT	720-920	10.6	58319.356770492	456.1 ± 0.4	0.60 ± 0.04	4.0 ± 0.3
3 ^b				58643.321088777	457 ± 1	0.37 ± 0.05	5.2 ± 0.8
4 ^c	CHIME	400-800	17 ± 3	58700.38968	460.4 ± 0.2	≥ 7	6 ± 2

^a Shannon et al. (2018)

^b Kumar et al. (2019)

^c Patek & Chime/Frb Collaboration (2019)

^d Burst time of arrivals are referenced at different frequencies: 1464 MHz for ASKAP, 920 MHz for GBT, and 400 MHz for CHIME.

ASKAP测到的第一次暴发的亮度比后续的暴发大了几十到几百倍, 这暗示着它们可能有不同的起源: 第一次暴发是由一次灾变性事件供能的, 如双中子星并合; 而后续的重重复暴发则有着可持续的能源, 例如快速旋转的磁星.

GBT发现FRB 171019重复暴体现了对FRB进行后续观测, 尤其是使用大望远镜进行后续观测的重要性. 发现FRB 171019重复暴的观测是James, et al. (2020)使用Parkes和GBT近400小时后续观测的一部分. 目前仍然不能确定是否所有FRB都会重复暴发, 而且即使有重复暴产生也未必会传播到地球. 但是如果其中一部分会重复暴发, 那么越灵敏的望远镜就越有可能探测到.

在搜寻FRB重复暴方面FAST有巨大的优势. 一方面, 由于第一次暴发的位置已经基本确定, 大口径望远镜观测的事件率可以不受波束宽度的影响. 另一方面, 假设重复暴的亮度分布随亮度增大而减少, 那么更灵敏的望远镜可以探测到更多的暴发, 尤其是短间隔的重复暴发有利于寻找重复暴的周期.

期待FAST能够发现更多FRB重复暴.

References

- [1] James C. W., et al., 2020, MNRAS.tmp, doi:10.1093/mnras/staa1361
- [2] Kumar P., et al., 2019, ApJL, 887, L30
- [3] Shannon R. M., et al., 2018, Natur, 562, 386
- [4] Patek C., Chime/Frb Collaboration, 2019, ATel, 13013, 1

双奇子星并合

来小禹 (Xiaoyu Lai)
湖北第二师范学院
武汉 430205
Email: laixy@pku.edu.cn

脉冲星类天体本质上是中子星、夸克星、还是奇子星？在引力波事件GW 170817发现之前，人们关注得比较多的观测检验方式包括脉冲星的质量半径和glitch等。GW 170817及其电磁对应体的观测，为检验脉冲星类天体内部结构模型提供了新的可行方式：直接方式是引力波得到的潮汐形变，间接方式是电磁对应体的光变曲线和重元素产物。本文简要介绍我们已经得到的关于潮汐形变对奇子星物态方程参数的限制结果，并简要讨论双奇子星并合的重元素合成过程。

1 双奇子星并合的潮汐形变

我们以Lennard-Jones奇子星模型为例，计算了不同参数下的最大质量 M_{TOV} 和潮汐形变量 Λ (X. Y. Lai, E. P. Zhou & R. X. Xu, Eur. Phys. J. A (2019) 55: 60)。结果表明，即使 M_{TOV} 达到 $2.9M_{\odot}$ ， Λ 也可以小于300。

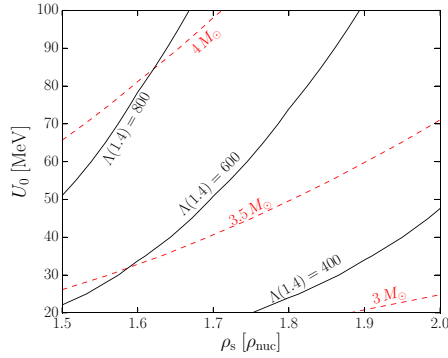


Figure 1: 横坐标为奇子星表面密度，纵坐标表示奇子之间相互作用势阱深度。实线表示质量为 $1.4M_{\odot}$ 时的潮汐形变量 $\Lambda(1.4)$ ，虚线表示最大质量 M_{TOV} 。

2 双奇子星并合的重元素合成

双中子星并合的光变曲线自从 (L. X. Li & B. Paczynski, ApJ (1998) 507, L59) 以来, 被广泛而细致地研究过, 这也为研究双奇子星并合的光变曲线提供了参考。为了计算光变曲线, 一个重要的输入量是抛出物的不透明度。不透明度来自光子与电子的相互作用, 其中非常重要的一个因素是原子核外的束缚电子的能级结构。例如, 镧系元素具有特殊的电子能级结构, 使得含有镧系元素的抛出物具有很高的不透明度。因此, 为了得到光变曲线, 首先要知道抛出物的成分。

在双中子星并合的情形, 像镧系元素这样的比铁重的元素, 来自快中子俘获过程。双中子星并合时, 最初的抛射物是丰中子的原子核和自由中子, 然后通过快中子俘获过程, 使原子核的质量数由小变大。快中子俘获能发生的条件是富中子环境, 所以人们一般认为夸克星并合时无法发生快中子俘获, 也就无法合成比铁重的元素。

双奇子星并合时, 抛出物可能是奇子团块, 相应的重元素合成可能是另一种方式。一方面, 奇子团块的表面会发射中子和质子 (中子比质子多), 可能导致富中子环境。另一方面, 奇子团块可能自身发生裂变, 即通过由大变小的方式, 产生比铁重的元素。

关于双奇子星并合的重元素合成和光变曲线, 将在未来的工作中进行更具体的探讨。

Signature of r-mode Gravitational-wave Emission in GRBs

Jie Lin

*Guangxi Key Laboratory for Relativistic Astrophysics, Department of Physics,
Guangxi University, Nanning 530004, People's Republic of China*

Email: jielin06152@outlook.com

1 Introduction

The X-ray plateaus observed in the afterglows of gamma-ray bursts (GRBs) are usually interpreted as the contribution from newborn magnetars with magnetic dipole radiation [6]. However, theoretical analysis show that the rotational energy of newborn magnetars was carried away via gravitational-wave radiation (GWR), which was more efficient than magnetic dipole radiation and the shape of the light curve of GRB can be adjusted from the magnetar model merely by considering magnetic dipole radiation. If GWR comes from an r-mode oscillation with constant saturation amplitude in the neutron star and r-mode GW radiation losses dominate the spin-down, it is easy to obtain the luminosity profile [3]

$$L_x = L_{x,0} \left(1 + \frac{3t}{\tau_{\text{gw,r}}} \right)^{-\frac{2}{3}} \quad (1)$$

where $\tau_{\text{gw,r}}$ is the characteristic timescale for r-mode GWs spindown.

2 Application to the X-ray afterglow SGRB 090510 and ULGRB 111209A

We investigate the X-ray light curve of a short GRB 090510 in detail and find that the X-ray light curve can be well fit with a magnetar model supposing that the spin evolution of the magnetar is governed by both gravitational radiation generated by unstable r-mode oscillations [5] at early-time and magnetic dipole radiation dominating late-time spin-down evolution. In addition, our results also imply that GWR signal associated with GRB 090510 cannot be directly detected by the aLIGO when the r-mode GW emission dominates spin-down and a superior saturation amplitude ($\alpha = 0.1$) unless the source is particularly close. Ultra-long-duration gamma-ray burst

GRB 111209A was found to be associated with a very luminous supernovae (SNe) SN 2011kl and exhibited complicated the features of the X-ray afterglow. We find that the X-ray light curve of UGRB 111209A and SN 2011kl can be interpreted within the physical picture [4], which is as follows: the initially shallow decay can be explained by the r-mode GW emission dominating the spin-down evolution of the magnetar as seen in short GRB 090510, then the following abruptly decaying phase results from the extraction of the BH rotational energy through the BZ mechanism [1] when the magnetar loses its angular momentum via r-mode GW radiation and then spins down until the centrifugal force is insufficient to support the mass to collapse into a BH [2]. Finally, the small X-ray bump at late times is likely due to fallback accretion into the newborn BH. Meanwhile, the BP outflow from the newborn BH's disk would further deposit energy into the SN ejecta, which powers the luminous SN 2011kl.

3 Conclusions

Our result suggests that the r-mode instability is likely to play an important role in a magnetar. That fact, together with what we have gotten from GRB 090510, suggests that one cannot yet rule out that the remnant of GW170817 is not a magnetar because the distance of GW170817 is too large for a GW signal produced by a magnetar r-mode instability to be directly detected by the current detectors.

References

- [1] Blandford, R. D., & Znajek, R. L., 1977, MNRAS, 179, 433
- [2] Lasky, P. D., Haskell, B., Ravi, V., et al. 2014, PRD, 89, 047302
- [3] Lin, J., & Lu, R.-J. 2019, ApJ, 871, 160
- [4] Lin, J., Lu, R.-J., Lin, D.-B., et al. 2020, ApJ, 895, 46
- [5] Owen, B. J., Lindblom, L., Cutler, C., et al. 1998, PRD, 58, 084020
- [6] Zhang, B., & Mészáros, P. 2001, ApJL, 552, L35

关于J1651-4246子脉冲漂移现象分析

林小靖 (*Xiaojing Lin*)

北京大学物理学院天文系

北京 100871

Email: linxiaojing@pku.edu.cn

2018年4月，我们使用Parkes 64米望远镜及其超宽带（UWL）接收机对PSR J1651-4246进行观测。该脉冲星为三峰结构，且在高频段结构最为明显。对该脉冲星的子脉冲序列进行傅里叶分析，我们发现它存在一种特殊的子脉冲漂移现象。LRFS（longitude-resolved Fourier spectrum）频谱显示，它低频段的辐射存在特殊的子脉冲漂移现象。它的子脉冲漂移周期 P_3 约为 18.5 ± 0.7 个脉冲星自转周期 P_1 ，即 $P_1/P_3 \approx 0.054 \pm 0.002$ 。其傅里叶相位角为一条斜率近似于0的直线，说明这种周期性很可能是来自于对应相位的子脉冲的强度变化，而不是来自子脉冲在辐射窗口的位移。从物理上，可能是观测者视线从辐射束中心穿过，当放电点从视线经过时，难以观测到子脉冲在辐射窗口的位置变化，而只观测到子脉冲强度的周期性变化。

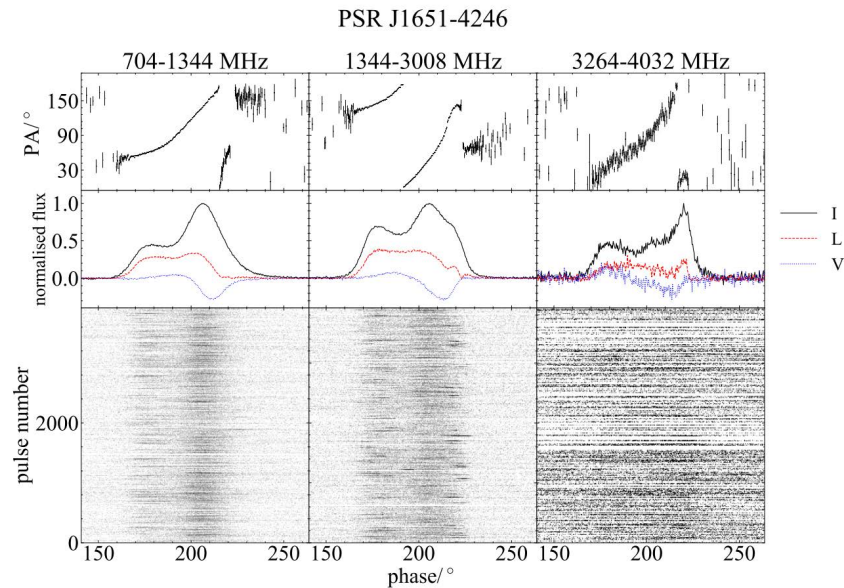


Figure 1: PSR J1651-4246在三个不同频段的脉冲轮廓

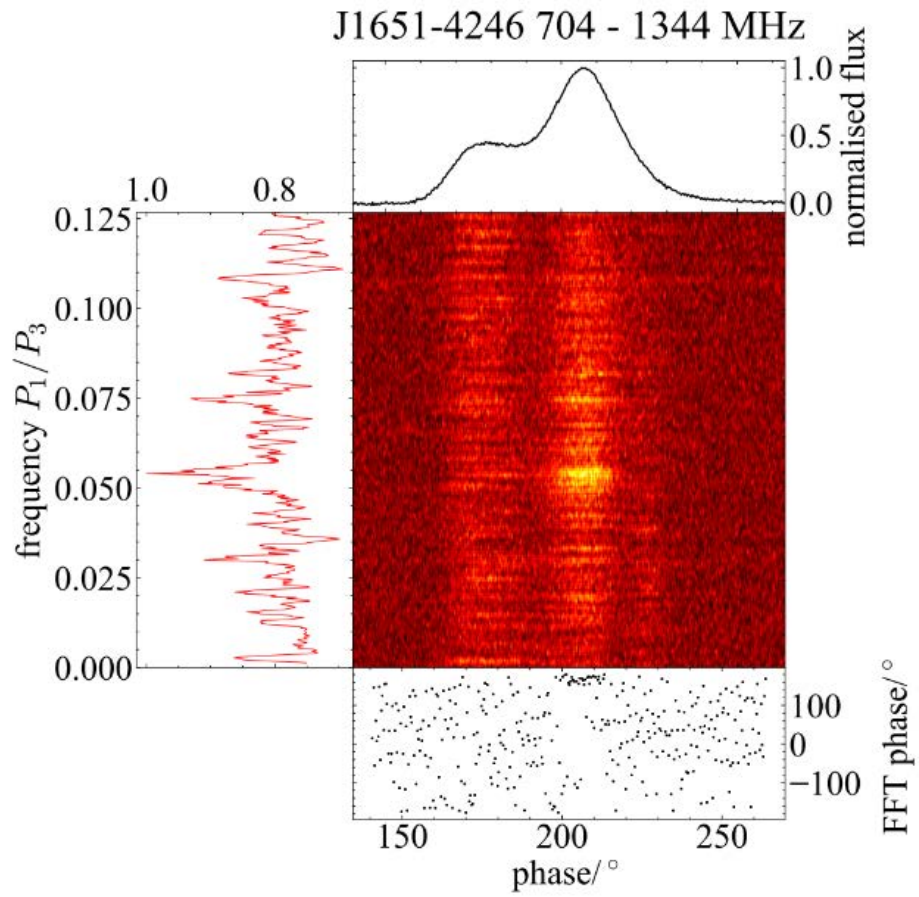


Figure 2: PSR J1651-4246的LRFs (longitude-resolved Fourier spectrum)频谱及其傅里叶相位角。

新型三维引力波探测器

刘梦旭 (*Mengxu Liu*) 龚碧平 (*Biping Gong*)
华中科技大学
湖北武汉 430074
Email: bpgong@hust.edu.cn

引力波为我们在电磁辐射之外打开了一扇新的宇宙之窗。自从2015年以来，以LIGO为主的地基引力波探测器已捕捉到十余次引力波事件。然而目前的探测器多为平面的激光干涉仪，这种探测器对于引力波源的定位十分有限，只能通过多探测器组网的方法来定位。我们提出一种三维的引力波探测器原型，造型为正三棱锥结构，三个方向的干涉臂设计在同一块隔振装置上。相比传统的地基二维探测器，这种新的三维探测器的定位能力得到显著提升，视场也显著增加。然而三维结构使得此种类型探测器很难做成公里级的尺寸，这将使其探测灵敏度受到量子噪声的严重影响。期待未来的技术发展可以实现大尺寸的三维探测器建造，与传统的地基引力波探测器的联合观测有望显著提高定位精度，为后续的电磁对应体的跟踪观测提供更强有力的支持，在多信使天文学时代扮演了重要角色。

The impact of SRC pairs on properties of hadronic neutron stars

陆浩 (*Hao Lu*)

南京大学物理学院

南京 210093

Email: DG1822025@smail.nju.edu.cn

The neutron star, mainly as a result of the Type II supernova explosion, is one of the densest forms of matter in the observable universe. As an asymmetric nuclear matter (ANM) at supranuclear densities that can not be reproduced so far through terrestrial laboratory experiments, the internal structure and composition of neutron stars still occupy an important position in modern nuclear physics and astrophysics.

The existence of short-range correlated (SRC) neutron-proton pairs has been studied by series of experimental studies for recent years, resulting a depleted Fermi gas region with a high-momentum tail (HMT) in nucleon momentum distribution. Based on the center-of-mass (c.m.) momentum distribution of correlated nucleons approximately modeled by a three-dimensional Gaussian Function with a narrow width, we speculate that the shape parameter of the high-momentum tail for protons would overlap with the one for neutrons, so that the proton Fermi momentum k_F^p will be enhanced to be equivalent to the neutron Fermi momentum k_F^n in asymmetric nuclear matter. In addition, we utilize the new phenomenological nucleon momentum distribution to investigate the properties of neutron stars, like the mass-radius (M - R) relation. The maximum mass will be raised in view of the existence of SRC pairs, which means that we may have an another viewpoint on the upper mass bound of massive neutron stars.

子脉冲漂移与脉冲星极冠区

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

子脉冲漂移是脉冲星射电辐射中所特有的一种现象，通常被认为是极冠区中的火花放电点与电磁场相互作用导致的。该图像依赖于Ruderman and Sutherland (1975) 所提出的极间隙 (polar gap) 模型。极间隙模型预测了子脉冲漂移速度，它由火花放电点局域的电场和磁场所决定。然而某些脉冲星不同子脉冲漂移的速度互不相同。这表明火花放电点移动的路径并不唯一。按极间隙模型预测，极冠区中平行于磁场的电场与垂直于磁场的电场之间应存在正相关关系。而平行电场会影响火花放电点间距，平行电场越强，火花放电点越密集，从而子脉冲间距越小；垂直电场影响放电点漂移速度，垂直电场越强，火花放电点漂移速度越大，子脉冲漂移速度越快。因此如果一颗脉冲星的射电辐射中，不同子脉冲的漂移速度不同，那么相应子脉冲间距与子脉冲漂移速度之间应当存在反相关关系。在FAST观测到的PSR B2016+28的数据中确实发现了这种反相关关系。这从侧面证明了火花放电点可能会存在于极冠区中的不同位置。因此，分析该类子脉冲漂移参数间的依赖关系，有希望得到极冠区中平行电场和垂直电场的分布。

“倚天屠龙”技 ——侧忆与FPS的缘分

罗近涛 (Jintao Luo)

中国科学院国家授时中心

西安临潼 710600

Email: jluc@ntsc.ac.cn

说起FPS，不得不感谢两位前辈。

第一位，是北大徐仁新老师。徐老师不辞劳烦，倡议组织FPS会议，到今年（2020）已经是第九届了。FPS是高水平的思想火花碰撞熔炉、是宣传队、是播种机。FPS除了高水平的学术交流，也在无数年轻学生、工作者中播撒了脉冲星研究的种子。

第二位，是已化作星辰的南仁东老师。2005年在天文年会上第一次听到南老师关于FAST的报告，当时觉得真正是异想天开。没曾想，南老师楞是把这事做成了。天眼一开，我们的脉冲星实测研究乃至射电天文的实测研究，都为之局面一新，一夜之间有了国际一流的家伙什。

我本科学的是电子信息工程专业，误打误撞进入脉冲星这个领域后，从事的主要是技术方面的工作，开始是在FPGA上开发终端，后面用GPU加速脉冲星的搜寻算法。这些年耳濡目染，一个小小的体会：脉冲星观测尤其是搜寻是个“屠龙”之技。

在地面上主要用射电望远镜来进行脉冲星的观测，脉冲星的发现也是在射电波段，射电观测面临几个困难。第一个，脉冲星有色散，这就要求观测用的终端能提供一定的频率分辨率；第二个，信号是周期信号，而且周期短，这就要求一定的时间分辨率。这两个，是对终端的要求。最要命的，第三个，脉冲星信号弱，大部分都在10mJy级别。这第三个，就决定了脉冲星观测是“大个子”的游戏，国内外开展脉冲星观测的都是中、大口径的射电望远镜。

说到脉冲星搜寻，这是一个类似大海捞针的游戏。我们没能赶上好时候，“星多、色散小、信号强，速来！”的阶段已经过了；我们也赶上了好时候，贵州山里的500米大锅，让我们能以前所未有的单天线灵敏度来寻找宇宙中的“小绿人”信号。

“宝刀屠龙”，FAST就是我们这把宝刀；而脉冲星搜寻技术，则是我们的“倚天剑”。只有“左倚天”、“右屠龙”，才能“刀剑如梦”，“皇图霸业谈笑中”。

脉冲星搜寻，搜的是脉冲星的周期、色散，高效的消色散算法、基于FFT的周期搜寻，都已经比较成熟了；在里面捣蛋的，是双星（binary system），轨道运动使得脉冲星的视周期在我们的观测过程中会发生变化，从而降低了灵敏度。对应的想法，是用某种算法将轨道运动引起的变化进行补偿，这个在时域、频域都可以进行，也有了比较成熟的算法。但是这些算法的计算，都是很耗费时间的。周期、色

散的搜寻可以做到实时或者准实时地进行，但是轨道运动的搜寻，目前还无法做到实时，连离准实时也还有很大距离。

在轨道搜寻方面，GPU加速是一条路子，GPU的程序开发和CPU差不多，可以快速编译、测试、再修改，迭代速度快，与FPGA相比这些是很大的优势。FPGA的长处在于流水线似的处理方式，比如目前脉冲星终端里面，对天线和接收机下来的信号进行通道划分等处理，用的主要还是FPGA，GPU暂时还做不了这样的工作，这个从侧面也可以看出FPGA的处理能力。但是FPGA开发门槛比较高，不管是硬件还是软件，没有类似PC这样的通用平台买块卡插上去就能跑GPU，开发用的语言与汇编类似，“编译”一次也比较耗时，大的程序“编译”一次花费上半天时间都是很常见的。

罗哩罗嗦地写了这么多，主要是想表达这么几个意思：1、脉冲星搜寻需要大天线；2、脉冲星搜寻需要海量的运算能力（当然也需要海量的数据存储资源）。学习脉冲星搜寻技术，如同学习“屠龙之术”，只有在大口径射电望远镜上才能派上用场。

现在FAST已经有了，建设和规划中的还有一些百米级别的大口径射电望远镜，这些都使得脉冲星搜寻技术有了不少用武之地。2019年有幸在西安临潼承办了FPS8，参会的人员据说创了新高，尤其令人高兴的是有不少年轻的面孔。高兴之余也有点感慨“一入江湖岁月催”，前辈的成就令人高山仰止，而新生代正在蓬勃成长，望着秦岭山间婀娜秀丽的40米射电望远镜，更感努力工作的紧迫。

大幕已经拉起，愿“天下风云出我辈”。

谨此与各位脉冲星同仁共勉。

Measurement of the luminosity function of Fast Radio Bursts

Rui Luo

*Department of Astronomy, School of Physics, Peking University
Beijing 100871*

Email: luorui1991@pku.edu.cn

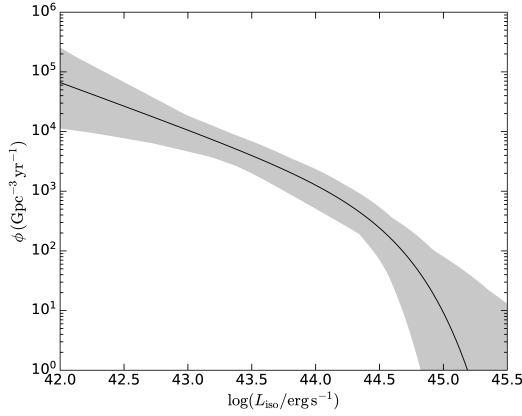
Fast Radio Bursts (FRBs) are new type of radio transients with unknown origin(s). The luminosity function of FRBs, is defined as the event rate per unit cosmic co-moving volume per unit luminosity. It plays a vital role in revealing the possible FRB origins, yet, helps to determine the optimal searching strategy.

Based on the probability model published in the previous companion paper (Luo et al. 2018), we measure the FRB luminosity function using 46 known FRBs. Our Bayesian framework self-consistently models the observational and astrophysical selection effects, including survey sensitivity, telescope beam response, electron distribution in Milky Way/host galaxies/local to FRBs. To model the event rate of FRB events, we assume all of detections in the FRB survey are independent random process, and use the Poisson distribution to describe it.

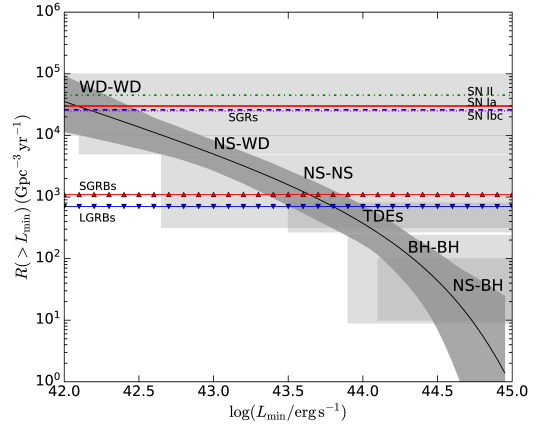
Assuming the luminosity function being the Schechter function, we infer that the characteristic FRB event rate density $\phi^* = 339_{-313}^{+1074} \text{ Gpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$, the power-law index $\alpha = -1.79_{-0.35}^{+0.31}$, upper cut-off luminosity $L^* = 2.9_{-1.7}^{+11.9} \times 10^{44} \text{ erg s}^{-1}$, and the lower cut-off luminosity $L_0 \leq 9.1 \times 10^{41} \text{ erg s}^{-1}$ within 95% confidence level. The luminosity function shape with error region is plotted in Figure 1a.

The volumetric event rate for FRBs is found to be $3.5_{-2.4}^{+5.7} \times 10^4 \text{ Gpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ above $10^{42} \text{ erg s}^{-1}$, $5.0_{-2.3}^{+3.2} \times 10^3 \text{ Gpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ above $10^{43} \text{ erg s}^{-1}$, and $3.7_{-2.0}^{+3.5} \times 10^2 \text{ Gpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ above $10^{44} \text{ erg s}^{-1}$ (see Figure 1b). The event rate densities of FRB population in a wide luminosity range implies FRBs could have multiple origins. We also mark the possibly associated transients with FRBs and discuss the event rate density range that might lead to association.

The FRB detection rate as a function of minimum detection flux and FoV is given in Figure 2a. Obviously, telescopes with high gain and large FoV are the best for FRB searching, e.g. CHIME and TianLai. The large telescope with high sensitivity, such as FAST, are potential to detect more faint FRBs in the distant universe. For single-beam system, we calculated the detection rate-diameter relation as shown in Figure 2b. For the central value of luminosity function, the optimal diameter of single-beam telescopes to detect FRBs is from 30 to 40 meter.

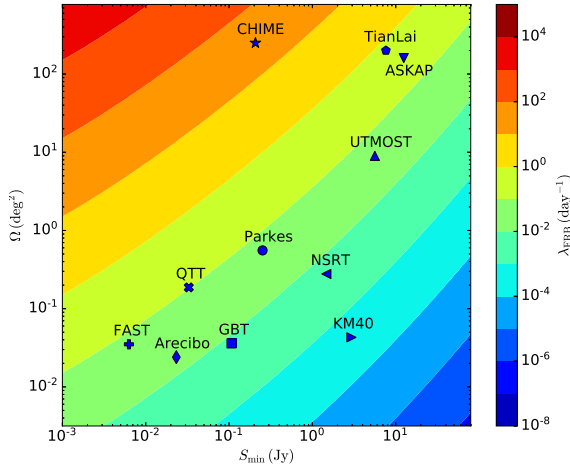


(a) The FRB luminosity function

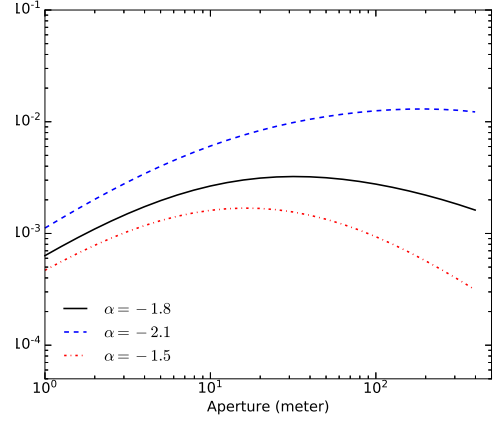


(b) The event rate density of FRB population

Figure 1: (a) The x-axis is logarithmic luminosity, the y-axis is the luminosity function defined as event rate per unit co-moving volume per logarithmic luminosity. The black solid curve represents the most probable LF shape with the gray shade indicating $2-\sigma$ confidence region. (b) The x-axis is the threshold luminosity in logarithmic form, the y-axis is cumulative event rate density above the threshold luminosity.



(a) The FRB detection rate map



(b) FRB detection rate v.s. diameter of single-dish telescope

Figure 2: (a) The x-axis is the detection threshold in flux, the y-axis is FoV, the color bar on the right indicates the apparent detection rate of telescopes, i.e. expected detection number per day. (b) The x-axis is the telescope diameter in units of meter, y-axis is the detection rate in units of per beam per day.

近年来球状星团脉冲星发现回顾

潘之辰 (*Zhichen Pan*)
中国科学院国家天文台
北京 100101
Email: panzc@bao.ac.cn

截止到现在球状星团M92中发现新脉冲星(Pan et al. 2020), 目前发现的球状星团脉冲星数目已经达到157, 正好相当于已知球状星团的数目(Harris 1996)。这些脉冲星发现来自于Parkes, Arecibo, GBT和FAST等大望远镜。最近系统性的球状星团脉冲星发现来自于GBT, 从十多年前开始直到2015年; 其陆续在包括Terzan 5在内的多个球状星团中发现了大量的脉冲星。

从2016年到现在, 在球状星团中共发现了14个新脉冲星。从这些发现, 我们可以看到一些新的搜索方法及其实践, 察觉到一些趋势。

Pan et al. (2016)报告了在球状星团杜鹃座47中的2个新脉冲星发现。这两颗脉冲星都是孤立脉冲星。这两个脉冲星的亮度受到星际介质闪烁影响很大, 探测率低。单纯在存在信号的文件中搜索这两颗脉冲星的信号并不存在难度, 该发现的主要原因在于使用了所有能搜集到的历史数据。结合了十多年的观测数据, 才得以实现对于这两个脉冲星的发现和后续的timing。

类似于Pan et al. (2016), 通过合并Terzan 5的观测数据, Cadelano et al. (2018)新发现了3颗新脉冲星。这三颗新脉冲星都是孤立的毫秒脉冲星。

Freire et al. (2017)中报告的是之前已经发现但是尚未成文发表的孤立脉冲星杜鹃座47 Z。这个脉冲星是Knight H.和Bailes M.共同发现的, 最早在Knight的博士学位论文中, Pan et al. (2016)也有再次探测。

Andersen et al. (2018)尝试使用了新的双星搜索方法, 称为jerk search, 并在球状星团Terzan 5中找到了一颗新的毫秒脉冲双星。该研究报告, 这颗脉冲星轨道周期0.8天, 偏心率0.2, 伴星质量是太阳的0.17倍, 它的发现得益于这样的搜索方法。该方法使得观测时间为双星轨道周期5-15%的观测数据的脉冲星搜索灵敏度得到了提高, 但是作为代价, 需要使用大量的内存和耗费大量的时间。

Dai et al. (2020)在非常明亮的球状星团半人马座 ω 中发现了5颗新脉冲星, 其中一颗是双星, 是一个具有掩食现象的black widow。这个发现表明配备了超宽带接收机的Parkes望远镜灵敏度得到了相当的提高, 再次具有发现新脉冲星的潜力。

Pan et al. (2020)的M92A发现和Wang et al. (2020)的M13F的发现都凭借了FAST的高灵敏度。M92A并不是只有FAST可以探测到, GBT也存在探测和发现的些许机遇。凭借FAST的灵敏度, 这颗脉冲星得以轻易发现, 并且可以实现持续的监测和相应观测现象的研究。M13F相当暗弱, 它的发现展现了FAST在探测暗弱脉冲星方面的巨大潜力。

在这14颗脉冲星发现中, 6颗脉冲星的发现来自于新的搜索方法的应用, 7颗的发现来自于观测设备灵敏度的突破, 1颗是历史发现的公布。由此可以猜

测，全面地使用搜索方法，配合高灵敏度的观测设备，在接下来的几年内，包括FAST, Parkes, GBT和MeerKAT在内的多个望远镜很可能将带来更多的球状星团脉冲星发现。

参考文献:

Andersen B. C., et al., 2018, ApJ, 863L, 13A

Cadelano M., et al., 2018, ApJ, 855, 125C

Dai S., et al., 2020, ApJ, 888L, 18D

Freire P. C. C., et al., 2017, MNRAS, 471, 857F

Harris W. E., 1996, AJ, 112, 1487H

Pan Z., et al. 2016, MNRAS, 459L, 26P

Pan Z., et al., 2020, ApJ, 892L, 6P

Wang L., et al., 2020, ApJ, 892, 43W

Proper Motion of A cluster by Pulsar Timing

钱磊 (*Lei Qian*)
 中国科学院国家天文台
 北京 100101
 Email: lqian@nao.cas.cn

The position of a pulsar in the sky can be determined by timing it over one year as the Earth orbits the Sun. The Roemer delay of the signal from a pulsar at ecliptic longitude λ , latitude β across the Solar System is

$$\tau \simeq \tau_0 \cos \beta \cos (\theta(t) + \lambda), \quad (1)$$

where $\tau_0 \simeq 500$ s, $\theta(t)$ is the orbital phase of the Earth (with respect to the vernal equinox). The displacements $\Delta\lambda$ and $\Delta\beta$ cause an error in τ , making sinusoidal feature in the timing residual

$$\begin{aligned} \Delta\tau \simeq & -\tau_0 [\Delta\lambda \cos \beta \sin (\theta(t) + \lambda) \\ & + \Delta\beta \sin \beta \cos (\theta(t) + \lambda)]. \end{aligned} \quad (2)$$

$\Delta\lambda$ and $\Delta\beta$ can be expressed with the amplitude A and phase ϕ of the error sinusoid in the timing residuals,

$$\Delta\lambda = -\frac{A \cos \phi}{\tau_0 \cos \beta} \quad (3)$$

$$\Delta\beta = -\frac{A \sin \phi}{\tau_0 \sin \beta}. \quad (4)$$

So the displacement $\sim A/\tau_0$. For 10 millisecond pulsars with timing uncertainty $A \sim 1 \mu\text{s}$, and 100 measurements per pulsar over the course of a year, displacement of $\sim 82.5 \mu\text{as}$ can be measured. The relation among the proper motion μ of a cluster, the amplitude A of the error sinusoid in the timing residuals, number of measurement per year N , number of pulsar measured M , and observing span T (in unit of years) can be written as

$$\mu = 82.5 \mu\text{as yr}^{-1} \left(\frac{A}{1 \mu\text{s}} \right) \left(\frac{100}{N} \right)^{1/2} \left(\frac{10}{M} \right)^{1/2} \left(\frac{1 \text{ yr}}{T} \right) \quad (5)$$

Crab脉冲星的X-ray脉冲轮廓的长期变化

尚伦华 (*Lunhua Shang*)
南京理工大学电子工程与光电技术学院
中国 江苏 南京 210094
Email: shanglh@nao.cas.cn

至今为止已发现近3000颗脉冲星[1]。长期以来，自转供能脉冲星的脉冲轮廓一直被视为其特有的“指纹”，脉冲轮廓的几何形状被认为极为稳定，随时间不发生变化。然而随着脉冲星观测技术的不断提高和大量数据被累计获得，关于脉冲轮廓长期稳定的认识也受到了挑战。过去，Lyne等人分析了Jodrell Bank天文台8年的timing观测数据发现了6颗脉冲星的脉冲轮廓随自转减慢率 $\dot{\nu}$ 变化[2]。2013年Lyne等人又对Crab脉冲星的长期的射电脉冲轮廓进行研究，给出了Crab脉冲星的脉冲轮廓的两个峰的间隔随时间缓慢地增加。Lyne等人将这种脉冲轮廓随时间的长期增加解释为是脉冲星磁倾角随时间的增加而导致的。基于射电数据的处理结果，他们给出了磁倾角的变化率为每世纪 $0.62^\circ \pm 0.03^\circ$ [3]。Ge等人分析了RXTE观测的Crab脉冲星的X-ray脉冲轮廓，指出在X-ray波段的脉冲轮廓与射电波段的类似，即脉冲轮廓的两峰间隔随时间增加而增加[4,5]。这种类似于Crab脉冲轮廓随时间长期的变化的现象，目前还缺乏令人信服的物理解释及模型。

脉冲轮廓随时间变化可能是内禀计时噪声的来源之一。Crab脉冲星的X-ray脉冲轮廓呈现明显的双峰型，我们通常将较高的峰称为P1峰，另外一个称为P2峰。P1和P2峰之间的相位差 Δ 是一个非常重要的参数去研究轮廓随时间的变化情况。在我们的工作中，我们利用RXTE, NICER, Insight-HXMT和XPNAV-1四颗高能卫星的观测数据，分别从这些数据中提取了2-6, 6-15和15-60keV的光子，并将光子在卫星上的到达时间转换到太阳系质心，最后利用timing模型计算每个光子的相位并以1000 bins折叠脉冲轮廓。从而获得了关于Crab脉冲星在2-6, 6-15和15-60keV能段的高质量脉冲轮廓。通过拟合这些高质量的脉冲轮廓，我们获得了高精度的P1和P2的相位，从而计算出了每个轮廓的P1与P2的相位差 Δ 。我们发现 Δ 随时间具有一个明显的增加的趋势。在2-6, 6-15和15-60keV的三个能段的增加速率分别为每世纪 $0.821^\circ \pm 0.254^\circ$, $0.804^\circ \pm 0.543^\circ$ 和 $0.771^\circ \pm 0.276^\circ$ 。如图1左给出了2-6keV能段的 Δ 随时间的变化情况。

脉冲轮廓的长期变化可能是脉冲星计时噪声的主要来源之一。这种 Δ 的长期变化可能是由某种物理机制引起的，不过到目前为止还缺乏一个令人信服的物理解释和模型。在我们的工作中，我们尝试着在环间隙模型（AG model）[6,7]的基本框架下去模拟获得的高信噪比脉冲轮廓（如图1右所示），从而去理解Crab脉冲星的脉冲轮廓长时间的变化的物理起因。通过模拟，我们发现了两个重要的模型参数，即两峰的最大辐射高度对脉冲轮廓的变化可能造成影响（如图2所示）。由图2我们可以看出两峰的辐射高度随时间而增加，这可能是引起脉冲轮廓的两峰间隔随时间增加而增大的原因。通过结合星风模型和偶极辐射模型，我们推算出Crab脉冲星的

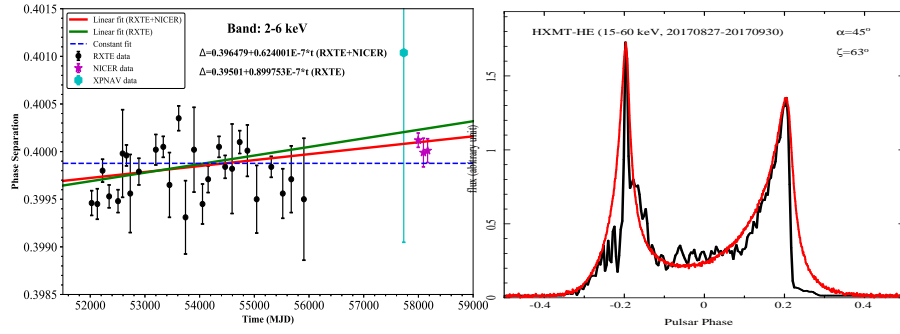


Figure 1: 左: Crab脉冲星在2-6keV能段的脉冲轮廓的两个峰相位差 Δ 随时间的变化; 右: 在AG model的基本框架下模拟Crab 脉冲星的脉冲轮廓。

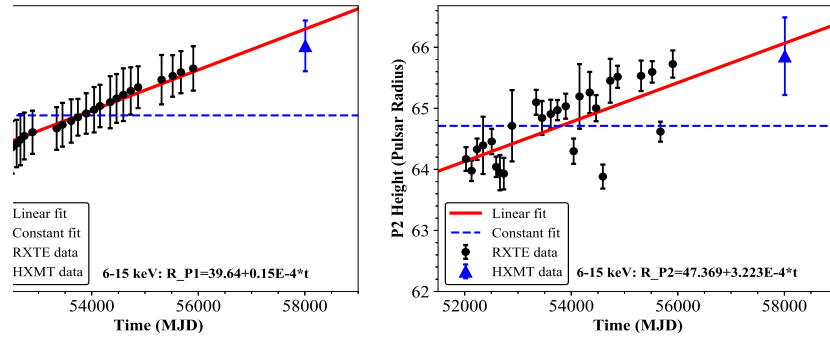


Figure 2: Crab脉冲星在6-15keV能段的脉冲轮廓的两个峰辐射高度随时间的变化。左: P1峰的辐射高度随时间的变化; 右: P2峰辐射高度随时间的变化。

磁倾角每世纪变化约-1.6度，即引起辐射高度变化的原因有可能是脉冲星的磁倾角变化而造成的。我们的工作可能对深入了解内禀计时噪声的来源奠定一定的基础，这有利于今后高精度计时模型的建立。

参考文献

- [1] Manchester, R. N., Hobbs, G. B., Teoh, A., & Hobbs, M. 2005, *AJ*, 129, 1993
- [2] Lyne, A., Hobbs, G., Kramer, M., et al., 2010, *Science*, 329, 408
- [3] Lyne A., Graham-Smith F., Weltevrede P., et al. 2013, *Science*, 342, 598
- [4] Ge, M. Y., Lu, F. J., Qu, J. L., et al. 2012, *ApJS*, 199, 32
- [5] Ge M. Y., Yan L. L., Lu F. J., et al. 2016, *ApJ*, 818, 48
- [6] Qiao, G. J., Lee, K. J., Wang, H. G., et al., 2004a, *ApJL*, 606, L49
- [7] Qiao, G. J., Lee, K. J., Zhang, B., et al., 2004b, *ApJL*, 616, L127

From isolated magnetars to accreting magnetars

H. Tong (全号)

School of Physics and Electric Engineering, Guangzhou University
Guangzhou 510006, China

Email: htong_2005@163.com

Based on our previous works on pulsars (Kou & Tong 2015, MNRAS, 450, 1990) and isolated magnetars (Tong et al. 2013, 768, 144), we extend our researches to the case of accreting magnetars. We propose that

1. The major difference between accreting magnetars and accreting normal neutrons stars may be the presence of strong multipole field ($> 10^{14}$ G; Tong & Wang 2014, arXiv:1406.6458). The possible evidence of strong multipole field in accreting system may include: magnetar-like burst, hard X-ray tail etc.
2. For the ultra-luminous X-ray pulsar in M82, we propose that it may be an accreting low magnetic field magnetar (Tong 2015, RAA, 15, 517).
3. For the four confirmed ULX pulsars up to now, our accreting low magnetic field magnetar model still works (Tong & Wang 2019, MNRAS, 482, 4956).
4. For the central compact object (CCO) magnetar in supernova remnant RCW 103, we think that it may a magnetar braked down by a fallback disk (Tong et al. 2016, ApJ, 833, 265).

There are many challenges and opportunities in accreting magnetars.

毫秒脉冲星中潮汐耗散存在的证据

王迪 (Di Wang)
华中科技大学物理学院
武汉 430000
Email: wangdi17@hust.edu.cn

1 背景介绍

脉冲星是快速旋转的中子星，能够发射稳定的脉冲信号。对于在双星系统中的脉冲星，由于脉冲星在运动中与观测者的距离会发生变化，于是脉冲信号会受到轨道的调制，这种调制叫做Roemer Delay。通过对Roemer Delay的测量，就可以精确的得到轨道周期，而利用长期的观测数据，就可以得到轨道周期的变化。

而通过这种方法得到的轨道周期的一阶导 \dot{P}_b^{Obs} 会受到两个观测效应的影响，一个是视线方向加速度的影响，另一个是脉冲星系统横向移动的影响。扣除掉这两个效应后得到的 \dot{P}_b^{Int} 表示实际的双星轨道发生的变化，一般被认为是由引力波辐射导致的。所以 \dot{P}_b^{Obs} 常常被作为检验引力理论的工具之一。

2 主要工作

我们收集了所有能够测量出 \dot{P}_b^{Obs} 的脉冲星双星系统（双中子星和偏心率大于0.1的除外）的观测结果，一共35个系统，并且我们发现它们都是毫秒脉冲星系统。尽可能的将在这些系统的 \dot{P}_b^{Obs} 上的两个观测效应扣除后，我们发现存在一些系统实际的 \dot{P}_b^{Int} 是正的，而引力波辐射只能产生负的 \dot{P}_b^{Int} ，这意味着存在一个未知的效应也在影响轨道周期。

我们猜测存在同一个机制影响着这些系统。为了研究这个效应，我们进一步扣除了 \dot{P}_b 中的引力波贡献项。有24个双星在一个 σ 置信区间内存在残余的 \dot{P}_b^{Res} ，而且有13个是正的，11个是负的。这样一半正一半负的分布预示着可能这个未知的效应是潮汐耗散。

潮汐效应是宇宙中最常见的一种引力效应，在双星系统中主星作用在伴星上的引力不是处处相同的，所以伴星会由于不均匀的引力而产生形变，自身引力场发生变化，进一步影响轨道。潮汐力导致的额外力矩可以表示为[1]

$$T_{Tide} = T_0 F(\omega) \quad (1)$$

其中 $T_0 = G(m_c/a^3)^2 R_c^5$ 表示潮汐外力场的强度。 G 是万有引力常数， m_c 和 R_c 分别是伴星的质量和半径， a 是轨道半长轴。而 $F(\omega)$ 表示伴星对主星引力势的响应，与潮

汐力的具体机制相关，通常认为和潮汐频率（伴星自旋和轨道频率之差）存在幂率关系，详细内容可以参考Ogilvie的综述[2]。

潮汐力力矩的方向取决于伴星和轨道的频率之差，一般伴星的自旋速度远大于轨道的公转速度，而伴星的方向却可能与轨道方向相同或者相反，因此可以产生或正或负的 \dot{P}_b 。我们计算了样本中所有系统的响应函数 $F(\omega)$ ，发现它与轨道周期存在一个很好的幂率关系。这样的一个幂率关系和 \dot{P}_b^{Res} 半正半负的分布表明 \dot{P}_b 中存

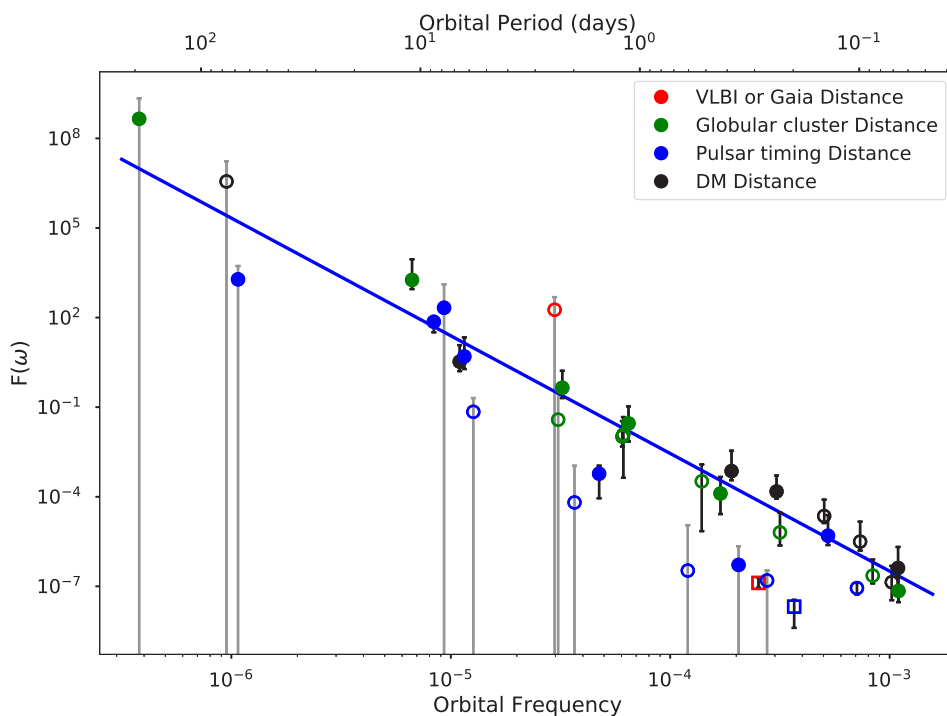


Figure 1: 响应函数 $F(\omega)$ 与轨道频率的关系。圆点表示伴星是白矮星的系统，方块表示伴星是主序星的系统，不同的颜色表示不同的距离测量方式。

在不可忽略的潮汐耗散的贡献。

3 进一步的讨论

利用轨道周期的变化得到潮汐耗散强度的大小可以用来研究潮汐力理论。利用样本中响应函数的大小，我们发现对于主序星，选取对流层的粘滞耗散[3]作为潮汐耗散的物理机制可以解释我们的结果；而对于白矮星，这样的机制并不能解释，需要更强的机制，我们发现动力学潮汐，也就是考虑潮汐势诱导的波在伴星中传播[1]，可以解释我们的结果。进一步的，结合伴星的自旋观测，我们很好的限制了PSR

J1227-4853的伴星的结构参数Love数 $k_2 = 0.31 \pm 0.04$ 。所以，利用脉冲星timing得到的精确的轨道周期变化可以成为一个研究恒星内部物理和验证潮汐力理论的新的工具。

另一方面，结合潮汐力理论和我们得到的响应函数和轨道频率的关系，可以发现轨道频率和潮汐频率之间也存在一个幂率关系。由于脉冲星双星系统轨道比较稳定，所以我们怀疑这样的关系来自于双星的起源阶段——毫秒脉冲星的再加速阶段（所有的样本都是毫秒脉冲星双星），而与再加速阶段相关的研究中，潮汐作用往往是被忽略的。

References

- [1] Jim Fuller and Dong Lai. Dynamical tides in compact white dwarf binaries: tidal synchronization and dissipation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 421(1):426–445, 2012.
- [2] Gordon I Ogilvie. Tidal dissipation in stars and giant planets. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 52:171–210, 2014.
- [3] J-P Zahn. Tidal evolution of close binary stars. i-revisiting the theory of the equilibrium tide. *Astronomy and Astrophysics*, 220:112–116, 1989.

On the Time–Frequency Downward Drifting of Repeating Fast Radio Bursts

WeiYang Wang

National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences
 Beijing 100101

Email: wywang@bao.ac.cn

Fast radio burst (FRB) 180814.J0422+73, the newly discovered second repeating FRB source, was reported to exhibit a time–frequency downward drifting pattern, which is also seen in the first repeater FRB 121102. We propose a generic geometrical model to account for the observed downward drifting of sub-pulse frequency, within the framework of coherent curvature radiation by bunches of electron–positron pairs in the magnetosphere of a neutron star (NS). A sudden trigger event excites these coherent bunches of charged particles, which stream outward along open field lines. As the field lines sweep across the line of sight (LOS), the bunches seen later travel farther into the less-curved part of the magnetic field lines, thus emitting at lower frequencies. We use this model to explain the time–frequency downward drifting in two FRB generation scenarios, the transient pulsar-like sparking from the inner gap region of a slowly rotating NS, and the externally triggered magnetosphere reconfiguration known as the “cosmic comb.”

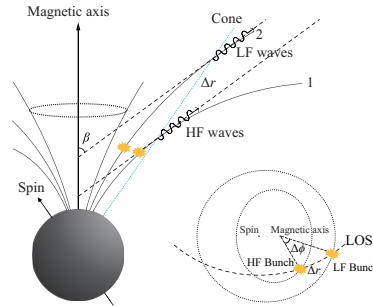


Figure 1: A schematic diagram of the first scenario, with sparks originating from the polar gap region. The high frequency waves are emitted from the lower altitudes than the low frequency waves. The left panel shows the initial configuration when the two sparks are produced around the same location. The dashed lines show the LOS. The second spark sweeps the LOS at a higher altitude. The right panel shows the sky map of two sparks. These two sparks sweep the LOS at different heights at different times. The drift rate is $\dot{\nu} = (2\pi \sin(\alpha + \beta)\Delta u) / (uP \sin \beta \Delta \phi) \nu$.

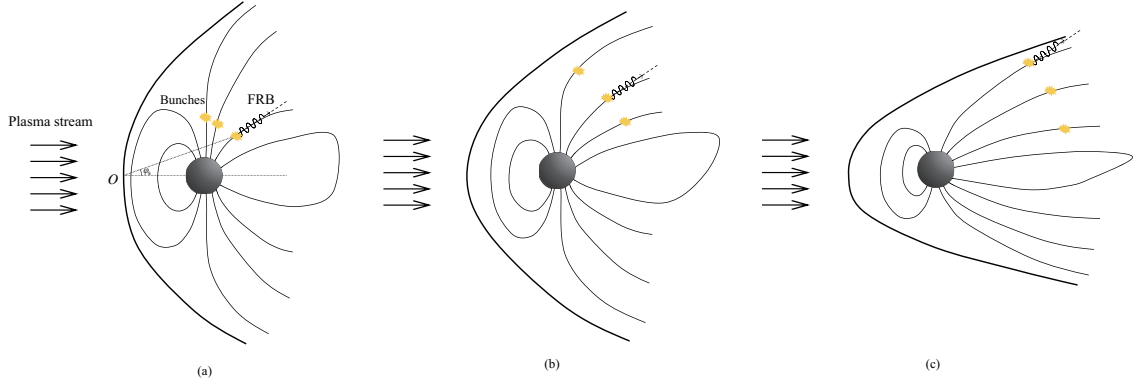


Figure 2: A schematic diagram of the second scenario in the cosmic comb model. The sparks are produced in the distorted sheath region which stream outwards along the field lines. For the illustrative purpose, the separations between the field lines are stretched. Sparks from different field lines sweep the LOS at different times when the sparks reach different heights. The spark observed at a later epoch emits at a less curved part of field line and thus has a lower frequency. A burst with three sub-pulses are shown for illustration, with three epochs: (a) the inner spark emission beams towards the LOS; (b) an intermediate spark emission beams towards the LOS; (c) the outer spark beams towards the LOS. The drift rate is $\dot{\nu} = -(v_s \gamma \Delta \rho) / (\rho \Delta R_s) \nu$.

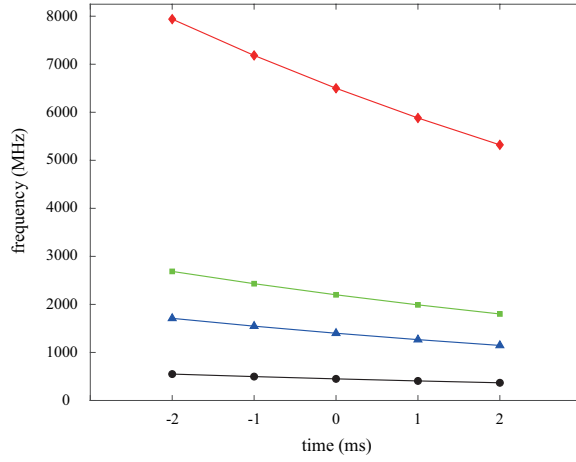


Figure 3: Simulated sub-burst central frequency as a function of the arrival time.

利用脉冲星测时阵列限制太阳系加速度

胥恒 (Heng Xu)

北京大学物理学院天文系

北京 100871

Email: r.x.xu@pku.edu.cn

太阳系内充满了各种天体,除了太阳、大行星、小行星、彗星等,还可能存在着未知的大质量天体(2016, AJ, 151, 22; 2016, ApJL, 824, L23)。对太阳系内天体的认知,对太阳系星历表至关重要。利用脉冲星测时阵列探测纳赫兹引力波是依赖于太阳系星历表的,因而精确的太阳系星历表是非常重要的(2018, ApJ, 859, 1)。反过来,因为太阳系星历表会对脉冲星测时有影响,如果我们的太阳系星历表不够准确,没有包括一些影响重大的天体,或者说对某些天体的参数描述不够准确,那么我们会在脉冲星测时的结果中看到某些信号,而利用这些信号,我们又能够回过头来限制太阳系星历表以及太阳系的某些天体的参数(2018, MNRAS, 475, 3644)。

在太阳系内距离太阳比较近的天体,如果没有被太阳系星历表所描述,那么在脉冲星测时残差里会有对应轨道周期(约十年的量级)的周期性信号(2018, MNRAS, 475, 3644)。但是距离太阳比较远的大质量天体,由于轨道周期很长(约千年的量级),在脉冲星测时的残差里不会直接表现为测时信号,而是表现为我们测到天体相对于太阳系质心的加速度不同于其真实值。原因是如果太阳系外围有未知的大质量天体,那么太阳系星历表所描述的太阳系质心和真实的太阳系质心就有所偏离,同时由于这个假定的未知大质量天体周期很长(远大于现在脉冲星测时数据长度),这个假的太阳系质心相对于真实的太阳系质心还会有一个常加速度。因此在这种情况下,我们测到的天体相对于太阳系质心的加速度和实际的值会有所不同。对于太阳系质心加速度的研究可以帮助我们更好的了解太阳系,研究太阳系外围的质量分布等等。

仅对单一天体研究其加速度对于限制太阳系加速度很有限,但是通过对多个方向上的天体的加速度进行统计研究就可以对太阳系加速度进行很好的限制。测量银河系内天体的加速度可以通过长时间多次光谱测量其速度,然后得到其加速度,但是通过光谱测量加速度想要达到很高的精度就需要极高精度的光谱仪。另外一个容易得到天体加速度的办法就是脉冲星测时。其原理是,对宇宙中的时钟(脉冲星就是宇宙中一种精确的时钟)进行监测,观测者测到的这个时钟的周期导数与时钟相对于观测者的速度、加速度相关:

$$\dot{P}^{\text{obs}} = \dot{P}^{\text{int}} \left(1 + \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}}{c} \right) + P^{\text{int}} \left(\frac{\mu^2 d}{c} + \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{n}}{c} \right) \quad (1)$$

因而,通过测量天体的周期导数就可以限制这个天体相对于观测者的加速度:

$$\frac{-\mathbf{a}_{\odot} \cdot \mathbf{n}}{c} = \frac{\dot{P}^{\text{obs}} - \dot{P}^{\text{Shk}} - \dot{P}^{\text{Gal}} - \dot{P}^{\text{int}}}{P} \quad (2)$$

其中上述方程右边四项分别是周期导数的测量值、由于天体自行引起的周期导数测量偏差、由于天体所处银河系引力势场引起的加速度导致的周期导数测量偏差和天体本征周期导数。由于脉冲星自转减慢率是无法预先知道的，我们选择使用脉冲双星的轨道周期来作为时钟来进行太阳系加速度的研究。原因是脉冲双星系统是相对论性的双星系统，它们的轨道周期减慢率是可以通过广义相对论完美预言的。

我们利用了国际脉冲星测时阵列第一次公开的数据，挑选出其中的双星系统，然后挑选出 $\dot{P}_b^{\text{obs}}/P_b < 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ 的双星，共15颗作为我们的数据样本。我们系统的利用TEMPONEST对每个双星系统计算了所有参数，然后将15颗星结合起来利用贝叶斯分析去限制天空每个方向上太阳系加速度的上限，如下图所示。

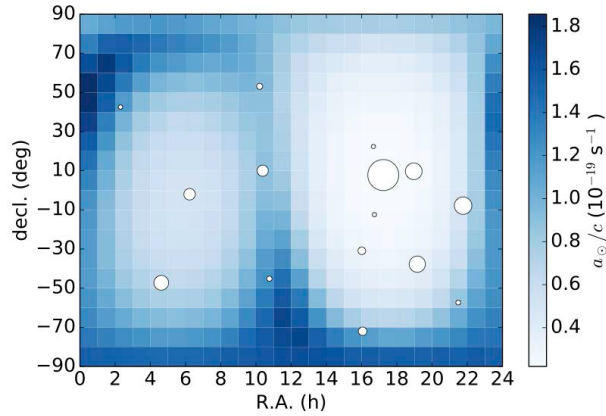


Figure 1: 天上各个方向太阳系加速度的值的上限(95%置信度)。其中的空心圆圈表示样本里面的脉冲星，圆圈的大小代表这颗星的对限制太阳系加速度的精度贡献，圆圈越大代表这颗星测量精度越高。

我们的结果显示全天空太阳系加速的都小于 $1.9 \times 10^{-19} \text{ s}^{-1}$ ，95%全天面积的上限是 $1.5 \times 10^{-19} \text{ s}^{-1}$ 。

利用这个结果，我们可以对所谓的第九行星在它的轨道参数空间进行一些限制。同时我们直接对太阳系在银河系中的加速度进行了测量，结合VLBI对太阳系相对于宇宙中遥远射电源的加速度的测量，我们又可以对银河系相对于遥远射电源的加速度给出了限制： $[0.08 \pm 0.06, 0.0 \pm 0.09, -0.14 \pm 0.09] \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ (参考系为银河系的笛卡尔坐标系)。

奇子暗物质？

徐仁新 (Renxin Xu)

北京大学物理学院

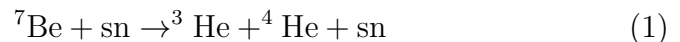
北京 100871

Email: r.x.xu@pku.edu.cn

我们一直关注构成脉冲星物质的组成，但恐怕也跟暗物质的本质有关联；此皆因自然乃统一体。在过去7次的FPS文集中，我曾经试图多角度地阐述这样一个理念（见FPS1/56页、FPS2/46页、FPS3/26页、FPS4/36页、FPS5/22页、FPS6/26页、FPS7/28页）：尽管众所周知“小强”乃核子构成，但建议“大强”的基本单元为奇子；其大小分界是临界重子数 $A_c \simeq \lambda_c/\text{fm}^3 \sim 10^9$ (λ_c 乃电子Compton波长)。若自然真得重视并采纳了这一倡议，则在“暗物质”话题上应该是不会缺席的。

现代宇宙学有两大疑团：除了疑似宇宙学常数的暗能量，就是有各种引力效应方面证据的暗物质。在寻找超出标准模型框架外的暗物质候选体的同时，追求框架内的答案（易于理解暗物质跟普通物质丰度的可比性乃其动机）乃未停息；原初黑洞和奇异暗物质即为后者两例。奇异暗物质包括奇异夸克暗物质（其中夸克游离）和奇子暗物质（其中夸克局域于奇子之中）两类。

这里关注奇子暗物质，即由奇子为基本单元构成的团块（奇子块，strangeon nugget，简写sn；其重子数 $A > A_c$ ），在宇宙年龄几十ms时形成。年龄 $\sim 1\mu\text{s}$ 后重味夸克弱衰变为轻味的且其间强作用耦合逐渐增加，于几十 μs 时从游离态连续过渡为奇子。高数密度下奇子碰撞合成sn，直至10ms甚至更晚后停止。此后 ($\sim 1\text{s}$)， $A > A_c$ 的sn残留至今而充当“暗物质”，而 $A < A_c$ 的不稳定sn终解离为核子而确定宇宙早期核合成 (BBN) 初条件。我们猜测sn的存在或可通过瓦解BBN的 ${}^7\text{Be}$ 而解决所谓的“锂问题”。推测BBN阶段有如下两种破坏 ${}^7\text{Be}$ 的方案：



在BBN主要的12个反应（8种核素）中， ${}^7\text{Be}$ 最易撞碎；即方案(1)。方案(2)是拾取反应：碰撞时， ${}^7\text{Be}$ 先俘获一个重子数为1的中性粒子（如 Λ ），而后衰变为两个 α 粒子。当然喏，这个猜测性方案能否真能解决问题，还有待未来仔细地专研。

以粒子物理标准模型和广义相对论为标志，在过去约百年之内人类认识自然的广度和深度都快速地进展。虽然之间不融洽，但是这两者却出色地经受住了种种检验（特别是发现Higgs粒子和引力波之后）。然而，人类并非恒速地揭示宇宙奥秘，也会出现平台期，正如亚里士多德之后的一个时代那样。今后的百年甚至几百年会不会是另一个平台期？鉴于量子引力的能标可能比目前实验室达到的最高能量还高约15个数量级，一个肯定的答案并非杞人忧天（人类能长寿到澄清时空的量子行为吗？）。再说了，为了能在引力波天文学时代彻底解决致密物态疑难，“暗能量归咎于宇宙学常数、暗物质即奇子块”这一个图像也是受欢迎的，否则引力和物态均未知时是很难弄清脉冲星本质的。祈愿自然不喜欢也不采用这一“简并”！

Pulsar interstellar scintillation study using FAST

Jumei Yao

National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences
Xinjiang Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences
Beijing 100101

Email: yaojumei@xao.ac.cn

Pulsars shine through the Galaxy like beacons and they scintillate due to the relative motion between the pulsar, the scattering medium and the observer. A small sample of about 30 bright pulsars are known to show interstellar scintillation (ISS) arcs, from which we can measure the scale, location and velocity for the scattering medium and velocity for the pulsar. When the scintillation bandwidth and the scintillation timescale are resolvable, the detectability of ISS arcs rely mainly on the telescope's sensitivity, where FAST has a significant comparative strength. Using FAST's high sensitivity observation in L-band, We have already successfully detected new scintillation arcs from several pulsars, including both single pulsars and pulsars in binary systems. Among these pulsars having new ISS arcs detections, PSR J0538+2817 is very special because of its location within the boundaries of a large SNR S147 at the Galactic anti-center direction. In Figure 1 and 2, we present the dynamic spectrum and secondary spectrum for the 45 min observation of PSR J0538+2817 centered at 1400 MHz, respectively. We find that the scattering screen is located at 37 pc away from the pulsar by fitting the parabolic arc curvature in Figure 2. This result means that PSR J0538+2817 is physically associated with SNR S147, and the shell of SNR S147 is the astrophysical structure that dominates the scattering of PSR J0538+2817. By detecting scintillation arcs for more pulsars, the FAST observations will allow us to find the astrophysical structure that dominate the scattering of pulsars, study the position and structure of the Galactic spiral arms, measure the boundary of the local bubble (LB), and open the doors to plasma lensing study for interesting pulsar systems, such as double neutron stars, and millisecond pulsar binaries. For binary systems, scintillation observation can put constraint on the inclination angle that enable us to measure the masses precisely.

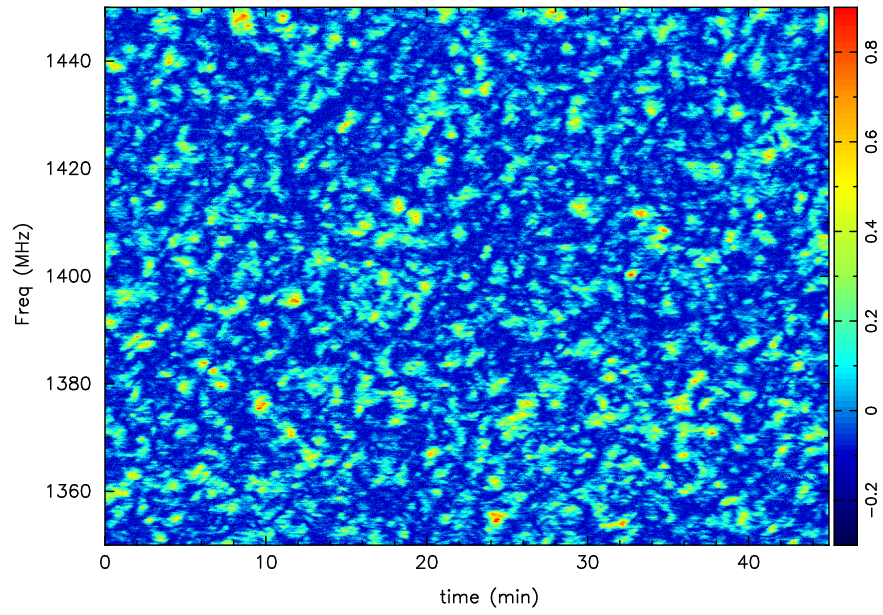


Figure 1: The dynamic spectrum for the 45 min observation of PSR J0538+2817 centered at 1400 MHz. The horizontal and vertical axes correspond to the time and frequency.

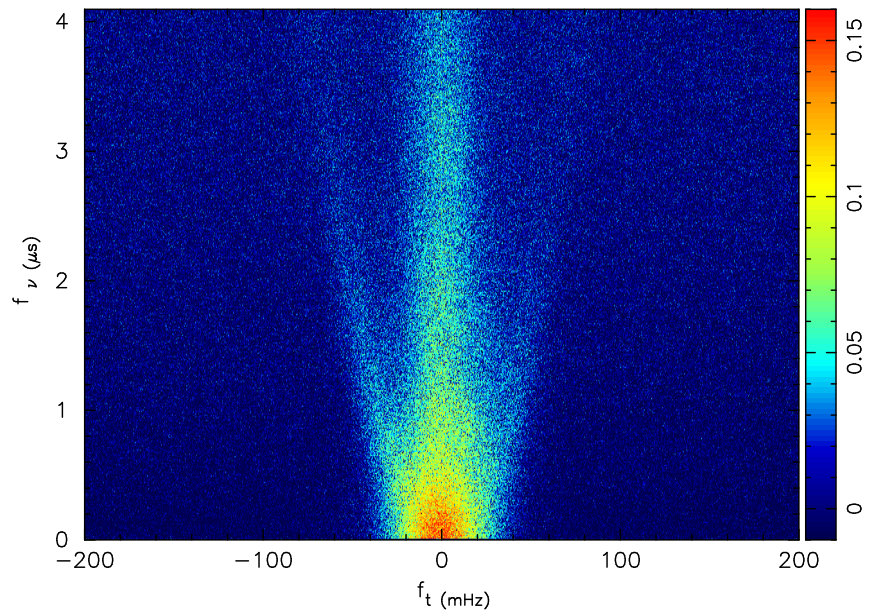


Figure 2: The secondary spectrum of PSR J0538+2817 centered at 1400 MHz. The horizontal and vertical axes are conjugate time (f_t) and conjugate frequency (f_ν).

脉冲星计时噪声与辐射变化的关联

袁建平 (Jianping Yuan)

中国科学院新疆天文台

新疆乌鲁木齐 830011

Email: yuanjp@xao.ac.cn

Lyne et al. (2010)开创性的探测到6颗脉冲星自转频率一阶导数的变化与脉冲宽度的变化有很强的相关性，这把脉冲星转动计时噪声与脉冲星辐射的变化联系在一起，为研究脉冲星计时噪声打开了一扇新窗户。在此之前，人们已经探测到脉冲星转动与辐射具有关联的现象，这就是间歇脉冲星(intermittent pulsar)，比如PSR B1931+24。间歇脉冲星是一种特殊的脉冲消零脉冲星(nulling pulsar)。在辐射态和射电宁静态两个状态之间转换，几十天至几年的时间内处于一种态，然后转换到另一种态。它们的特殊之处在于辐射态的自转减慢率比射电宁静态的自转减慢率大，此现象为研究脉冲星的射电辐射提供了难得的机遇。

脉冲星计时噪声普遍存在于脉冲星中，计时噪声的强度与自转减慢率有很强的相关性，年轻的脉冲星的计时噪声比年老的脉冲星计时噪声更强。长时标(比如5年以上)的观测显示，脉冲计时残差通常表现出准周期性的变化，对此现象，人们提出不同的解释，比如轨道伴星的影响、脉冲星自由进动、脉冲星在稳定磁层状态之间转换，还有人认为脉冲轮廓的变化所导致(Brook et al. 2016)。毫秒脉冲星射电辐射长期稳定性，目前探测到了PSR J1643-1224、J1713+0747、B1937+21和J2145-0750 脉冲轮廓的长时标变化。引起脉冲轮廓变化的原因有：脉冲星磁层的变化、测地线进动、无力矩进动，电离星际介质的传播效应(包括衍射闪烁、散射展宽)、偏振错误定标、无线电射频干扰等。脉冲轮廓变化可能是更普遍的现象，FAST望远镜高灵敏的观测可能会探测到更多的脉冲轮廓变化现象。

目前已经探测到至少9颗脉冲星的辐射长时标变化与自转减慢率变化具有相关性，它们是J2043+2740、B2035+36、B1828-11、B0740-28、B1540-06、B1822-09 (Lyne et al. 2010)、J1001-5507(Chukwude et al. 2012)、J0738-4042(Brook et al. 2014)、J1602-5100(Brook et al. 2016)。其原因可能是脉冲星磁层的变化、小行星碰撞等，但是真正的原因还不完全清楚。正如Brook et al. (2016)指出，虽然一些脉冲星自转减慢率变化与脉冲轮廓变化之间有相关性，但是自转变化与轮廓变化之间的内在关联可能更复杂。因此，未来我们有必要继续关注此类现象。随着望远镜灵敏度的增加，人们能探测到更多的样本，这有助于人们更加深入认识脉冲星转动与辐射机制。

Scientific Program of FAST/Future Pulsar Symposium 8

June 26-28, 2019, National Time Service Center (NTSC), Xi'an
(Language: English or Chinese; but the presentation is suggested to be written in English)

===== Wednesday, June 26 =====

10:00 -- 12:00 Registration (*the lobby of Aiqinhai Hotel, 爱琴海酒店前台*)

----- Lunch time (canteen in NTSC) -----

Chair: Renxin Xu (20min = 15+5)

14:00 -- 14:20 Jingtao Luo: *Pulsar Activities at NTSC's 40-m Radio Telescope*

*14:20 -- 14:40 Shuangqiang Wang: *Nulling or mode changing of 5 pulsars*

*14:40 -- 15:00 Yangrong Zhang: *Multifrequency study on the mode switching of PSR J0614+2229*

*15:00 -- 15:20 Huihui Wang: *A multi-wavelength study of PSR J1119-6127 after 2016 outburst*

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

Chair: Youling Yue (20min = 15+5)

*16:00 -- 16:20 Jumei Yao: *Pulsar interstellar scintillation study using FAST*

*16:20 -- 16:40 Hongyu Gong: *Pulsar Blind Search Test of MWA at 185MHz*

*16:40 -- 17:00 Lunhua Shang: *Long-term variations of x-ray pulse profiles for the Crab pulsar*

*17:00 -- 17:20 Zurong Zhou: *Small glitches detected at Nanshan*

Dinner, 18:00 – 19:00 (canteen in NTSC)

===== Thursday, June 27 =====

Chair: Jingtao Luo (20min = 15+5)

09:00 -- 09:20 Yajun Wu: *The Backend for real-time monitoring of FRB at Tianma RT*

*09:20 -- 09:40 Rui Luo: *Measurement of the luminosity function of Fast Radio Bursts*

*09:40 -- 10:00 Weiyang Wang: *On the Time-Frequency Downward Drifting of Repeating Fast Radio Bursts*

*10:00 -- 10:20 Di Wang: *毫秒脉冲双星系统中的潮汐作用*

10:20 -- 11:00 *Coffee Break*

Chair: Zhen Yan (20min = 15+5)

11:00 -- 11:20 Jumpei Takata: *State switching of gamma-ray pulsar, PSR J2021+4026*

*11:20 -- 11:40 Nicolas Caballero: *Improved handling of the ephemeris effects in pulsar timing
– Solar-system studies and gravitational-wave searches*

*11:40 -- 12:00 Jun Wang: *Outlier Rejection Scheme and Basic Improvements to EPTA Timing Precision*

*12:00 -- 12:20 Heng Xu: *Constraints on the Solar-system acceleration using Pulsar-Timing-Arrays*

----- Lunch time (canteen in NTSC) -----

Chair: Jianping Yuan (20min = 15+5)

14:00 -- 14:20 Hao Tong: *From isolated magnetars to accreting magnetars*

*14:20 -- 14:40 Wenjun Huang: *Fan Beam model in pulsar population*

*14:40 -- 15:00 Jiguang Lu: *Drifting sub-pulses and self-bound surface of pulsar*

*15:00 -- 15:20 Shangming Chen: *Modelling multi-wavelength emission of non-accreting pulsar/Be star binaries*

15:20 -- 16:00 *Coffee Break*

Chair: Biping Gong (20min = 15+5)

16:00 -- 16:20 Xiaoyu Lai: *双奇子星并合、千新星和 r 过程*

*16:20 -- 16:40 Quan Cheng: *What can PSR J1640-4631 tell us about the internal physics of neutron star?*

*16:40 -- 17:00 Hao Lu: *The impact of SRC on normal neutron stars*

*17:00 -- 17:20 Shuang Du: *A complementary method to constrain the equation of state of neutron stars*

*17:20 -- 17:40 Jie Lin: *Signature of r-mode gravitational-wave emission in X-ray afterglow of short GRB*

Banquet, 18:00 – 20:00 (in Aiqinhai hotel)

===== Friday, June 28 =====

Chair: Kejia Lee (30min = 25+5)

09:00 -- 09:30 Biping Gong: *Some issues about pulsars and their observations*

09:30 -- 09:50 **Announcement of Crab and Vela Prizes**

09:50 -- 10:20 *Coffee Break*

Chair: Longfei Hao (20min = 15+5)

10:20 -- 10:40 Youling Yue: *FAST pulsar observation*

10:40 -- 11:00 Lei Liu: *A VLBI Cross Spectrum Based Single Pulse Search Method*

11:00 -- 11:20 Minglei Tong: *Correct the atomic time-scale maintained at NTSC by pulsar time-scale*

11:20 -- 11:40 Renxin Xu: *Nucleon Star and Strangeon Star: from a symmetrical perspective*

----- Lunch time (canteen in NTSC) -----

NOTE for *talks* (20min = 15+5)

The chair would **remind** the speaker “**3 min**” after talking for **12 minutes**.

Score suggested for the members in ad hoc committee

Crab: 85~95, Vela: 75~85